

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM Hg, Cd, As, dan Se PADA IKAN
KONSUMSI DARI PASAR IKAN TANJUNGPANDAN, BELITUNG BESERTA
PENILAIAN TINGKAT KEAMANAN PANGAN**

SKRIPSI

**Oleh:
RENANDA TIORIDA ARIFIN
NIM. 155080600111022**



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2019**

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM Hg, Cd, As, dan Se PADA IKAN
KONSUMSI DARI PASAR IKAN TANJUNGPANDAN, BELITUNG BESERTA
PENILAIAN TINGKAT KEAMANAN PANGAN**

SKRIPSI

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Kelautan di Fakultas
Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya**

Oleh:
RENANDA TIORIDA ARIFIN
NIM. 155080600111022



**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN
JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
APRIL, 2019**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**ANALISIS KANDUNGAN LOGAM Hg, Cd, As, dan Se PADA IKAN
KONSUMSI DARI PASAR IKAN TANJUNGPANDAN, BELITUNG BESERTA
PENILAIAN TINGKAT KEAMANAN PANGAN**

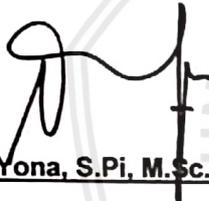
Oleh:

RENANDA TIORIDA ARIFIN

NIM. 155080600111022

Telah dipertahankan di depan penguji pada tanggal 29 April 2019 dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Pembimbing 1



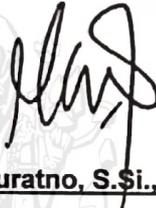
(Defri Yona, S.Pi, M.Sc.Stud., D.Sc)

NIP. 19781229 200312 2 002

Tanggal: 14 MAY 2019

Menyetujui,

Dosen Pembimbing 2



(Suratno, S.Si., M.Sc)

NIP. 19801102 200801 1 007

Tanggal: 14 MAY 2019

Mengetahui,

Ketua Jurusan



(Dr. Eng. Abu Bakar Sambah, S.Pi., MT)

NIP. 19780717 200502 1 004

Tanggal: 14 MAY 2019



IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : **ANALISIS KANDUNGAN LOGAM Hg, Cd, As, dan Se PADA
KONSUMSI DARI PASAR IKAN TANJUNGPANDAN, BELITUNG
BESERTA PENILAIAN TINGKAT KEAMANAN PANGAN**

Nama Mahasiswa : RENANDA TIORIDA ARIFIN

NIM : 155080600111022

Program Studi : Ilmu Kelautan

PENGUJI PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Defri Yona, S.Pi., M.Sc.Stud., D.Sc

Pembimbing 2 : Suratno, S.Si., M.Sc

PENGUJI BUKAN PEMBIMBING:

Dosen Penguji 1 : Dwi Candra Pratiwi, S.Pi, M.P

Dosen Penguji 2 : Citra Satrya Utama Dewi, S.Pi., M.Si

Tanggal Ujian : 29 April 2019

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penelitian dan penyusunan laporan skripsi ini, sehingga penulisan laporan skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Keluarga : Kedua Orang tua, adik, dan keluarga besar yang telah memberikan motivasi, doa dan dukungan materiil selama melakukan penelitian dan penyusunan laporan ini.
2. Ibu Defri Yona, S.Pi., M.Sc.Stud., D.Sc selaku dosen pembimbing I dan Bapak Suratno, S.Si., M.Sc selaku pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dalam memberikan pengarahan dan bimbingan dalam proses penyusunan laporan skripsi ini.
3. Kak Zahriza, Kak Sandra, Kak Nadia dan teman-teman laboran yang lain atas waktu, kesempatan dan ilmu yang telah diberikan selama penulis melakukan penelitian.
4. Sahabat tersayang Cingpungpy: Fiqa, Widha, Vero, Maharani, Albert, Dylon, dan Rakha atas dukungan serta motivasi yang selalu diberikan dari maba hingga saat ini.
5. Keluarga besar Ilmu Kelautan 2015 yang telah membantu dan berproses bersama selama ini.
6. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung telah berperan dalam penyusunan laporan skripsi ini.

Malang, 29 April 2019

Renanda Tiorida Arifin

RINGKASAN

RENANDA TIORIDA ARIFIN. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd, As, dan Se pada Ikan Konsumsi dari Pasar Ikan Tanjungpandan, Belitung beserta Penilaian Tingkat Keamanan Pangan (di bawah bimbingan **Defri Yona, S.Pi., M.Sc.Stud., D.Sc** dan **Suratno, S.Si., M.Sc**)

Pulau Belitung merupakan bagian dari wilayah Kepulauan Bangka Belitung yang memiliki sumberdaya ikan tinggi, yaitu sebesar 188.672,6 ton pada tahun 2016. Salah satu pelabuhan besar yang menyediakan kebutuhan berbagai jenis ikan laut bagi masyarakat Belitung adalah PPN Tanjungpandan. Ikan merupakan salah satu bahan makanan yang kaya akan protein, asam lemak, omega-3, dan vitamin. Ikan juga dapat digunakan sebagai salah satu indikator pencemaran logam berat perairan. Oleh sebab itu, dengan adanya cemaran logam berat yang masuk ke lingkungan perairan, diperlukan informasi mengenai batas aman konsumsi ikan dari Pasar ikan Tanjungpandan berdasarkan akumulasi logam Hg, Cd, As, dan Se.

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 31 Agustus 2018 dengan pengambilan sampel di Pasar Ikan Tanjungpandan, Belitung. Ikan yang sudah dibeli diidentifikasi jenisnya, kemudian dilakukan preparasi sampel untuk dianalisis kandungan logam berat pada ikan. Analisis sampel dilakukan pada bulan Januari 2019 di Laboratorium Biogeokimia P2O LIPI dan Laboratorium Kesehatan daerah Provinsi DKI Jakarta. Analisis sampel logam Hg dilakukan dengan menggunakan instrumen *Mercury Analyzer NIC MA 3000*, sedangkan sampel logam Cd, As, dan Se menggunakan *ICP OES iCAP 7400 Duo*. Setelah konsentrasi masing-masing logam diperoleh, kemudian dihitung batas maksimum konsumsi dan penilaian risiko kesehatan dengan menggunakan indeks *Estimated Daily Intake (EDI)*, *Maximum Tolerable Intake (MTI)*, *Taerget Hazard Quotient (THQ)*, *Hazard Index (HI)*, *Health Benefit Value of Selenium (HBVSe)*, dan *Carcinogenic Risk (CR)*.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi logam Hg, Cd, As, dan Se pada sampel ikan dari Pasar Ikan Tanjungpandan memiliki nilai yang bervariasi. Jenis logam yang melebihi ambang batas konsumsi yang ditetapkan SNI (2009) dan BPOM (2018) yaitu seluruh sampel pada logam Cd, dan As, serta Hg pada ikan *M. cordyla*. Berdasarkan indeks keamanan pangan, ikan konsumsi di Pasar ikan Tanjungpandan masih aman untuk dikonsumsi. Namun, pada indeks CR menunjukkan adanya potensi paparan karsinogenik apabila dikonsumsi terus menerus dalam waktu yang lama. Rekomendasi batas aman konsumsi mingguan ikan konsumsi di Pasar ikan Tanjungpandan yaitu ikan *S. ghobban* sebanyak 0.28 kg/minggu, ikan *M. cordyla* sebanyak 0.36 kg/minggu, ikan *R. kanagurta* sebanyak 0.52 kg/minggu, dan ikan *K. cinerascens* sebesar 0.63 kg/minggu.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd, As, dan Se pada Ikan Konsumsi dari Pasar Ikan Tanjungpandan, Belitung Beserta Penilaian Tingkat Keamanan Pangan”. Laporan skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk dapat memperoleh gelar Sarjana Kelautan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Di bawah bimbingan:

1. Defri Yona, S.Pi., M.Sc.Stud., D.Sc
2. Suratno, S.Si., M.Sc

Akhir kata penulis menyadari bahwa penulisan laporan skripsi ini tidak lepas dari kekurangan. Semoga laporan ini bisa menjadi bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Malang, 29 April 2019

Renanda Tiorida Arifin

DAFTAR ISI

	Halaman
IDENTITAS TIM PENGUJI	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
RINGKASAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Kegunaan.....	3
1.5 Tempat dan Waktu	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ikan <i>Scarus ghobban</i>	5
2.2 Ikan <i>Kyphosus cinerascens</i>	6
2.3 Ikan <i>Rastrelliger kanagurta</i>	7
2.4 Ikan <i>Megalaspis cordyla</i>	8
2.5 Logam Berat dalam Biota	9
2.5.1 Merkuri (Hg)	10
2.5.2 Kadmium (Cd)	12
2.5.3 Arsen (As).....	14
2.5.4 Selenium (Se).....	15
2.6 Status Keamanan Pangan.....	16
2.6.1 Baku Mutu konsumsi	16
2.6.2 Batas Maksimum Konsumsi	17
2.6.3 Penilaian Risiko Kesehatan	18
BAB 3. METODE PENELITIAN	21
3.1 Lokasi Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan.....	22
3.2.1 Alat	22
3.2.2 Bahan	23
3.3 Prosedur Penelitian	23
3.4 Analisis Sampel.....	24
3.4.1 Pengambilan Sampel.....	24
3.4.2 Identifikasi Jenis Ikan.....	25
3.4.3 Pengambilan Organ Tubuh Ikan	25
3.4.4 Preparasi Sampel	26
3.4.5 Analisis Konsentrasi Hg	26
3.4.6 Analisis Konsentrasi Cd, As, dan Se.....	27



3.5	Batas Maksimum Konsumsi	27
3.5.1	<i>Estimated Daily Intake</i>	27
3.5.2	<i>Maximum Tolerable Intake</i>	28
3.6	Penilaian Risiko Kesehatan.....	29
3.6.1	<i>Target Hazard Quotient</i>	29
3.6.2	<i>Hazrd Index</i>	29
3.6.3	<i>Health Benevit Value of Selenium</i>	29
3.6.4	<i>Carcinogenic Risk</i>	30
3.7	Analisis Data	30
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Konsentrasi Logam Hg, Cd, As, Se pada Ikan.....	31
4.2	Penilaian Tingkat Keamanan Pangan.....	37
4.2.1	<i>Estimated Daily Intake</i>	37
4.2.2	<i>Maximum Tolerable Intake</i>	39
4.2.3	Target Hazard Quotient dan Hazard Index	42
4.2.4	Carcinogenic Risk	44
4.2.5	Indeks HBVSe.....	46
4.3	Analisis Risiko Keamanan Pangan Ikan Konsumsi di Pasar ikan Tanjungpandan.....	47
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....		50
5.1	Kesimpulan	50
5.2	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		52
LAMPIRAN.....		57



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1 Baku mutu konsumsi logam berat.....	17
2 Alat dan fungsinya	22
3 Bahan dan fungsinya	23
4 Nilai MWI logam Hg, Cd, dan As.....	28
5 Nilai RfD	29
6 Konsentrasi logam Hg, Cd, As, dan Se pada sampel ikan	31
7 Perbandingan konsentrasi logam berat pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya.....	35
8 Nilai <i>Estimated Daily Intake</i>	38
9 Nilai perhitungan MTI.....	40
10 Nilai perhitungan THQ dan HI	42
11 Nilai risiko karsinogenik	44
12 Nilai indeks HBVSe.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 <i>Scarus ghobban</i>	5
2 <i>Kyphosus cinerascens</i>	6
3 <i>Rastrelliger kanagurta</i>	8
4 <i>Megalaspis cordyla</i>	9
5 Peta lokasi penelitian Pasar Ikan Tanjungpandan	21
6 Prosedur penelitian.....	24



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1 Morfometrik ikan <i>S. ghobban</i>	57
2 Morfometrik ikan <i>K. cinerascens</i>	57
3 Morfometrik ikan <i>R. kanagurta</i>	57
4 Morfometrik ikan <i>M. cordyla</i>	58
5 Sampel ikan yang diamati.....	59
6 Dokumentasi penelitian	60
7 Data konsentrasi logam berat.....	61
8 Data <i>Estimated Daily Intake</i>	63
9 Data <i>Maximum Tolerable Intake</i>	64
10 Data <i>Target Hazard Quotient</i> dan <i>Hazard Index</i>	65
11 Data <i>Carcinogenic Risk</i>	66
12 Data <i>Health Benefit Value of Selenium</i>	67

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Belitung merupakan bagian dari wilayah Propinsi Kepulauan Bangka Belitung. Pulau Belitung terdiri dari 2 kabupaten yaitu Kabupaten Belitung dan Kabupaten Belitung Timur dengan luas mencapai 4.800 km². Belitung merupakan wilayah kepulauan yang secara geografis dikelilingi oleh laut dan selat (BAPPEDA Propinsi Bangka-Belitung, 2018). Belitung merupakan kesatuan dari Kepulauan Bangka Belitung yang memiliki sumberdaya ikan yang tinggi. Berdasarkan data statistik Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Kepulauan Bangka Belitung tahun 2016, jumlah produksi perikanan tangkap di laut sebesar 188.672,6 ton dan mengalami kenaikan produksi perikanan tangkap pada tahun 2015 sebesar 49.129,7 Ton dimana jumlah produksinya 139.542,9 Ton (ILPPD BABEL, 2017).

Salah satu pelabuhan perikanan besar yang ada di Belitung adalah Pelabuhan Perikanan Nusantara (PPN) Tanjungpandan. PPN Tanjungpandan merupakan sentra kegiatan nelayan yang cukup penting di wilayah Belitung yang mengakomodasikan kegiatan perikanan tangkap di wilayah sekitarnya (PIPP, 2019). Menurut data PPIP, beberapa jenis ikan hasil tangkapan di perairan Belitung adalah cumi-cumi, ikan kakatua, ikan kembung lelaki, ikan selar tetengkek, ikan doru laut, ikan kerapu sunu, ikan gajah, dan lain sebagainya. Ikan-ikan tersebut merupakan ikan ekonomis penting yang biasa dikonsumsi masyarakat sekitar.

Ikan merupakan salah satu bahan makanan yang penting bagi tubuh manusia, karena ikan memiliki kandungan protein yang tinggi, asam lemak omega-3, dan vitamin (Miri *et al.*, 2017). Selain itu, di lingkungan perairan ikan merupakan salah satu indikator pencemaran logam berat (Suprianto *et al.*, 2007).

Logam berat dapat terakumulasi di dalam tubuh suatu organisme dan tetap tinggal dalam jangka waktu lama sebagai racun serta dapat terdistribusi ke tubuh manusia (Sembiring, 2009).

Adapun beberapa jenis logam berat yang bersifat toksik yaitu merkuri (Hg), kadmium (Cd), dan arsen (As). Logam-logam tersebut berpotensi menimbulkan efek buruk bagi kesehatan manusia (Barik *et al.*, 2014; Maddusa *et al.*, 2017; Susanto *et al.*, 2015). Logam Hg ditemukan melebihi ambang batas konsumsi yang telah ditetapkan SNI (2009) pada ikan kakatua di Perairan Batam (Koesmawati *et al.*, 2018). Selain itu, logam Cd dan As pada ikan kembung lelaki di perairan Dares Salaam, Tanzania melebihi ambang batas konsumsi (Mziray dan Kimirei, 2016).

Dengan masuknya cemaran logam berat di lingkungan perairan, maka diperlukan adanya informasi mengenai batas aman konsumsi ikan hasil tangkapan yang dijual di Belitung. Penilaian tersebut dapat berupa perhitungan indeks kelayakan konsumsi yang menunjukkan kelayakan konsumsi ikan dari Pasar Ikan Tanjungpandan. Beberapa indeks kelayakan konsumsi ikan meliputi *Estimated Daily Intake* (EDI), *Maximum Tolerable Intake* (MTI), *Target Hazard Quotient* (THQ), *Hazard Index* (HI), *Carcinogenic Risk* (CR), serta *Health Benefit Value of Selenium* (HBVSe) (Saha *et al.*, 2016; Azhar *et al.*, 2012; Ralston *et al.*, 2016). Dalam perhitungan indeks HBVSe, perlu diketahui terlebih dahulu nilai konsentrasi logam Se dalam daging ikan.

Mengingat belum adanya penelitian yang membahas mengenai logam berat pada tubuh ikan hasil tangkapan di wilayah Belitung, maka perlu dilakukan penelitian mengenai kandungan logam berat pada ikan hasil tangkapan di wilayah Belitung. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kelayakan konsumsi ikan dari wilayah tersebut bagi manusia. Penelitian dilakukan dengan cara menghitung batas maksimum konsumsi ikan hasil tangkapan terhadap jenis

logam Hg, Cd, As, dan Se beserta memberikan penilaian terhadap risiko kesehatan. Pada penelitian ini diharapkan agar diketahui tingkat akumulasi logam berat terhadap ikan konsumsi yang di daratkan di Pasar Ikan Tanjungpandan.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang ada, peneliti menetapkan pokok masalah yang akan dianalisis secara ilmiah yaitu:

1. Berapakah konsentrasi logam Hg, Cd, As, dan Se yang terakumulasi pada ikan konsumsi di Pasar Ikan Tanjungpandan ?
2. Bagaimanakan kelayakan konsumsi ikan berdasarkan akumulasi logam Hg, Cd, As, dan Se di Pasar Ikan Tanjungpandan?

1.3 Tujuan

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengetahui konsentrasi logam Hg, Cd, As, dan Se yang terakumulasi pada ikan konsumsi di Pasar Ikan Tanjungpandan
2. Mengetahui nilai kelayakan konsumsi ikan berdasarkan akumulasi logam Hg, Cd, As, dan Se di Pasar Ikan Tanjungpandan

1.4 Kegunaan

Kegunaan dari penelitian ini antara lain dapat digunakan sebagai informasi tingkat pencemaran logam berat pada ikan yang di daratkan di Pasar Ikan Tanjungpandan. Selain itu, hasil dari penelitian ini menunjukkan tingkat kelayakan konsumsi ikan berdasarkan akumulasi logam Hg, Cd, As, dan Se yang didaratkan di Pasar Ikan Tanjungpandan sehingga dapat memeberikan wawasan mengenai bahanya pencemaran laut dan pentingnya menjaga lingkungan laut.

1.5 Tempat dan Waktu

Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 31 Agustus 2018 di Pasar Ikan Tanjungpandan, Belitung. Analisis logam berat dilaksanakan pada bulan Januari 2019 yang meliputi tahap persiapan hingga analisis sampel di laboratorium dan analisis data di Pusat Penelitian Oseanografi LIPI, Jakarta Utara dan Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi DKI Jakarta, Jakarta Pusat.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikan *Scarus ghobban*

Scarus ghobban memiliki nama lain yaitu *blue-barred parrotfish*, *yellowscale parrotfish* atau ikan kakatua. Ikan ini tergolong ke dalam famili Scaridae. Ditemukan bergerombol di laguna atau daerah terumbu karang. Ikan ini hidup di habitat terumbu karang dengan kedalaman 1-25 meter. Ikan ini tergolong ke dalam ikan herbivora karena memakan alga bentik di perairan dangkal (Varghese *et al.*, 2009).

Klasifikasi ikan *Scarus ghobban* (www.fishbase.org) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Kelas : Actinopterygii
Ordo : Perciformes
Famili : Scaridae
Genus : *Scarus*
Spesies : *Scarus ghobban*



Gambar 1 *Scarus ghobban*

Sumber: Dokumentasi pribadi

2.2 Ikan *Kyphosus cinerascens*

Kyphosus cinerascens memiliki nama lain *blue sea chub*, ikan doru laut atau ikan eloh. Ikan ini hidup di perairan terumbu karang dan dapat ditemukan di kedalaman 1-45 m. Persebaran ikan ini berada di Indo-Pasifik, Laut Merah, Jepang, dan Australia. Klasifikasi ikan *Kyphosus cinerascens* (www.fishbase.org) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Actinopterygii
Ordo	: Perciformes
Famili	: Kyphosidae
Genus	: <i>Kyphosus</i>
Spesies	: <i>Kyphosus cinerascens</i>



Gambar 2 *Kyphosus cinerascens*

Sumber: Dokumentasi pribadi

2.3 Ikan *Rastrelliger kanagurta*

Rastrelliger kanagurta memiliki nama lain yaitu ikan banyar atau ikan kembung lelaki yang termasuk dalam spesies pelagis kecil dan merupakan ikan ekonomis penting di Indonesia. (Collete dan Nauen, 1983 dalam Chodriyah, 2018). Ikan ini banyak digemari oleh masyarakat untuk di konsumsi. Hal ini menyebabkan semakin tingginya tingkat penangkapan ikan kembung lelaki (Utami *et al.*, 2014).

Ikan kembung lelaki merupakan ikan pelagis yang hidup di perairan pantai maupun lepas pantai. Ikan ini bergerombol dan masuk ke estuari untuk mencari makanan berupa plankton, copepoda, dan crustacea (Moazzam, 2005 dalam Utami *et al.* (2014). Ikan kembung lelaki memiliki bentuk tubuh yang tidak terlalu mengecil, dimulai dari batas tutup insang 4 sampai 4,8 bagian dari panjang bakunya; kepala lebih panjang dari lebar tubuh; rahang atas (*maxilla*) ditutupi oleh tulang lakrimal (*lackrimal*) tetapi meluas sampai mendekati ujung lakrimal (Chodriyah, 2018). Ikan ini menyebar dari Afrika Selatan ke Indo Pasifik Barat, Scychlles dan Laut Merah, masuk ke Indonesia dan lepas pantai bagian utara Australia ke Melanesia, Micronesia, Samoa, China dan Kepulauan Ryukyu Jepang serta masuk ke Laut Mediterranean melalui Terusan Suez (Collete dan Nauen, 1983 dalam Chodriyah, 2018).

Klasifikasi ikan *Rastrelliger kanagurta* (www.fishbase.org) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Kelas : Actinopterygii
Ordo : Perciformes
Famili : Scombridae
Genus : *Rastrelliger*

Spesies : *Rastrelliger kanagurta*



Gambar 3 *Rastrelliger kanagurta*

Sumber: Dokumentasi pribadi

2.4 Ikan *Megalaspis cordyla*

Megalaspis cordyla memiliki nama daerah ikan selar tengkek atau tetengkek. Masuk ke dalam famili Carangidae. Habitat ikan tetengkek berada di perairan pantai sampai kedalaman 60 m, panjang tubuhnya dapat mencapai 40 cm, namun pada umumnya 30 cm. Tergolong ke dalam ikan pelagis kecil yang buas. Ikan ini memakan ikan-ikan kecil, sehingga dapat dikategorikan sebagai ikan karnivora. Penangkapan ikan ini dapat menggunakan alat tangkap jaring insang, pure seine, payang, pancing, atau tonda. Daerah penyebarannya terdapat di daerah pantai, perairan karang seluruh Indonesia, Teluk Siam, Teluk Benggala, sepanjang Laut Cina Selatan, Filipina, dan ke selatan sampai perairan tropis Australia (Genisa, 1999).

Klasifikasi ikan *Megalaspis cordyla* (www.fishbase.org) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia

Filum : Chordata

Kelas : Actinopterygii
Ordo : Perciformes
Famili : Carangidae
Genus : Megalaspis
Spesies : *Megalaspis cordyla*



Gambar 4 *Megalaspis cordyla*

Sumber: Dokumentasi

2.5 Logam Berat dalam Biota

Biota laut seperti ikan memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat di dalam tubuhnya. Adanya kemampuan tersebut dapat membahayakan kehidupan biota yang bersangkutan maupun organisme lainnya melalui rantai makanan atau *food chain* (Budiono, 2013). Akumulasi logam berat pada ikan dapat terjadi melalui kontak langsung antara ikan dengan medium yang mengandung toksik. Pemindahan zat kimia dapat terjadi dari lingkungan air ke dalam ataupun permukaan tubuh ikan, seperti masuknya zat kimia berupa logam berat melalui insang. Masuknya logam berat ke tubuh ikan dapat terjadi melalui makanan, insang, dan difusi melalui permukaan kulit (Sahetapy, 2011). Menurut Priyanto dan Murtini (2006), tingkat konsentrasi logam berat pada organisme air sering kali proporsional dengan tingkat konsentrasi logam berat pada perairannya.

Berdasarkan sifat kimia dan fisik, tingkat atau daya racun logam berat terhadap hewan air secara berurutan adalah merkuri (Hg), kadmium (Cd), seng (Zn), timah hitam (Pb), krom (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co) (Priyanto dan Murtini, 2006). Dalam penelitian ini, ikan yang diamati untuk dilihat konsentrasi logam beratnya yaitu ikan *Megalaspis cordyla*, *Rastrelliger kanagurta*, *Scarus ghobban*, dan *Kyphosus cinerascens*. Ikan-ikan tersebut merupakan ikan konsumsi yang diperoleh dari Pasar Ikan Tanjungpandan.

2.5.1 Merkuri (Hg)

Merkuri (Hg) merupakan salah satu *trace element* yang memiliki sifat cair pada temperatur ruang dengan *spesifik gravity* dan daya hantar listrik yang tinggi (Putranto, 2011). Merkuri merupakan logam beracun dan bersifat non-esensial dalam tubuh manusia (Akbar *et al.*, 2014). Hg memiliki nomor atom 80; bobot atom 200,59; bobot jenis $13,55 \text{ g/cm}^3$; titik leleh $-8,9^\circ\text{C}$; tekanan uap $163 \times 10^{-3} \text{ Pa}$; kelarutan dalam air $60 \text{ } \mu\text{g/l}$ pada 20°C , $250 \text{ } \mu\text{g/l}$ pada 50°C dengan faktor konversi $1 \text{ mg/kg} = 8,4 \text{ mg/m}^3$, $1 \text{ } \mu\text{g/m}^3 = 0,12 \text{ mg/kg}$. Merkuri berupa logam cair berwarna putih keperakan, mengkilat, dan tidak bau (SNI, 2009).

Merkuri merupakan salah satu logam berat yang berbahaya dan dapat terjadi secara alamiah di lingkungan, sebagai hasil dari perombakan mineral di alam melalui proses cuaca/iklim, dari angin dan air. Senyawa merkuri dapat ditemukan di udara, tanah dan air dekat tempat-tempat kotor dan berbahaya (SNI, 2009). Selain itu, Hg dapat ditemukan dalam produk lampu neon, baterai, *thermometer*, industri pembuatan cat, pembuatan gigi palsu, peleburan emas, pembasmi serangga (racun tikus) dan lain-lain (Agustina T, 2014).

Merkuri beresiko masuk ke dalam tubuh manusia ketika mengonsumsi ikan yang mengandung merkuri. Menurut (Sudarmaji *et al.*, 2006), dampak yang ditimbulkan dari konsumsi merkuri secara berlebihan terutama *methyl mercury*

dapat meningkatkan kelainan janin dan kematian waktu lahir serta dapat menyebabkan *Fetal Minamata Disease*, seperti yang terjadi pada nelayan Jepang di teluk Minamata. Selain yang tersebut di atas merkuri dapat menyebabkan kerusakan otak, kerusakan syaraf motorik, *cerebral palsy*, dan retardasi mental. Paparan di tempat kerja utamanya oleh anorganik merkuri pada pria akan dapat menyebabkan impotensi dan gangguan libido sedangkan pada wanita akan menyebabkan gangguan menstruasi.

Penelitian mengenai konsentrasi merkuri dalam tubuh ikan telah banyak dilakukan. Pada beberapa jenis ikan hasil tangkapan yang diperoleh di Belitung juga telah ada penelitian sebelumnya mengenai kandungan merkurnya. Konsentrasi merkuri pada daging ikan *Megalaspis cordyla* di perairan Teluk Palu menunjukkan nilai 0,028 mg/kg (Paundanan *et al.*, 2015). Di perairan Bintan konsentrasi merkuri pada ikan *Megalaspis cordyla* sebesar 0,33 mg/kg berat kering (Suratno dan Puspitasari, 2018). Pada penelitian Zodape.G. V. *et al.*, (2011) di perairan Mumbai menunjukkan konsentrasi merkuri pada ikan *Megalaspis cordyla* sebesar 0,036 ppm. Agusa *et al.* (2007), telah melakukan penelitian di perairan Shanouk Ville, Kamboja yang menunjukkan konsentrasi merkuri pada *Megalaspis cordyla* sebesar 0,10 µg/g berat kering.

Konsentrasi merkuri pada ikan *Scarus ghobban* juga telah banyak dilakukan di beberapa perairan. Di Teluk Persia didapat konsentrasi merkuri pada ikan *Scarus ghobban* sebesar 72,54 µg/kg berat kering (Fakhri *et al.*, 2018). Di perairan New Caledonia diperoleh konsentrasi merkuri pada ikan *Scarus ghobban* sebesar 53 ng/g (Chouvelon *et al.*, 2009). Penelitian mengenai konsentrasi merkuri juga telah dilakukan di Perairan Indonesia oleh Koesmawati *et al.* (2018), yang menunjukkan konsentrasi merkuri pada ikan *Scarus ghobban* di perairan Batam sebesar 128,45 ng/g berat kering.

Penelitian sebelumnya juga dilakukan pada ikan *Rastrelliger sp.* dan *Kyphosus sp.* konsentrasi merkuri pada ikan *Rastrelliger kanagurta* di perairan Panimbang, Indonesia menunjukkan nilai sebesar 0,12 µg/g berat kering (Agusa *et al.*, 2007). Pada penelitian Chouvelon *et al.* (2009), juga mengamati konsentrasi merkuri pada ikan *Kyphosus vaigiensis* di perairan New Caledonia sebesar 55 ng/g.

2.5.2 Kadmium (Cd)

Kadmium (Cd) merupakan logam berat yang bersifat *non degradable* atau tidak dapat dihancurkan oleh organisme hidup dan dapat terakumulasi ke lingkungan (Akbar *et al.*, 2014). Cd memiliki nomor atom 48; bobot atom 112,41 g; bobot jenis 8,642 g/cm³ pada 20°C; titik leleh 320°C; titik didih 767°C; tekanan uap 0,013 Pa pada 180°C. Kadmium merupakan logam yang ditemukan alami dalam kerak bumi. Kadmium murni berupa logam lunak berwarna putih perak. Namun sejauh ini belum pernah ditemukan kadmium dalam keadaan logam murni di alam (SNI, 2009). Kadmium memiliki sifat beracun dan keberadaannya dalam jumlah berlebihan dapat membahayakan ekosistem dan meracuni biota perairan, serta manusia yang mengonsumsi makanan yang mengandung Kadmium (Suprapti, 1999).

Kadmium mempunyai penyebaran yang sangat luas di alam, kadmium ditemukan di kulit bumi ataupun hasil letusan gunung vulkanik (Agustina T, 2014). Kadmium biasa ditemukan sebagai mineral yang terikat aroma spesifik. Kadmium digunakan dalam industri sebagai bahan dalam pembuatan baterai, pigmen, pelapisan logam dan plastik (SNI, 2009).

Kadmium (Cd) menjadi populer sebagai logam berat yang berbahaya setelah timbulnya pencemaran sungai di wilayah Kumamoto Jepang yang menyebabkan keracunan pada manusia. Pencemaran kadmium pada air minum di Jepang

menyebabkan penyakit “itai-itai”. Gejalanya ditandai dengan ketidaknormalan tulang dan beberapa organ tubuh menjadi mati. Keracunan kronis yang disebabkan oleh Cd adalah kerusakan sistem fisiologis tubuh seperti pada pernapasan, sirkulasi darah, penciuman, serta merusak kelenjar reproduksi, ginjal, jantung dan kerapuhan tulang (Agustina T, 2014).

Penelitian sebelumnya mengenai konsentrasi kadmium pada daging ikan telah banyak dilakukan. Penelitian sebelumnya pada ikan *Megalaspis cordyla*, *Scarus ghobban*, dan *Rastrelliger kanagurta* juga telah dilakukan di beberapa wilayah perairan. Konsentrasi kadmium pada ikan *Megalaspis cordyla* di perairan Pakistan menunjukkan nilai konsentrasi sebesar 0,44 µg/g berat kering (Ahmed *et al.*, 2014). Di perairan Terengganu, Malaysia kandungan kadmium pada ikan *Megalaspis cordyla* ditemukan sebesar 0,02 mg/kg x 10⁻² (Rosli *et al.*, 2018). Pada penelitian Zodape.G. V. *et al.* (2011), di perairan Mumbai, India menunjukkan konsentrasi kadmium pada ikan *Megalaspis cordyla* sebesar 0,007 ppm sedangkan di Shanouk Ville, Kamboja menunjukkan konsentrasi sebesar 0,034 µg/g berat kering (Agusa *et al.*, 2007).

Pada ikan *Scarus ghobban*, konsentrasi kadmium di perairan Teluk Persia menunjukkan nilai konsentrasi sebesar 170,1 µg/kg berat kering (Fakhri *et al.*, 2018). Konsentrasi kadmium pada ikan *Rastrelliger kanagurta* pada penelitian sebelumnya di perairan Terengganu, Malaysia menunjukkan nilai konsentrasi sebesar 0,20 mg/kg x 10⁻² (Rosli *et al.*, 2018). Pada penelitian Mziray dan Kimirei (2016), di perairan Dares Salaam, Tanzania menunjukkan konsentrasi kadmium pada ikan *Rastrelliger kanagurta* sebesar 0,13 µg/g, sedangkan di perairan Panimbang, Indonesia menunjukkan nilai konsentrasi sebesar 0,013 µg/g berat kering (Agusa *et al.*, 2007).

2.5.3 Arsen (As)

Arsen merupakan salah satu jenis logam berat yang bersifat toksik dan merupakan racun akumulatif (SNI, 2009). Arsen memiliki toksisitas tinggi ketika masuk ke dalam tubuh manusia secara berlebihan (Nurhayati, 2009 dalam Bahar Bahar dan Daud, 2012). Arsen (As) memiliki nomor atom 33; bobot atom 74,92; bobot jenis $5,72 \text{ g/cm}^3$; titik leleh 817°C ; titik didih 613°C ; tekanan uap 0 Pa. Arsen merupakan logam anorganik berwarna abu-abu, dengan kelarutan dalam air sangat rendah. Arsen pada konsentrasi rendah terdapat pada tanah, air, makanan, dan udara (SNI, 2009).

Arsen banyak digunakan sebagai insektisida, racun semut, cat, kertas tembok, keramik dan gelas. Arsen pada konsentrasi rendah terdapat pada tanah, air, udara dan makanan (Ariansyah and Yulianti, 2012). Arsen inorganik dapat larut dalam air atau berbentuk gas dan terpapar pada manusia. Arsenik merupakan salah satu unsur paling beracun dan dijumpai dalam tanah, udara dan air. Secara alami arsenik dihasilkan dari letusan gunung vulkanik yang dapat melepaskan sekitar 3000 ton setiap tahun. Meskipun demikian aktivitas manusialah yang diduga bertanggung jawab atas pelepasan arsenik lebih dari 80.000 ton tiap tahunnya karena pembakaran bahan bakar dari fosil dan berbagai kegiatan industri. Arsen banyak ditemukan di dalam air tanah. Hal ini disebabkan arsen merupakan salah satu mineral yang memang terkandung dalam susunan batuan bumi. Arsen dalam air tanah terbagi dalam dua bentuk, yaitu bentuk tereduksi, terbentuk dalam kondisi anaerobik, sering disebut arsenit. Bentuk lainnya adalah bentuk teroksidasi, terjadi pada kondisi aerobik, umum disebut sebagai arsenat (Agustina T, 2014).

Arsen memiliki toksisitas tinggi ketika masuk ke dalam tubuh manusia secara berlebihan. Gejala yang terlihat jika seseorang keracunan arsen menunjukkan tanda-tanda radang lambung dan usus yang parah, dimulai dengan rasa terbakar

di tenggorokan, sulit menelan dan sakit perut yang sangat. Gejala ini diikuti rasa mual, muntah, hingga diare akut yang menyebabkan feses bercampur dengan air dan lendir (Nurhayati, 2009 dalam Bahar Bahar dan Daud, 2012).

Penelitian mengenai kandungan As pada ikan *Scarus ghobban* dan *Rastrelliger kanagurta* telah dilakukan di beberapa perairan. Penelitian yang dilakukan Fakhri *et al.* (2018), dilakukan di perairan Teluk Persia menunjukkan konsentrasi Arsen pada ikan *Scarus ghobban* sebesar 105,31 $\mu\text{g}/\text{kg}$ berat kering. Pada spesies *Scarus* sp. di perairan Batam menunjukkan nilai konsentrasi arsen sebesar 9,35 ng/g berat kering (Koesmawati *et al.*, 2018). Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan pada ikan *Rastrelliger kanagurta* di perairan Dares salaam, Tanzania menunjukkan nilai konsentrasi arsen sebesar 12,3 $\mu\text{g}/\text{g}$ (Mziray dan Kimirei, 2016).

2.5.4 Selenium (Se)

Selenium merupakan salah satu logam penyeimbang keberadaan merkuri. Beberapa jenis mineral, seperti selenium lebih banyak terkandung di dalam organisme laut dan ikan daripada hewan darat. Konsumsi makanan yang mengandung selenium dapat menghambat kanker. Laporan American Institute of Cancer Research (AIRC) menyatakan bahwa selenium dapat mencegah kanker kulit dan kanker paru-paru. Di sisi lain, keberadaan selenium berlebih di dalam tubuh berdampak pada penyakit jantung dan syaraf (Larsen *et al.*, 2011 dalam Susanto dan Fahmi, 2012).

Menurut Smith dan Charter (2010) dalam Nurhasanah dan Sunaryo (2015), beras merah merupakan salah satu sumber selenium, yaitu mineral yang dapat meningkatkan sel-sel pembunuh sel kanker secara alami, memobilisasi sel-sel untuk memerangi sel-sel kanker dan dapat berperan sebagai antioksidan.

Penelitian sebelumnya mengenai kandungan selenium pada ikan *Megalaspis cordyla*, *Scarus ghobban* dan *Rastrelliger kanagurta* telah banyak dilakukan. Penelitian pada ikan *Megalaspis cordyla* di perairan Bintan, Indonesia menunjukkan konsentrasi selenium sebesar 3,98 mg/kg berat kering (Suratno dan Puspitasari, 2018). Di perairan Shanouk Ville, Kamboja konsentrasi selenium pada ikan *Megalaspis cordyla* menunjukkan konsentrasi sebesar 2,6 µg/g berat kering (Agusa *et al.*, 2007).

Penelitian yang dilakukan Mziray dan Kimirei (2016), pada ikan *Rastrelliger kanagurta* di perairan Dares Salaam, Tanzania menunjukkan konsentrasi selenium sebesar 9,51 µg/g. Di perairan Panimbang, Indonesia konsentrasi selenium pada ikan *Rastrelliger kanagurta* menunjukkan konsentrasi sebesar 2,1 µg/g berat kering (Agusa *et al.*, 2007). Pada ikan *Scarus* sp, di perairan Batam menunjukkan nilai konsentrasi selenium sebesar 4,21 ng/g berat kering (Koesmawati *et al.*, 2018).

2.6 Status Keamanan Pangan

Status keamanan pangan makanan laut dapat dilihat dari baku mutu konsumsi yang mengacu pada ketentuan lembaga yang melakukan kajian mengenai ambang batas konsumsi makanan yang terkontaminasi logam berat. Selain itu, untuk mengetahui tingkat keamanan pangan dan nilai risikonya, digunakan perhitungan untuk menentukan batas maksimum konsumsi yang masih aman bagi tubuh manusia.

2.6.1 Baku Mutu konsumsi

Baku mutu konsumsi digunakan untuk mengontrol asupan konsumsi makanan yang berbahaya bagi tubuh manusia. Baku mutu konsumsi yang digunakan untuk analisis konsentrasi logam yang masuk ke dalam tubuh

manusia mengacu dari beberapa lembaga. Nilai maksimum asupan mingguan (*Maximum Weekly Intake*) menggunakan ketentuan lembaga pangan internasional *World Health Organization* (WHO) dan *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive* (JECFA). Nilai ambang batas yang diterbitkan WHO dan JECFA ini berupa nilai PTWI (*Provisional Tolerable Weekly Intake*). Batas maksimum konsumsi logam berat bagi tubuh manusia yang diterbitkan di Indonesia mengacu pada ketentuan SNI, 2009 dan Peraturan BPOM No.5 Tahun 2018 (Tabel 1).

Tabel 1 Baku mutu konsumsi logam berat

No.	Referensi	Satuan	Logam Berat			
			Hg	Cd	As	Se
1.	PTWI	(mg/kg bb) per minggu	0,0016 ^b	0,007 ^a	0,015 ^b	-
2.	SNI (2009)	mg/kg	0,5	0,1	0,25 – 1	-
3.	BPOM (2018)	mg/kg	0,5	0,1	0,25	-

Keterangan:

^aFAO/JECFA, 2011

^bFAO/JECFA, 2011

2.6.2 Batas Maksimum Konsumsi

A. *Maximum Tolerable Intake*

Untuk menghitung berat maksimal dalam mengonsumsi ikan konsumsi dalam waktu satu minggu (*Maximum Tolerable Intake/MTI*), dilakukan perhitungan *Mean Weekly Intake/MWI* untuk mengetahui jumlah maksimum logam berat yang dapat dikonsumsi manusia dalam waktu satu minggu dengan mengalikan nilai ambang batas yang diterbitkan oleh organisasi dan lembaga pangan internasional *World Health Organization* (WHO) dan *Joint FAO/WHO Expert*

Committee on Food Additive (JEFCA) dengan berat badan orang dewasa sebesar 60 kg.

Setelah diketahui nilai MWI dan konsentrasi logam berat pada ikan hasil tangkapan, selanjutnya dapat dihitung berat maksimal dalam mengonsumsi ikan hasil tangkapan dalam waktu satu minggu (*Maximum Tolerable Intake*) yang dapat ditoleransi oleh tubuh manusia (Azhar *et al.*, 2012).

B. *Estimated Daily Intake*

Estimate Daily Intake (EDI) merupakan estimasi masuknya logam berat dalam tubuh manusia dalam paparan satu hari. EDI dihitung dengan mengalikan frekuensi paparan, durasi paparan, tingkat konsumsi ikan, faktor konfersi bobot segar ke bobot kering (0.208), dan konsentrasi logam berat pada ikan kemudian dibagi dengan berat badan rata-rata untuk orang dewasa (60kg) dan waktu paparan rata-rata untuk non karsinogenik. Hasil dari perhitungan selanjutnya dikalikan dengan 10^{-3} (Saha *et al.*, 2016).

2.6.3 Penilaian Risiko Kesehatan

A. *Target Hazard Quotient*

Target Hazard Quotient (THQ) merupakan metode yang digunakan untuk penilaian risiko non-karsinogenik dan karsinogenik yang berkaitan dengan kesehatan (Ogbomida *et al.*, 2018). Target Hazard Quotient (THQ) merupakan persamaan untuk menghitung risiko non-karsinogenik yang merupakan rasio antara perkiraan paparan (EDI) dan dosis referensi oral (RfD). RfD (mg/kg bb/hari) merupakan perkiraan paparan harian manusia tanpa efek samping.

Nilai THQ <1 menunjukkan tidak adanya bahaya buruk bagi populasi yang terpapar. THQ = 1 menunjukkan bahwa populasi yang bersangkutan dapat mengalami risiko kesehatan non-karsinogenik (Saha *et al.*, 2016). Sesuai dengan metode standar EPA, jika nilai THQ adalah kurang dari satu (<1), tidak

menunjukkan risiko signifikan terhadap konsumsi makanan laut. Jika nilai melebihi satu (>1) ada kemungkinan terjadinya efek karsinogenik (Zheng *et al.*, 2007). Menurut Jiao *et al.* (2018), risiko bahaya dapat diklasifikasikan menjadi lima yaitu tidak signifikan ($HQ \leq 1$), rendah ($1 < HQ < 9,9$), sedang ($10 < HQ < 19,9$), tinggi ($20 < HQ < 99$), dan serius (≥ 100).

Berdasarkan literatur, paparan dua atau lebih polutan dapat menyebabkan efek tambahan dan/atau interaktif pada manusia. Total dari risiko konsumsi dapat diketahui dengan menjumlahkan hasil THQ dari lima logam yang diteliti (Hg, Cd, As, dan Se) sebagai Total THQ (TTHQ) atau biasa disebut dengan *Hazard Index* (HI). TTHQ dapat dihitung dengan rumus:

$$TTHQ = THQ (\text{toksikan 1}) + THQ (\text{toksikan 2}) + \dots + THQ (\text{toksikan n})$$

Semakin besar nilai TTHQ, semakin besar tingkat toksisitasnya. Nilai TTHQ >1 , menunjukkan potensi yang merugikan bagi kesehatan manusia (Saha *et al.*, 2016).

B. *Health Benefit Value of Selenium*

Indeks HBVSe (*Health Benefit Value of Selenium*) merupakan penilaian yang menunjukkan adanya pencemaran Hg. Indeks ini digunakan untuk menilai pengaruh relatif dari paparan Hg dengan keberadaan Se di dalamnya. Ketika nilai indeks positif, menunjukkan bahwa konsentrasi Se lebih tinggi daripada Hg. Sebaliknya ketika nilai indeks negatif, menunjukkan bahwa konsentrasi Hg lebih besar daripada konsentrasi Se. Dengan demikian, produk makanan laut dengan indeks negatif tidak disarankan untuk dikonsumsi (Ralston *et al.*, 2016).

C. *Carcinogenic Risk*

Risiko karsinogenik (*Carcinogenic Risk / CR*) menunjukkan kemungkinan seseorang yang terkena kanker akibat paparan karsinogenik. Risiko kanker paparan As dapat diperoleh dari *Cancer Slope Factor* (CSF) yang disediakan

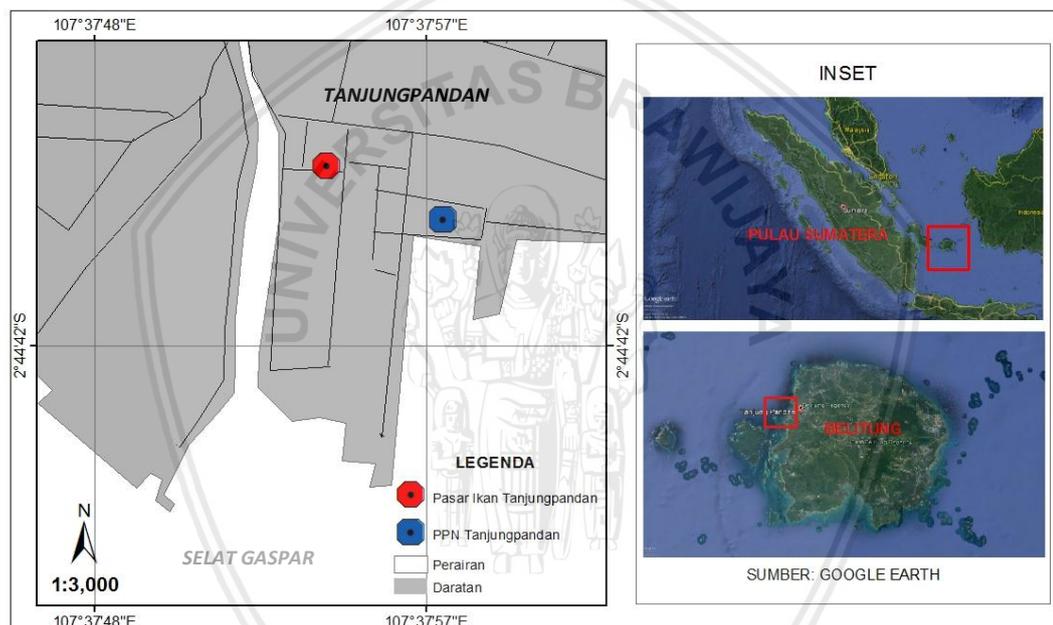
oleh USEPA (USEPA, 2000). Risiko karsinogenik pada manusia seumur hidup ditetapkan dengan standar USEPA yaitu sebesar 10^{-5} (Saha *et al.*, 2016).



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biogeokimia Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2O LIPI), Jakarta Utara dan Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi DKI Jakarta, Jakarta Pusat. Pengambilan sampel ikan dilakukan di Pasar Ikan Tanjungpandan, Belitung. Lokasi penelitian terdapat pada Gambar 5.



Gambar 5 Peta lokasi penelitian Pasar Ikan Tanjungpandan

Pasar Ikan Tanjungpandan terletak di Jl. Pantai, Tanjungpandan, Kabupaten Belitung. Lokasi pasar tidak jauh dari Pelabuhan Perikanan Nusantara Tanjungpandan dengan jarak kurang lebih 260 meter. Pada Gambar 1, disajikan peta lokasi Pasar Ikan Tanjungpandan dengan skala 1:3000 yang menunjukkan bahwa jarak 1 cm di dalam peta sama dengan 3000 cm jarak sebenarnya. Titik merah menunjukkan lokasi Pasar ikan Tanjungpandan dan titik biru menunjukkan lokasi PPN Tanjungpandan yang merupakan sentra kegiatan nelayan yang menyediakan ikan hasil tangkapan untuk wilayah sekitarnya (PIPP, 2019).

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Dalam melakukan penelitian ini, digunakan alat yang dapat mendukung selama berlangsungnya kegiatan penelitian. Alat yang digunakan dalam pengambilan sampel hingga analisis laboratorium terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Alat dan fungsinya

No.	Alat	Fungsi
1	Mortar dan alu	Menghaluskan sampel ikan
2	Spatula	Memindahkan sampel halus
3	Oven	Mengeringkan sampel ikan
4	Cawan petri	Sebagai tempat sampel dalam proses pengeringan
5	Spidol	Menandai sampel
6	Neraca analitik Sartorius	Menimbang sampel
7	<i>Microwave digestion</i>	Alat untuk destruksi sampel
8	<i>Vessel microwave digestion</i>	Tempat sampel saat di <i>microwave digestion</i>
9	<i>MARS Xpress capping station</i>	Menutup/membuka tutup <i>vessel</i>
10	Mikropipet	Memindahkan cairan dalam jumlah kecil
11	<i>Centrifuge tube</i>	Tempat menyimpan sampel yang sudah disaring
12	Labu ukur 25 ml	Tempat mencampur larutan pada saat pengenceran
13	Rak tabung	Tempat tabung
14	<i>Boat Mercury Analyzer</i>	Tempat sampel yang akan dianalisis
15	Corong kaca	Memindahkan larutan dari tabung ke tabung pada saat penyaringan
16	ICP-OES iCAP 7400 Duo	Analisis logam berat pada sampel ikan
17	NIC MA-3000 <i>Mercury Analyzer</i>	Analisis Hg pada sampel ikan
18	Botol semprot	Sebagai tempat aquades

No.	Alat	Fungsi
19	<i>Sample tube</i>	Tempat sampel yang dianalisis dengan ICP-OES
20	Pisau	Memotong sampel
21	<i>Cool box</i>	Menyimpan sampel ikan

3.2.2 Bahan

Dalam penelitian ini digunakan beberapa bahan untuk mendukung berlangsungnya kegiatan penelitian. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian terdapat pada Tabel 3.

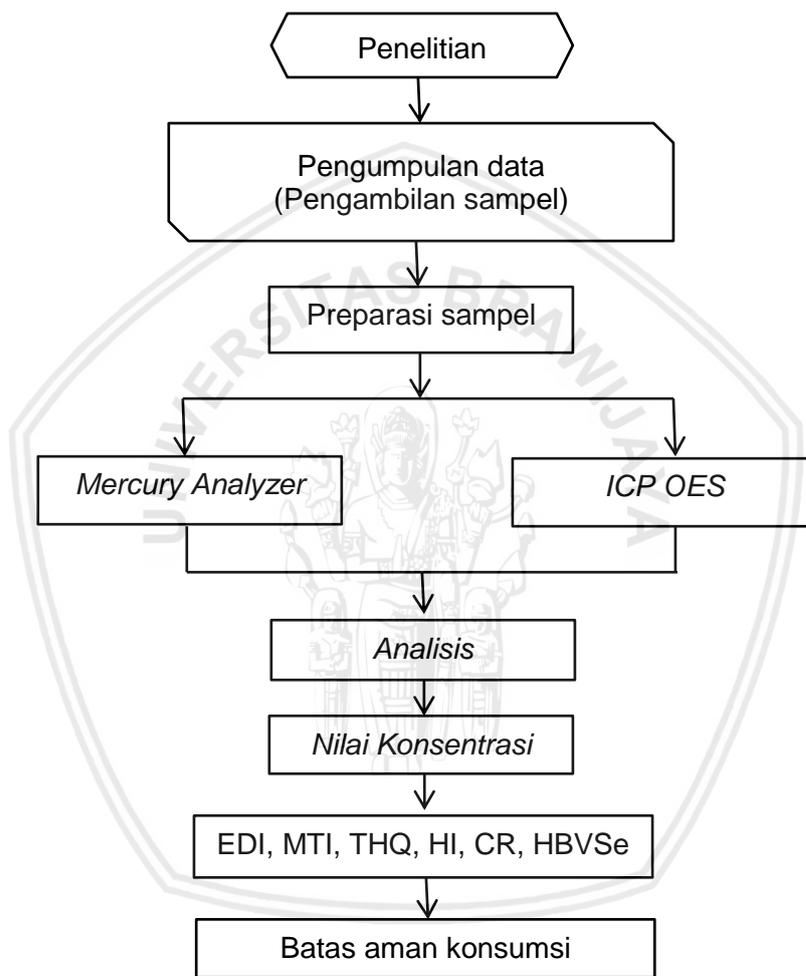
Tabel 3 Bahan dan fungsinya

No.	Bahan	Fungsi
1	Sampel ikan	Sampel yang dianalisis
2	Plastik zip	Menyimpan sampel yang telah dihaluskan
3	Kertas label	Memberi label pada tabung
4	Aquades	Sebagai pelarut dan kalibrasi
5	HNO ₃ pekat	Sebagai pelarut
6	Larutan standar ICP	Larutan analisa
7	Larutan blanko	Larutan kalibrasi
8	<i>CRM DORM 4</i>	Untuk validasi hasil
9	Kertas saring Sartorius <i>Grade 390</i>	Menyaring sampel yang sudah diencerkan

3.3 Prosedur Penelitian

Secara prosedural untuk mencapai tujuan dari suatu penelitian diperlukan beberapa tahapan. Sebelum melakukan penelitian, tahap pertama yang diperlukan yaitu pengumpulan data. Data yang dikumpulkan merupakan data primer yang meliputi pengambilan sampel ikan di lapangan. Setelah pengambilan sampel dilakukan preparasi dan analisis sampel untuk deteksi logam berat dilakukan dengan menggunakan *Mercury analyzer* dan ICP OES. Penilaian

tingkat keamanan pangan dihitung menggunakan rumus *Estimated Daily Intake* (EDI), *Maximum Tolerable Intake* (MTI), *Target Hazard Quotient* (THQ), *Hazard Index* (HI), *Carcinogenic Risk* (CR), dan *Health Benefit Value of Selenium* (HBVSe). Prosedur penelitian disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6 Prosedur penelitian

3.4 Analisis Sampel

3.4.1 Pengambilan Sampel

Sampel ikan dibeli di Pasar Ikan Tanjungpandan, Belitung. Sampel ikan yang dipilih yaitu merupakan jenis ikan konsumsi yang biasa dikonsumsi oleh

masyarakat. Pembelian ikan disesuaikan dengan kebutuhan dan ketersediaan ikan yang ada. Tidak ada kriteria dan jumlah tertentu untuk ukuran ikan yang dibeli. Hal tersebut dikarenakan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi rata-rata logam berat pada tiap-tiap spesies ikan konsumsi yang dijual di Pasar Ikan Tanjungpandan. Selanjutnya, ikan hasil tangkapan yang masih segar diawetkan dengan es batu dalam *cool box* untuk mempertahankan tingkat kesegarannya, sehingga ketika pengambilan sampel organ diharapkan masih tetap dalam kondisi yang sama pada saat ditangkap.

3.4.2 Identifikasi Jenis Ikan

Untuk memastikan jenis ikan yang didapat, dilakukan identifikasi jenis ikan secara visual. Identifikasi dilakukan dengan membandingkan bentuk fisik ikan dengan buku identifikasi ikan: FISHER, W & P.J.P WHITEHEAD, 1974; dan WEBER, M & LF. DE BEAUFORT, 1929. Selain itu, untuk menentukan klasifikasi ikan juga mengacu pada *Fishbase*.

3.4.3 Pengambilan Organ Tubuh Ikan

Ikan konsumsi yang diperoleh dari Pasar Ikan Tanjungpandan di bawa ke Laboratorium Biogeokimia Pusat Penelitian Oseanografi LIPI untuk diambil bagian organ tubuhnya. Sampel ikan dihilangkan sisiknya, lalu diambil daging sebanyak 2 – 5 g untuk dilakukan prosedur selanjutnya dalam analisis kandungan logam beratnya (Suratno *et al.*, 2017). Pengambilan organ tubuh di bagian daging dikarenakan bagian tersebut merupakan bagian organ tubuh ikan yang dikonsumsi oleh manusia.

3.4.4 Preparasi Sampel

Masing-masing sampel daging dibagi menjadi tiga bagian untuk dilakukan tiga kali ulangan sebagai data yang terukur untuk validasi data dari tiap-tiap sampel. Selanjutnya sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam untuk mendapatkan matriks merkuri stabil (SNI NO 01-2354.2-2006). Sampel dihaluskan dengan menggunakan mortar dan alu hingga berbentuk serbuk dan disimpan dalam *plastic zip*.

3.4.5 Analisis Konsentrasi Hg

Analisis sampel dilakukan dengan menggunakan instrumen *Mercury Analyzer* NIC MA-3000 (Nippon Instrument Corporation, Jepang). Sampel halus diambil sebanyak 20-50 mg. Setelah itu, sampel dimasukkan ke dalam *boat* untuk diukur kadar merkuri pada *Mercury Analyzer*.

Mercury analyzer tipe NIC MA-3000 merupakan instrumen analisis merkuri yang dapat mengukur merkuri yang terkandung dalam cairan, padatan, atau gas (Nippon Instrumen Corporation, 2015). Instrumen ini dapat mengukur 100 sampel dalam satu kali pengukuran dengan sepuluh terminal yang memiliki masing-masing memiliki sepuluh *boat* untuk penempatan sampel. Ukuran boat sebesar 39 x 11 x 7,2 (mm) dengan kapasitas pengukiran padatan hingga 1.500 mg. Waktu pengukuran sampel yang dibutuhkan untuk masing-masing sampel yaitu kurang lebih selama 5 menit. *Mercury analyzer* mengukur konsentrasi merkuri dalam sampel dari absorbansi sampel. *Mercury analyzer* menganalisis merkuri dengan dekomposisi termal, amalgasi, dan serapan atom sesuai dengan metode pengujian USEPA 7473, ASTM D-6722-01, D-7623-10. (Nippon Instrument Corporation, Japan 2015).

3.4.6 Analisis Konsentrasi Cd, As, dan Se

Analisis konsentrasi logam Cd, As dan Se dilakukan dengan menggunakan instrumen ICP-OES iCAP 7400 Duo. Sampel halus dilakukan destruksi terlebih dahulu. Metode destruksi yang digunakan yaitu destruksi menggunakan *Microwave digester*. Metode destruksi mengacu pada *Application Note: 40992 Food Safety Series – Accurate analysis of low levels of mercury in fish by vapor generation AA* oleh *Thermo Scientific* yang mengacu pada ketentuan *United Nations Environment Programme (UNEP) Chemicals* dan dimodifikasi pada jumlah sampel, jumlah pelarut, program *microwave*, dan jenis sampel yang digunakan. Sebanyak 0,5 g sampel halus ditimbang dalam *vessel*. Setelah itu, sampel ditambahkan 5 ml aquades dan 5 ml asam nitrat pekat (HNO₃). Selanjutnya, *vessel* ditutup dan dimasukkan ke dalam *microwave digestion* tipe *CEM MARS 5 Microwave Accelerated Reaction System* lalu dipanaskan dengan suhu 190°C selama 30 menit dengan program *microwave* yang terdapat pada *application note*. Setelah sampel dilarutkan, sampel disaring dan dipindahkan ke dalam labu ukur 25 ml untuk dilakukan pengenceran dengan menambahkan aquades hingga tanda batas. Selanjutnya dilakukan pengukuran menggunakan ICP-OES.

3.5 Batas Maksimum Konsumsi

3.5.1 Estimated Daily Intake

Estimated Daily Intake (EDI) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Saha *et al.*, 2016):

$$EDI = \frac{E_F \times E_D \times F_{IR} \times C_f \times C_M}{W_{AB} \times T_A} \times 10^{-3} \quad (1)$$

Keterangan:

E_F = frekuensi paparan (365 hari/tahun)

E_D = durasi paparan (60 tahun)

F_{IR} = tingkat konsumsi ikan (128.88 g/kapita/tahun di Belitung)

C_F = faktor konversi untuk mengkonversi bobot segar ke berat kering (kadar air fillet ikan sebesar 79%) yang sama dengan 0.208

C_M = konsentrasi logam berat pada ikan ($\mu\text{g/g}$ berat kering)

W_{AB} = berat badan rata-rata untuk orang dewasa (60 kg)

T_A = waktu paparan rata-rata untuk non-karsinogen ($E_F \times E_D$)

3.5.2 *Maximum Tolerable Intake*

Untuk menghitung berat maksimal dalam mengonsumsi ikan konsumsi dalam waktu satu minggu (*Maximum Tolerable Intake/MTI*), dilakukan perhitungan *Mean Weekly Intake/MWI* untuk mengetahui jumlah maksimum logam berat yang dapat dikonsumsi manusia dalam waktu satu minggu dengan mengalikan nilai ambang batas yang diterbitkan oleh organisasi dan lembaga pangan internasional *World Health Organization (WHO)* dan *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive (JEFCA)* dengan berat badan orang dewasa sebesar 60 kg. Nilai MWI logam Hg, Cd, dan As terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4 Nilai MWI logam Hg, Cd, dan As

Jenis Logam	MWI
Hg	0,096
Cd	0,42
As	0,9

Dikutip dari Azhar *et al.* (2012), perhitungan *Maximum Tolerable Intake (MTI)* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MTI = MWI / C_t \quad (2)$$

Keterangan:

- MWI = *Maximum Weekly Intake* (μg untuk berat badan orang dewasa sebesar 60 kg per minggu)
- C_t = konsentrasi logam berat yang ditemukan di dalam daging ikan

3.6 Penilaian Risiko Kesehatan

3.6.1 Target Hazard Quotient

Target Hazard Quotient (THQ) merupakan metode yang digunakan untuk penilaian risiko non-karsinogenik dan karsinogenik yang berkaitan dengan kesehatan (Ogbomida *et al.*, 2018). Target Hazard Quotient (THQ) merupakan persamaan untuk menghitung risiko non-karsinogenik yang merupakan rasio antara perkiraan paparan (EDI) dan dosis referensi oral (RfD). RfD (mg/kg bb/hari) merupakan perkiraan paparan harian manusia tanpa efek samping. THQ dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (USEPA, 2000):

$$\text{THQ} = \text{EDI}/\text{RfD} \quad (3)$$

Nilai RfD dari masing-masing jenis logam terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5 Nilai RfD

Jenis Logam	RfD (mg/kg bb/hari)
Hg	0.0001
Cd	0.001
As	0.0003
Se	0.005

3.6.2 Hazard Index

Hazard Index (HI) atau Total THQ (TTHQ) merupakan penjumlahan hasil THQ dari 3 logam berat non esensial yang diteliti (Hg, Cd, dan As). Dikutip dari Saha *et al.* (2016), TTHQ dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{TTHQ} = \text{THQ (toksikan 1)} + \text{THQ (toksikan 2)} + \dots + \text{THQ (toksikan n)} \quad (4)$$

3.6.3 Health Benefit Value of Selenium

Indeks HBVSe (*Health Benefit Value of Selenium*) merupakan penilaian yang menunjukkan adanya pencemaran Hg. Dikutip dari Ralston *et al.* (2016), penilaian HBVSe dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$HBV_{Se} = ([Se-Hg]/Se \times (Se+Hg)) \quad (5)$$

3.6.4 Carcinogenic Risk

Risiko karsinogenik menunjukkan kemungkinan seseorang yang terkena kanker akibat paparan karsinogenik. Risiko kanker paparan As dapat diperoleh dari *Cancer Slope Factor* (CSF) yang disediakan oleh USEPA (USEPA, 2000). Persamaan untuk estimasi risiko kanker adalah sebagai berikut:

$$CR = CSF \times EDI \quad (6)$$

Keterangan:

CSF = 1,5 (mg/kg/hari)⁻¹ untuk As organik (USEPA)

EDI = *Estimate Daily Intake*

Risiko karsinogenik pada manusia seumur hidup ditetapkan dengan standar USEPA yaitu sebesar 10⁻⁵ (Saha *et al.*, 2016).

3.7 Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode analisis deskriptif. Analisis secara deskriptif yaitu dengan membandingkan konsentrasi logam berat pada daging ikan dengan standar baku mutu untuk selanjutnya diambil kesimpulan.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konsentrasi Logam Hg, Cd, As, Se pada Ikan

Konsentrasi logam berat yang diperoleh dari masing-masing spesies ikan memiliki nilai yang berbeda-beda. Nilai konsentrasi logam berat disajikan dalam Tabel 6 yang terdiri dari nilai konsentrasi logam, standar deviasi, nilai minimum dan maksimum, serta nilai ambang batas konsumsi menurut SNI (2009) dan BPOM (2018).

Tabel 6 Konsentrasi logam Hg, Cd, As, dan Se pada sampel ikan

Sampel	Konsentrasi Logam (mg/kg berat kering) ± Std. Deviasi (minimum-maksimum)			
	Hg	Cd	As	Se
<i>Scarus ghobban</i> (n = 5)	0.06±0.01 (0.05-0.08)	0.22±0.09 (0.14-0.36)	17.19±6.56 (10.64-27.10)	5.62±0.89 (4.10-6.34)
<i>Kyphosus cinerascens</i> (n = 4)	0.03±0.02 (0.01-0.06)	0.11±0.03 (0.08-0.14)	6.54±1.67 (4.96-8.83)	3.47±0.82 (2.75-4.55)
<i>Rastrelliger kanagurta</i> (n = 10)	0.16±0.01 (0.14-0.19)	0.13±0.03 (0.07-0.17)	7.95±1,97 (4.38-11.11)	6.51±0.69 (5.21-7.31)
<i>Megalaspis cordyla</i> (n=10)	1.14±0.15 (0.93-1.37)	0.20±0.07 (0.08-0.30)	10.95±4.75 (2.83-16.40)	4.61±0.53 (3.77-5.41)
SNI, 2009 (mg/kg)	0,5	0,1	0,25 – 1	-
BPOM, 2018 (mg/kg)	0,5	0,1	0,25	-

Konsentrasi rata-rata logam Hg sangat bervariasi antara ikan satu dengan yang lain. Konsentrasi Hg yang ditemukan bervariasi antara 0.01 – 1.37 mg/kg berat kering. Dari keempat jenis ikan yang dianalisis, rata-rata konsentrasi Hg tertinggi terdapat pada ikan *M. cordyla* sebesar 1.14±0.15 mg/kg berat kering dengan rentang nilai minimum dan maksimum sebesar 0.93 – 1.37 mg/kg. Dari nilai yang diperoleh dapat diketahui bahwa rata-rata konsentrasi Hg pada *M. cordyla* memiliki sebaran data yang bervariasi dengan standar deviasi sebesar

0.15. Apabila dilihat dari pola makan, *M. cordyla* merupakan ikan predator yang memakan ikan-ikan kecil (Fishbase, 2019), sehingga diasumsikan bahwa ikan tersebut mengakumulasi merkuri dari rantai makanan pada tingkat sebelumnya. Menurut Suratno dan Puspitasari (2018), tingkat trofik menunjukkan keberadaan suatu spesies dalam jejaring makanan yang ada di laut. Tingkat trofik dapat menunjukkan pola makan ikan dan seberapa banyak ikan tersebut makan. Logam Hg dalam daging ikan ditemukan lebih tinggi pada jenis ikan karnivora dibandingkan dengan ikan herbivora karena ikan karnivora mengakumulasi lebih banyak logam Hg dari ikan-ikan kecil yang dimakan.

Konsentrasi pada logam Cd dan Se yang diperoleh menunjukkan nilai variasi rata-rata yang tidak terlalu jauh berbeda antara spesies satu dan yang lainnya. Variasi rata-rata konsentrasi Cd yang diperoleh berkisar antara 0.07 – 0.30 mg/kg berat kering. Rata-rata konsentrasi tertinggi terdapat pada spesies *S. ghobban* sebesar 0.22 ± 0.09 mg/kg berat kering dengan rentang nilai minimum dan maksimum sebesar 0.14-0.36 mg/kg berat kering. Variasi rata-rata konsentrasi Se berkisar antara 2.75 – 7.31 mg/kg berat kering. Rata-rata konsentrasi tertinggi pada spesies *R. kanagurta* sebesar 6.51 ± 0.69 mg/kg berat kering dengan rentang nilai minimum dan maksimum sebesar 5.21 – 7.31 mg/kg berat kering.

Konsentrasi Cd dan Se yang ditemukan tidak jauh berbeda antar spesies menunjukkan bahwa keberadaan Cd dan Se stabil di perairan tempat hidup ikan hasil tangkapan yang dijual di Pasar Ikan Tanjungpandan. Cd dan Se dapat masuk ke perairan secara alami maupun dari kegiatan antropogenik seperti kegiatan industri. Salah satu kegiatan antropogenik yang menyumbang logam Cd adalah pertambangan timah di Belitung yang memungkinkan masuknya limbah logam berat ke wilayah perairan sekitarnya. Sejalan dengan pendapat Sundari *et al.* (2016); Suprpti (1999); dan SNI (2009), bahwa logam Cd biasanya

ditemukan dalam bentuk campuran dengan logam lain terutama dalam pertambangan timah hitam dan seng, serta penggunaan pestisida. Dari sumber masukan Cd dan Se di perairan, memungkinkan ikan yang dijual di Pasar Ikan Tanjungpandan diperoleh dari perairan yang terdapat masukan logam Cd ataupun Se.

Dari keempat jenis logam yang diamati, As memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan logam lainnya. Variasi rata-rata konsentrasi As berkisar antara 2.83 - 27.10 mg/kg berat kering. Rata-rata konsentrasi tertinggi pada spesies *S. ghobban* sebesar 17.19 ± 6.56 mg/kg berat kering dengan rentang nilai minimum dan maksimum sebesar 10.64 – 27.10 mg/kg berat kering. Tingginya konsentrasi As dapat disebabkan oleh masukan sumber pencemar yang mengandung As ke perairan. As biasanya digunakan sebagai campuran insektisida, racun semut, cat, keramik dan gelas (Ariansyah *et al.*, 2012). Selain itu, menurut Budiyanto (2011), sumber pencemaran As yang tinggi disebabkan oleh keberadaan As yang tinggi secara alami di alam. Keberadaan As di alam bersumber dari kerak bumi dan mineral batuan. Keberadaan As dalam ikan dan krustasea lebih tinggi apabila dibandingkan pada organisme hidup lainnya. Konsentrasi As dapat meningkat puluhan kali setelah memakan *seafood* dalam jumlah banyak (GORBY, 1988 dalam Budiyanto, 2011). Maka dari itu, diperlukan perhatian yang lebih terhadap pencemaran As akibat konsumsi makanan laut.

Apabila dibandingkan dengan baku mutu konsumsi ikan laut yang mengandung logam Hg, hanya konsentrasi pada spesies *M. cordyla* yang melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh SNI (2009) dan BPOM (2018) yaitu sebesar 0.5 mg/kg. Nilai konsentrasi logam Cd pada seluruh spesies menunjukkan nilai yang melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh SNI (2009) dan BPOM (2018) sebesar 0.1 mg/kg. Logam As pada penelitian ini juga menunjukkan nilai yang jauh dari ambang batas maksimum konsumsi yang

ditetapkan oleh SNI (2009) dan BPOM (2018) sebesar 0.25 mg/kg. Logam Se tidak tergolong ke dalam jenis logam yang bersifat toksik, karena Se merupakan mikronutrien yang penting untuk aktivitas enzim dalam tubuh manusia (Suratno dan Puspitasari, 2018). Selain itu, dalam ketentuan baku mutu yang ditetapkan oleh SNI (2009) dan BPOM (2018) tidak terdapat batas maksimum konsumsi ikan laut yang mengandung Se di dalamnya.

Hasil konsentrasi logam berat yang diperoleh bervariasi jika dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan pada keempat jenis spesies sampel di perairan yang berbeda (Tabel 7). Jika dibandingkan penelitian lain, konsentrasi Hg pada penelitian ini menunjukkan nilai yang lebih tinggi yaitu melebihi nilai yang telah ditetapkan oleh SNI (2009) dan BPOM (2018) sebesar 0.5 mg/kg. Tingginya konsentrasi Hg pada penelitian ini dapat disebabkan adanya masukan sumber pencemaran Hg ke dalam perairan lebih besar dibandingkan dengan perairan pada penelitian sebelumnya. Sumber pencemaran Hg dapat muncul secara alamiah di lingkungan, sebagai hasil dari perombakan mineral di alam melalui proses cuaca/iklim, dari angin dan air. Selain itu, sumber Hg juga dapat berasal dari industri pembuatan cat, peleburan emas, pembasmi serangga, dan lain-lain (SNI, 2009; Agustina, 2014).

Konsentrasi Cd dan As pada penelitian ini apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi Cd dan As di beberapa perairan lainnya pada spesies yang sama. Sebagian besar nilai Cd dan As melebihi ambang batas, namun di perairan Mumbai dan Panimbang menunjukkan konsentrasi Cd yang lebih rendah pada ikan. Di perairan Teluk Persia dan Batam juga menunjukkan konsentrasi As pada ikan masih aman untuk dikonsumsi oleh manusia apabila dibandingkan dengan ikan dari Belitung. Data perbandingan konsentrasi logam berat pada penelitian ini

dengan sampel ikan yang sama pada penelitian sebelumnya terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7 Perbandingan konsentrasi logam berat pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya

Lokasi Penelitian	Konsentrasi Logam Berat (mg/kg)				Referensi
	Hg	Cd	As	Se	
<i>Megalaspis cordyla</i>					
Belitung	1.14 ^a	0.20 ^a	10.95 ^a	4.61 ^a	Penelitian ini
Bintan, Indonesia	0.33 ^a	-	-	3.98 ^a	Suratno dan Puspitasari (2018)
Mumbai, India	0.036	0.007	-	-	Zodape.G. V. et al. (2011)
<i>Rastrelliger kanagurta</i>					
Belitung	0.16 ^a	0.13 ^a	7.95 ^a	6.51 ^a	Penelitian ini
Dar es Salaam, Tanzania	-	0.13	12.3	9.51	(Mziray dan Kimirei (2016)
Panimbang, Indonesia	0.12 ^a	0.013 ^a	-	2.1 ^a	Agusa et al., (2007)
<i>Scarus ghobban</i>					
Belitung	0.06 ^a	0.22 ^a	17.19 ^a	5.62 ^a	Penelitian ini
Teluk Persia	0.073 ^a	0.170 ^a	0.105 ^a	-	Fakhri et al. (2018)
Batam, Indonesia	0.128 ^a	-	0.009 ^a	0.004 ^a	Koesmawati et al. (2018)
<i>Kyphosus cinerascens</i>					
Belitung	0.03 ^a	0.22 ^a	6.54 ^a	3.47 ^a	Penelitian ini
<i>Kyphosus vaigiensis</i>					
New Caledonia	0.055	-	-	-	Chouvelon et al. (2009)

Keterangan:
^aberat kering



Pada spesies ikan *M. cordyla* dari Belitung memiliki konsentrasi logam berat yang paling tinggi dibandingkan dua penelitian sebelumnya yang dilakukan di Bintan dan Mumbai, India dengan spesies yang sama. Pada spesies ikan *R. kanagurta* di Belitung memiliki konsentrasi logam berat yang berada di bawah konsentrasi logam berat pada penelitian sebelumnya di Dar es Salaam, Tanzania. Namun, apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya di Panimbang, Indonesia, konsentrasi logam berat di Belitung memiliki nilai yang lebih tinggi pada spesies yang sama. Pada spesies *S. ghobban* konsentrasi logam berat yang diperoleh cenderung lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya yang dilakukan di Teluk Persia dan Batam pada spesies yang sama. Pada spesies *K. cinerascens* memiliki nilai konsentrasi logam berat yang lebih rendah dibandingkan penelitian sebelumnya yang dilakukan di New Caledonia dengan spesies yang sama.

Konsentrasi logam berat yang diperoleh pada penelitian ini cenderung lebih besar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan di beberapa perairan yang berbeda dengan spesies yang sama. Konsentrasi logam berat pada ikan yang berbeda dari wilayah perairan satu dan yang lain dapat disebabkan oleh perbedaan masukan dari sumber pencemar perairan yang ada. Tingginya konsentrasi ikan dari Pasar Ikan Tanjungpandan apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya dapat disebabkan oleh tingginya sumber masukan Hg, Cd dan As pada perairan tempat penangkapan ikan. Waktu pengambilan sampel juga dapat mempengaruhi akumulasi logam berat pada ikan (Hananingtyas, 2017). Hal tersebut dikarenakan akumulasi logam berat pada ikan dipengaruhi oleh lingkungan.

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi akumulasi logam berat diantaranya yaitu arus dan gerakan pasang surut air laut. Apabila nelayan mengambil ikan pada saat pasang, dapat dimungkinkan ikan yang diperoleh

mengandung logam berat yang tinggi dari cemaran limbah yang dibuang muara dan sungai. Adanya pasang surut dapat menggerakkan massa air secara horizontal, sehingga terjadi pencampuran air di kolom perairan (Hananingtyas, 2017). Selain itu, konsentrasi logam berat yang berbeda juga dapat dipengaruhi oleh pola makan ikan, ukuran tubuh ikan dan tingkat trofik ikan di lingkungan. Semakin tinggi keberadaan organisme dalam tingkat trofik, kemungkinan akumulasi logam berat dalam tubuh semakin tinggi (Suratno dan Puspitasari, 2018; Nurrachmi dan Binal, 2010). Pada beberapa penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin panjang tubuh ikan, kandungan logam berat yang terkandung semakin sedikit. Hal ini dijelaskan oleh Nurrachmi dan Binal (2010), bahwa perbedaan konsentrasi logam berat pada ikan yang berukuran besar dan berukuran kecil dimungkinkan dari aktivitas metabolisme antara ikan yang bertubuh besar dan bertubuh kecil. Aktivitas metabolisme pada organisme yang lebih muda biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan organisme yang lebih tua.

4.2 Penilaian Tingkat Keamanan Pangan

4.2.1 *Estimated Daily Intake*

Estimated Daily Intake (EDI) merupakan estimasi masuknya logam berat ke dalam tubuh manusia dalam paparan satu hari. Penilaian EDI digunakan untuk mempresentasikan asupan logam berat harian. Jenis logam yang dihitung dengan menggunakan indeks EDI pada penelitian ini yaitu jenis logam berat non esensial diantaranya Hg, Cd, dan As. Se tidak dihitung karena Se merupakan logam berat esensial yang keberadaannya dibutuhkan oleh tubuh untuk aktivitas enzim. Nilai paparan EDI dihitung dengan menggunakan satuan mg/kg bb/hari. Rata-rata estimasi konsumsi ikan harian untuk orang dewasa terhadap logam Hg, Cd, dan As dengan berat badan 60 kg disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8 Nilai *Estimated Daily Intake*

Sampel	EDI ± Std. Deviasi (minimum-maksimum) X 10 ⁻³ mg/kg bb/hari		
	Hg	Cd	As
<i>Scarus ghobban</i> (n = 5)	0.03±0.05 (0.02-0.04)	0.10±0.04 (0.06-0.16)	7.68±2.93 (4.76-12.11)
<i>Kyphosus cinerascens</i> (n = 4)	0.01±0.01 (0.01-0.03)	0.05±0.01 (0.04-0.06)	2.92±0.74 (2.21-3.95)
<i>Rastrelliger kanagurta</i> (n = 10)	0.07±0.01 (0.06-0.08)	0.06±0.01 (0.03-0.08)	3.55±0.88 (1.96-4.97)
<i>Megalaspis cordyla</i> (n=10)	0.51±0.07 (0.41-0.61)	0.09±0.03 (0.03-0.13)	4.89±2.12 (1.27-7.33)

Dari nilai rata-rata EDI pada seluruh sampel menunjukkan bahwa nilai konsumsi Hg harian tertinggi terdapat pada ikan *M. cordyla* ($0.51 \pm 0.07 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari) dengan rentang nilai sebesar $0.41-0.61 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari) dan terendah pada ikan *K. cinerascens* ($0.01 \pm 0.01 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari) dengan rentang nilai sebesar $0.01-0.03 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari). Konsumsi Cd harian tertinggi didapatkan dari jenis ikan *S. ghobban* ($0.10 \pm 0.04 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari) dengan rentang nilai sebesar $0.06-0.16 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari) dan terendah *K. cinerascens* ($0.05 \pm 0.01 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari) dengan rentang nilai sebesar $0.04-0.06 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari). Nilai konsumsi As harian tertinggi diperoleh dari jenis ikan *S. ghobban* ($7.68 \pm 2.93 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari) dengan rentang nilai sebesar $4.76-12.11 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari) dan terendah pada ikan *K. cinerascens* ($2.92 \pm 0.74 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari) rentang nilai sebesar $2.21-3.95 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari).

Apabila dalam satu hari orang dengan berat badan 60 kg mengonsumsi ikan yang mengandung Hg, Cd, dan As melebihi nilai EDI, dapat menimbulkan dampak bagi kesehatan manusia. Nilai EDI pada penelitian ini berbanding lurus

dengan konsentrasi logam berat pada sampel ikan. Semakin tinggi konsentrasi logam berat, semakin tinggi asupan logam berat harian yang masuk ke dalam tubuh. Menurut El Nemr *et al.* (2016), untuk menentukan perbedaan asupan logam berat dan nilai asupan harian, ditentukan oleh nilai konsentrasi masing-masing logam yang dianalisa.

Nilai EDI yang diperoleh pada penelitian ini apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Liu *et al.* (2018) pada ikan di estuari Yellow River, Cina menunjukkan nilai yang lebih tinggi. Di Cina, nilai EDI pada logam As pada ikan sebesar 0.0001 mg/kg bb/hari. Namun, nilai EDI pada logam Hg yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan nilai EDI pada ikan di Cina. Berbedanya nilai asupan harian dapat disebabkan oleh perbedaan tingkat trofik, habitat, limbah pertanian yang masuk ke perairan, dan pola makan ikan.

4.2.2 Maximum Tolerable Intake

Maximum Tolerable Intake (MTI) merupakan estimasi masuknya logam berat dalam tubuh manusia dalam waktu konsumsi satu minggu yang dibandingkan dengan nilai *Provisional Tolerable Weekly Intake* (PTWI). Jenis logam yang dihitung dengan menggunakan indeks MTI pada penelitian ini yaitu jenis logam berat non esensial diantaranya Hg, Cd, dan As. Se tidak dihitung karena nilai PTWI untuk logam Se tidak ada. Selain itu, Se merupakan logam berat esensial yang keberadaannya dibutuhkan oleh tubuh untuk aktivitas enzim. Hasil perhitungan MTI pada orang dewasa dengan berat badan 60 kg disajikan pada Tabel 9 dengan nilai rata-rata MTI, standar deviasi, dan rentang nilai pada masing-masing sampel.

Tabel 9 Nilai perhitungan MTI

Sampel	MTI ± Std. Deviasi (minimum-maksimum) Kg daging/minggu		
	Hg	Cd	As
<i>Scarus ghobban</i> (n = 5)	7.41±1.37 (5.68-9.17)	9.91±3.41 (5.54-14.23)	0.28±0.09 (0.16-0.40)
<i>Kyphosus cinerascens</i> (n = 4)	20.84±11.16 (32.51-6.78)	17.93±4.40 (12.81-22.86)	0.63±0.15 (0.45-0.79)
<i>Rastrelliger kanagurta</i> (n = 10)	2.57±0.21 (2.21-2.86)	15.09±4.33 (10.68-26.39)	0.52±0.15 (0.35-0.88)
<i>Megalaspis cordyla</i> (n=10)	0.36±0.05 (0.29-0.43)	10.18±5.35 (5.81-22.72)	0.50±0.42 (0.23-1.32)

Berdasarkan hasil perhitungan batas maksimum konsentrasi Hg, Cd dan As dalam daging ikan yang dikonsumsi selama satu minggu (*Maximum Weekly Intake/MWI*) untuk orang dewasa (60 kg) masing-masing secara berurutan sebesar 0.096 kg Hg/minggu, 0.42 kg Cd/minggu, dan 0.9 kg As/minggu. Nilai MWI setara dengan batas maksimum konsumsi daging ikan dalam waktu satu minggu untuk orang dewasa dengan berat badan 60 kg. Nilai MWI digunakan untuk menghitung nilai *Maximum Tolerable Intake* (MTI). Apabila logam berat yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan 60 kg melebihi nilai MTI pada ikan, maka logam tersebut bersifat toksik dalam tubuh manusia (Mirawati *et al.*, 2016).

Batas maksimum konsumsi daging ikan dalam satu minggu (MTI) memiliki nilai yang bervariasi. Batas maksimum berat daging ikan yang mengandung Hg yang dapat ditolerir dalam satu minggu untuk orang dewasa (60 kg) sebesar 20.84±11.16 kg daging/minggu pada jenis ikan *K. cinerascens*, sedangkan nilai MTI minimum sebesar 0.36±0.05 kg daging/minggu pada ikan *M. cordyla*. Nilai MTI digunakan sebagai batas konsumsi mingguan ikan dari Pasar Ikan

Tanjungpandan. Apabila dalam satu minggu mengonsumsi daging ikan melebihi nilai MTI maka logam Hg dapat bersifat toksik bagi manusia. Menurut Sudarmaji *et al.* (2006), dampak yang ditimbulkan dari konsumsi merkuri secara berlebihan yaitu dapat meningkatkan kelainan janin dan kematian saat lahir serta dapat menyebabkan *Fatal Minamata Disease*, seperti di teluk Minamata, Jepang. Selain itu, dapat juga mengakibatkan kerusakan otak, kerusakan syaraf motorik, *cerebral palsy*, dan retardasi mental.

Nilai MTI maksimum untuk konsumsi Cd sebesar 17.93 ± 4.40 kg daging/minggu pada ikan *K. cinerascens*, sedangkan nilai MTI minimum sebesar 9.91 ± 3.41 kg daging/minggu pada *S. ghobban*. Apabila orang dewasa dengan berat badan 60 kg melebihi batas MTI logam Cd dalam waktu satu minggu, maka logam Cd bersifat toksik bagi tubuh manusia. Keracunan logam Cd dapat menimbulkan gejala mual, muntah, diare, kram otot, anemia, dermatitis, pertumbuhan lambat, kerusakan ginjal dan hati, serta gangguan kardiovaskuler. Perkiraan dosis mematikan akut untuk konsumsi Cd adalah sekitar 500 mg/kg untuk orang dewasa dan efek dosis akan terlihat ketika terabsorpsi oleh tubuh sebanyak 0.043 mg/kg per hari (Widaningrum *et al.*, 2007).

Nilai MTI maksimum untuk konsumsi As sebesar 0.63 ± 0.15 kg daging/minggu pada ikan *K. cinerascens*, sedangkan nilai MTI minimum sebesar 0.28 ± 0.09 kg daging/minggu pada ikan *S. ghobban*. Apabila dalam waktu satu minggu orang dewasa dengan berat badan 60 kg mengonsumsi ikan lebih dari nilai MTI As, maka As bersifat toksik bagi tubuh. Gejala yang muncul ketika seseorang terpapar As menunjukkan tanda-tanda radang lambung dan usus yang parah, dimulai dengan rasa terbakar di tenggorokan, sulit menelan, dan sakit perut. Gejala-gejala tersebut biasanya diiringi dengan mual, muntah, hingga diare akut (Nurhayati, 2009 dalam Bahar dan Daud, 2012). Nilai MTI yang dihitung berbanding terbalik dengan konsentrasi logam berat yang diperoleh.

Semakin kecil konsentrasi logam berat, semakin besar nilai toleransi untuk mengonsumsi ikan yang mengandung logam berat dalam waktu satu minggu.

4.2.3 Target Hazard Quotient dan Hazard Index

Target Hazard Quotient (THQ) merupakan metode yang digunakan untuk penilaian risiko karsinogenik dan non karsinogenik dari paparan masing-masing logam Hg, Cd, dan As terhadap ikan di Pasar Ikan Tanjungpandan. Untuk menghitung total logam yang terkandung dalam ikan digunakan *Hazard Index* (HI). Nilai THQ dan HI yang diperoleh terdapat pada Tabel 10.

Tabel 10 Nilai perhitungan THQ dan HI

Sampel	THQ±Std. Deviasi (minimum-maksimum)			HI
	Hg	Cd	As	
<i>Scarus ghobban</i> (n = 5)	0.29±0.05 (0.22-0.36)	0.10±0.04 (0.06-0.16)	26.03±9.94 (16.12-41.04)	26.69
<i>Kyphosus cinerascens</i> (n = 4)	0.14±0.11 (0.06-0.30)	0.05±0.01 (0.04-0.07)	10.70±2.73 (8.11-14.45)	10.89
<i>Rastrelliger kanagurta</i> (n = 10)	0.81±0.07 (0.72-0.93)	0.06±0.01 (0.03-0.08)	13.31±3.29 (7.33-18.60)	14.18
<i>Megalaspis cordyla</i> (n=10)	5.90±0.79 (4.81-7.11)	0.10±0.04 (0.04-0.16)	18.94±8.22 (22.30-28.36)	24,94

Sama halnya dengan perhitungan EDI dan MTI, pada perhitungan THQ dan HI jenis logam yang dihitung yaitu jenis logam berat non esensial diantaranya Hg, Cd, dan As. Se tidak dihitung karena Se merupakan logam berat esensial yang keberadaannya dibutuhkan oleh tubuh untuk aktivitas enzim. Nilai THQ pada logam Hg, Cd, dan As yang diperoleh dari perhitungan menunjukkan nilai yang bervariasi. Nilai perhitungan THQ yang diperoleh pada penelitian berbanding

lurus dengan nilai konsentrasi logam berat. Semakin besar konsentrasi logam berat, semakin besar nilai THQ yang didapatkan.

Nilai THQ pada jenis logam Hg dan Cd hampir keseluruhan memiliki nilai <1 kecuali nilai THQ pada logam Hg spesies *M. cordyla* yaitu sebesar 5.90 ± 0.79 . Pada logam As nilai THQ dari keempat spesies menunjukkan nilai >1 . Menurut Saha *et al.* (2016) dan Zheng *et al.* (2007), sesuai dengan metode standar EPA, THQ memiliki nilai standar sebesar 1. Apabila nilai THQ >1 menunjukkan adanya kemungkinan terjadinya efek karsinogenik bagi orang yang mengonsumsi. Sebaliknya, apabila nilai THQ <1 menunjukkan tidak adanya bahaya buruk untuk kesehatan bagi orang yang mengonsumsi daging ikan.

Dari nilai THQ yang diperoleh, spesies *M. cordyla* pada logam Hg berpotensi terjadinya efek karsinogenik bagi orang yang mengonsumsinya. Nilai THQ As juga menunjukkan nilai yang sama sebesar >1 yang memungkinkan adanya efek karsinogenik. Selain nilai THQ Hg pada spesies *M. cordyla* dan As pada seluruh spesies, nilai THQ yang lainnya masih tergolong aman untuk dikonsumsi karena tidak memiliki efek karsinogenik bagi orang yang mengonsumsinya.

Selain Saha *et al.* (2016) dan Zheng *et al.* (2007), indeks penilaian THQ juga terdapat pada hasil penelitian Jiao *et al.* (2018). Penelitian tersebut membedakan hasil indeks perhitungan THQ menjadi beberapa kategori. Kategori tersebut dapat diklasifikasikan menjadi lima kategori yaitu tidak signifikan ($HQ \leq 1$), rendah ($1 < HQ < 9,9$), sedang ($10 < HQ < 19,9$), tinggi ($20 < HQ < 99$), dan serius (≥ 100). Pada penelitian ini, nilai THQ yang ditemukan >1 pada beberapa ikan, menunjukkan risiko bahaya yang ada pada rentang kategori rendah hingga tinggi. Menurut Purbalisa *et al.* (2019), banyaknya sumber paparan logam berat yang dapat terakumulasi dalam tubuh, mengindikasikan bahwa potensi risiko yang sebenarnya jauh lebih besar. Selain dari analisis kandungan logam berat

dari makanan, paparan dari sumber lainnya juga harus diperhatikan seperti inhalasi dan paparan kulit untuk menentukan peilaian risiko yang tepat.

Nilai HI menunjukkan banyaknya akumulasi seluruh logam berat yang ada pada tubuh ikan. Nilai HI yang diperoleh dari penjumlahan masing-masing jenis logam pada tiap spesies menunjukkan nilai >1. Nilai HI dari yang tertinggi hingga terendah secara berurutan yaitu Pada ikan *S. ghobban* (26.69) > *M. cordyla* (24,94) > *R. kanagurta* (14,18) > *K. cinerascens* (10.89). Menurut Saha *et al.* (2016), semakin besar nilai HI, semakin besar tingkat toksisitasnya. Dari nilai yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai HI >1, sehingga memiliki potensi yang merugikan bagi kesehatan manusia.

4.2.4 Carcinogenic Risk

Risiko karsinogenik menunjukkan kemungkinan seseorang yang terkena kanker akibat paparan karsinogenik dari logam As. Risiko kanker paparan As dapat diperoleh dari *Cancer Slope Factor* (CSF) yang ditetapkan oleh USEPA. Penilaian risiko kanker terhadap konsumsi makanan yang mengandung As terdapat pada Tabel 11.

Tabel 11 Nilai risiko karsinogenik

Sampel	CR±Std. Deviasi (minimum-maksimum)
<i>Scarus ghobban</i> (n = 5)	0.012±0.004 (0.007-0.018)
<i>Kyphosus cinerascens</i> (n = 4)	0.005±0.001 (0.004-0.007)
<i>Rastrelliger kanagurta</i> (n = 10)	0.006±0.001 (0.003-0.008)
<i>Megalaspis cordyla</i> (n=10)	0.009±0.004 (0.002-0.013)

Nilai *Carcinogenic Risk* (CR) pada sampel ikan bervariasi sesuai dengan konsentrasi As yang terkandung dalam daging. Nilai CR dari yang tertinggi hingga terendah secara berurutan yaitu *S. ghobban*>*M. cordyla*>*R. kanagurta*>*K. cinerascens* sebesar $0.012 \pm 0.004 > 0.009 \pm 0.004 > 0.006 \pm 0.001 > 0.005 \pm 0.001$. Tingginya nilai CR pada penelitian ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi As pada semua spesies. As bersifat toksik bagi tanaman dan hewan, sedangkan arsen anorganik memiliki efek karsinogen pada manusia. Keracunan As dapat menyebabkan lesi kulit hingga kanker otak, hati, ginjal, dan perut (Smith *et al.*, dalam Cheng *et al.*, 2013). Dari nilai yang diperoleh, menunjukkan nilai CR pada ikan konsumsi dari Pasar Ikan Tanjungpandan melebihi nilai yang ditetapkan oleh USEPA dalam Saha *et al.* (2016) sebesar 10^{-5} . Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa ikan konsumsi dari Pasar Ikan Tanjungpandan berpotensi menyebabkan risiko kanker bagi manusia yang mengonsumsinya dalam jangka waktu yang lama. Sebagai perbandingan penelitian sebelumnya oleh Cheng *et al.* (2013) di Pearl River menunjukkan nilai CR yang berkisar antara 10^{-4} , melebihi nilai yang telah ditetapkan sebesar 10^{-5} . Dari hasil yang diperoleh dapat memberikan informasi bahwa konsumsi ikan dari Pearl River dapat menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia, terutama ibu hamil dan menyusui yang lebih rentan terhadap As organik. Untuk memperkirakan risiko kesehatan manusia dari mengonsumsi ikan yang mengandung As, dosis paparan dihitung sebagai As organik.

Dosis logam berat yang dikonsumsi sama dengan dosis kontaminan yang diserap tanpa mempertimbangkan bioavailabilitas logam dalam tubuh manusia. Perhitungan As karsinogenik yang dilakukan kemungkinan tidak sesuai dengan As yang berada di dalam tubuh, karena sebagian dari As yang masuk ke dalam tubuh manusia dapat diekskresikan. Untuk perkiraan risiko kanker lebih

difokuskan dengan biomonitoring logam dalam sampel darah, urin, dan rambut (Saha *et al.*, 2016).

4.2.5 Indeks HBVSe

Indeks HBVSe digunakan untuk menilai paparan Hg yang ada pada daging ikan. Indeks ini digunakan untuk mengetahui paparan Hg dengan keberadaan Se di dalamnya. Hasil perhitungan indeks HBVSe terdapat pada Tabel 12.

Tabel 12 Nilai indeks HBVSe

Sampel	HBVSe±Std. Deviasi (minimum-maksimum) mg/kg
<i>Scarus ghobban</i> (n = 5)	15.06±2.39 (10.99-17.00)
<i>Kyphosus cinerascens</i> (n = 4)	10.04±2.37 (7.97-13.16)
<i>Rastrelliger kanagurta</i> (n = 10)	19.28±2.04 (15.41-21.63)
<i>Megalaspis cordyla</i> (n=10)	13.98±1.65 (11.31-16.48)

Selenium merupakan salah satu agen detoksifikasi untuk Hg dan CH₃Hg. Sebagian besar ikan yang diamati di Bintan memiliki kandungan Se lebih tinggi dibandingkan dengan Hg (Suratno dan Puspitasari, 2018). Sama halnya dengan penelitian ini, nilai Se yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan Hg. Ralston *et al.* (2016) menyatakan bahwa memakan ikan dari daerah aliran sungai dengan Se rendah dapat menimbulkan risiko lebih besar daripada mengonsumsi ikan yang memiliki jumlah Se dan CH₃Hg yang sama.

Nilai HBVSe dari yang tertinggi hingga terendah secara berurutan yaitu *R. kanagurta* sebesar 19.28±2.04 mg/kg > *S. ghobban* nilai HBVSe sebesar 15.06±2.39 mg/kg > *M. cordyla* sebesar 13.98±1.65 mg/kg > *K. cinerascens*

sebesar 10.04 ± 2.37 mg/kg. Nilai HBVSe positif menunjukkan bahwa konsentrasi Se lebih tinggi daripada Hg, sedangkan nilai HBVSe negatif menunjukkan bahwa konsentrasi Hg lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi Se. Konsumsi makanan laut dengan nilai HBVSe positif dapat mengurangi risiko paparan CH_3Hg . Nilai indeks HBVSe negatif dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan, terutama pada ibu hamil/janin dengan asupan Se yang rendah. Adanya indeks HBVSe bermanfaat untuk membantu dalam memilih makanan laut yang sehat (Ralston *et al.*, 2016). Dari hasil perhitungan yang diperoleh, nilai indeks HBVSe dari semua sampel ikan pada penelitian ini bernilai positif, sehingga menunjukkan bahwa konsentrasi Se lebih tinggi daripada Hg. Nilai positif tersebut menunjukkan bahwa ikan konsumsi dari Pasar Ikan Tanjungpandan baik untuk dikonsumsi apabila melihat dari indeks HBVSe. Nilai HBVSe yang diperoleh bervariasi tergantung pada spesies ikan, habitat ikan, tingkat trofik, umur, rantai makanan, dan zat pencemar yang masuk ke lingkungan (Ulusoy *et al.*, 2018).

4.3 Analisis Risiko Keamanan Pangan Ikan Konsumsi di Pasar ikan Tanjungpandan

Dari beberapa indeks keamanan pangan yang telah digunakan, masing-masing indeks memiliki nilai yang bervariasi. Indeks *Estimated Daily Intake* (EDI) menunjukkan nilai asupan logam berat harian tertinggi pada logam Hg terdapat pada ikan *M. cordyla* sebesar $0.51 \pm 0.07 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari, logam Cd pada ikan *S. ghobban* sebesar $0.10 \pm 0.04 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari, dan logam As tertinggi terdapat pada ikan *S. ghobban* sebesar $7.68 \pm 2.93 \times 10^{-3}$ mg/kg bb/hari.

Indeks *Maximum Tolerable Intake* (MTI) menunjukkan nilai maksimum konsumsi daging ikan mingguan yang masih dikategorikan baik untuk dikonsumsi menurut perhitungan dengan menggunakan perbandingan nilai *Provisional*

Tolerable Weekly Intake (PTWI) oleh organisasi dan lembaga pangan internasional *World Health Organization* (WHO) dan *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additive* (JEFCA). Batas konsumsi mingguan daging ikan dihitung dengan satuan kilogram (kg). Nilai toleransi terendah mingguan terdapat pada ikan *M. cordyla* dengan nilai konsumsi maksimal 0.36 ± 0.05 kg daging/minggu untuk jenis logam Hg. Pada logam Cd dan As nilai toleransi terendah terdapat pada ikan *S. ghorban* sebesar 9.91 ± 3.41 kg daging/minggu dan 0.28 ± 0.09 kg daging/minggu.

Nilai indeks *Total Hazard Quotient* (THQ) merupakan salah satu indeks yang digunakan untuk mengetahui risiko non karsinogenik dan karsinogenik terhadap kesehatan dari konsumsi ikan yang mengandung logam berat. Nilai THQ pada logam Hg hampir keseluruhan menunjukkan nilai dibawah 1 yang berarti tidak memiliki efek karsinogenik kecuali pada ikan *M. cordyla* yaitu sebesar 5.90 ± 0.79 . Nilai THQ pada logam Cd menunjukkan nilai yang tidak lebih dari angka 1 yang berarti tidak memiliki efek karsinogenik. Berbeda dengan nilai THQ pada logam Hg dan Cd, nilai THQ As keseluruhan menunjukkan nilai diatas angka 1 yang berarti memiliki efek karsinogenik terhadap manusia. Pada nilai *Hazard Indeks* (HI) menunjukkan pada seluruh jenis ikan memiliki nilai diatas angka 1 yang berarti dari penjumlahan seluruh logam berat di dalam tubuh ikan menunjukkan risiko berbahaya bagi tubuh manusia akibat akumulasi logam berat.

Carcinogenik Risk (CR) merupakan indeks yang digunakan untuk penilaian risiko kanker akibat paparan As. Dari seluruh sampel ikan yang digunakan, menunjukkan bahwa ikan dari Pasar Ikan Tanjungpandan memiliki risiko kanker apabila dikonsumsi dalam jangka panjang. Nilai yang diperoleh melebihi ketentuan nilai yang ditetapkan USEPA sebesar 10^{-5} . Nilai CR dari yang tertinggi hingga terendah yaitu pada ikan *S. ghorban* > *M. cordyla* > *R. kanagurta* > *K. cinerascens* sebesar 0.012 ± 0.004 > 0.009 ± 0.004 > 0.006 ± 0.001 > 0.005 ± 0.001 . Hal

tersebut sebanding dengan nilai THQ pada logam As yang menunjukkan keseluruhan memiliki nilai lebih dari 1.

Indeks *Health Benefit Value of Selenium* (HBVSe) menunjukkan paparan logam Hg pada ikan ketika terdapat Se di dalamnya. Nilai HBVSe pada penelitian ini memiliki nilai positif. Nilai positif diperoleh ketika nilai Se lebih besar dari Hg di dalam tubuh ikan, sehingga ikan di Pasar Ikan Tanjungpandan masih bisa dikategorikan aman konsumsi apabila dilihat dari paparan Hg dan Se di dalamnya.

Dari keseluruhan indeks yang telah dihitung, dapat diketahui bahwa ikan di Pasar ikan Tanjungpandan masih aman untuk di konsumsi apabila tidak melebihi batas aman konsumsi mingguannya, namun pada indeks CR menunjukkan adanya potensi paparan karsinogenik pada seluruh ikan apabila dikonsumsi terus menerus dalam jangka panjang. Jenis ikan yang dominan memiliki efek bagi tubuh manusia yaitu ikan *S. ghobban* diikuti *M. cordyla*, *R. kanagurta*, dan *K. cinerascens*. Jumlah konsumsi daging ikan mingguan dari Pasar Ikan Tanjungpandan yang mengandung logam Hg, Cd, As, dan Se yang direkomendasikan dari penelitian ini yaitu ikan *S. ghobban* sebanyak 0.28 kg/minggu, ikan *M. cordyla* sebanyak 0.36 kg/minggu, ikan *R. kanagurta* sebanyak 0.52 kg/minggu, dan ikan *K. cinerascens* sebesar 0.63 kg/minggu.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Konsentrasi logam berat Hg, Cd, As, dan Se pada ikan *S. ghobban*, *K. cinerascens*, *R. kanagurta*, dan *M. cordyla* memiliki konsentrasi yang bervariasi dari masing-masing jenis logamnya. Jenis logam yang melebihi ambang batas konsumsi yang ditetapkan SNI (2009) dan BPOM (2018) yaitu seluruh sampel pada logam Cd, dan As, serta Hg pada ikan *M. cordyla*.
2. Berdasarkan indeks keamanan pangan, ikan konsumsi di Pasar ikan Tanjungpandan masih aman untuk dikonsumsi. Namun, pada indeks *Carcinogenic Risk* menunjukkan adanya potensi paparan karsinogenik apabila dikonsumsi terus menerus dalam waktu yang lama. Rekomendasi batas aman konsumsi mingguan ikan konsumsi dari Pasar ikan Tanjungpandan yaitu ikan *S. ghobban* sebanyak 0.28 kg/minggu, ikan *M. cordyla* sebanyak 0.36 kg/minggu, ikan *R. kanagurta* sebanyak 0.52 kg/minggu, dan ikan *K. cinerascens* sebesar 0.63 kg/minggu. Kelayakan konsumsi tidak bisa hanya diperhitungkan dengan menggunakan indeks kesehatan saja, namun perlu dilakukan tes kesehatan seperti cek darah, urin dan rambut untuk mengetahui risiko yang sebenarnya dari konsumsi ikan.

5.2 Saran

Penelitian mengenai penilaian keamanan pangan ikan konsumsi di Pasar Ikan Tanjungpandan, Belitung masih jarang dilakukan. Oleh sebab itu, diperlukan penelitian secara lanjut pada ikan konsumsi dengan jenis yang berbeda. Selain itu, perhitungan tingkat risiko juga penting dilakukan dengan tes kesehatan

terhadap orang yang mengonsumsi ikan agar diketahui tingkat paparan logam berat di dalam tubuh secara nyata dengan menggunakan nilai tingkat konsumsi ikan sesungguhnya di Belitung.



DAFTAR PUSTAKA

- Agusa, T., Kunito, T., Sudaryanto, A., Monirith, I., Kan-Atireklap, S., Iwata, H., Ismail, A., Sanguansin, J., Muchtar, M., Tana, T.S., Tanabe, S., 2007. Exposure assessment for trace elements from consumption of marine fish in Southeast Asia. *Environ. Pollut.* 145, 766–777. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.04.034>
- Agustina, T., 2014. Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya pada Kesehatan. *Teknobuga* 1, 13.
- Akbar, A.W., Daud, A., Mallongi, A., 2014. Analisis Risiko Lingkungan Logam Berat Cadmium (Cd) pada Sedimen Air Laut di Wilayah Pesisir Kota Makassar.
- Ariansyah, K.A., Yulianti, K., J, S.H.R., 2012. Kemplang di Desa Tebing Gerinting Utara, Kecamatan Indralaya Selatan, Kabupaten Ogan Ilir. *Fistech* 1, 9.
- Azhar, H., Ita Widowati, Jusup Suprijanto, 2012. Studi Kandungan Logam Berat Pb, Cu, Cd, Cr pada Kerang Sumping (*Amusium pleuronectes*), Air dan Sedimen di Perairan Wedung, Demak Serta Analisis Maximum Tolerable Intake pada Manusia. *J. Mar. Res.* 1, 35–44.
- Bahar, S.N., Daud, A., 2012. Risiko Paparan Arsen pada Masyarakat Sekitar Sungai Pangkajene Kecamatan Bungoro Kabupaten Pangkep. *UNHAS* 12.
- Barik, F., Afiati, N., Widyorini, N., 2014. Kajian Kandungan Natrium (Na) dan Logam Berat Timbal (Pb) pada Jaringan Kerang Darah (*Anadara granosa* (L.)) dari Perairan Tanjung Emas Semarang dan Perairan Wedung Demak 3, 9.
- BPOM. 2018. Peraturan Badan pengawas Obat dan Makanan Nomor 5 Tahun 2018 Tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Berat dalam Pangan Olahan.
- Budiono, A., 2003. Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air. *Makal. Pengantar Falsafah Sains*.
- Budyanto, F., 2011. Arsenik dan Senyawa Arsenik: Sumber, Toksisitas dan Sifat da Alam. *Oseana* XXXVI, 23–30.
- Cheng, Z., Chen, K.-C., Li, K.-B., Nie, X.-P., Wu, S.C., Wong, C.K.-C., Wong, M.-H., 2013. Arsenic contamination in the freshwater fish ponds of Pearl River Delta: bioaccumulation and health risk assessment. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 4484–4495. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1382-2>
- Chodriyah, U., 2018. Hubungan panjang bobot dan faktor kondisi ikan banyar (*Rastrelliger kanagurta*) yang didaratkan di Rembang, Jawa Tengah 7.
- Chouvelon, T., Warnau, M., Churlaud, C., Bustamante, P., 2009. Hg concentrations and related risk assessment in coral reef crustaceans,

- molluscs and fish from New Caledonia. *Environ. Pollut.* 157, 331–340. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.06.027>
- El Nemr, A., El-Said, G.F., Ragab, S., Khaled, A., El-Sikaily, A., 2016. The distribution, contamination and risk assessment of heavy metals in sediment and shellfish from the Red Sea coast, Egypt. *Chemosphere* 165, 369–380. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.09.048>
- Fakhri, Y., Saha, N., Miri, A., Baghaei, M., Roomiani, L., Ghaderpoori, M., Taghavi, M., Keramati, H., Bahmani, Z., Moradi, B., Bay, A., Pouya, R.H., 2018. Metal concentrations in fillet and gill of parrotfish (*Scarus ghobban*) from the Persian Gulf and implications for human health. *Food Chem. Toxicol.* 118, 348–354. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.05.041>
- Fishbase. 2018. <http://www.fishbase.org/search.php>
- FISHER, W. & P. J. P. WHITEHEAD. 1974. Eastern Indian Ocean and Western Central Pacific, Vol. i, Rome.
- Genisa, A.S., 1999. Pengenalan Jenis-Jenis Ikan Laut Ekonomis Penting di Indonesia. *Oseana XXIV*, 17–38.
- Hananingtyas, I., 2017. Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus* sp.) di Pantai Utara Jawa. *BIOTROPIC J. Trop. Biol.* 1, 41–50. <https://doi.org/10.29080/biotropic.2017.1.2.41-50>
- ILPPD, 2017. Informasi Laporan Penyelenggaraan Pemerintah Daerah. Pemerintah Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.
- JECFA 960. 2011. Evaluation of certain food additives and contaminants. World Health Organization. Geneva, Switzerland.
- JECFA 959. 2011. Evaluation of certain food additives and contaminants. World Health Organization. Geneva, Switzerland.
- Jiao, Y., Chen, J., Li, W., Liu, Y., Xin, C., Yang, L., 2018. Trace elements concentrations in squids consumed in Shandong Province China and their associated risks to the human health. *Mar. Pollut. Bull.* 128, 267–274. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.038>
- Koesmawati, T.A., Suratno, S., Cordova, M.R., 2018. Preliminary assessment of mercury, arsenic and selenium content in fish from Batam Island Indonesia. Presented at the SolarPACES 2017: International Conference on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems, Santiago, Chile, p. 020022. <https://doi.org/10.1063/1.5064308>
- Liu, Y., Liu, G., Yuan, Z., Liu, H., Lam, P.K.S., 2018. Heavy metals (As, Hg and V) and stable isotope ratios ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$) in fish from Yellow River Estuary, China. *Sci. Total Environ.* 613–614, 462–471. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.088>
- Maddusa, S.S., Papatungan, M.G., Syarifuddin, A.R., Maambuat, J., Alla, G., 2017. KANDUNGAN LOGAM BERAT TIMBAL (Pb), MERKURI (Hg), ZINK

(Zn) DAN ARSEN (As) PADA IKAN DAN AIR SUNGAI TONDANO, SULAWESI UTARA 7.

- Mirawati, F., Supriyantini, E., Nuraini, R.A.T., 2016. Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Trimulyo Dan Mangunharjo Semarang. *Bul. OSEANOGRAFI* Mar. 5, 121. <https://doi.org/10.14710/buloma.v5i2.15731>
- Miri, M., Akbari, E., Amrane, A., Jafari, S.J., Eslami, H., Hoseinzadeh, E., Zarrabi, M., Salimi, J., Sayyad-Arbabi, M., Taghavi, M., 2017. Health risk assessment of heavy metal intake due to fish consumption in the Sistan region, Iran. *Environ. Monit. Assess.* 189. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6286-7>
- Mziray, P., Kimirei, I.A., 2016. Bioaccumulation of heavy metals in marine fishes (*Siganus sutor*, *Lethrinus harak*, and *Rastrelliger kanagurta*) from Dar es Salaam Tanzania. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 7, 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2016.05.014>
- Nippon Instruments Corporation, 2015. [NIC] Nippon Instruments Corporation. 2015. Fully-automatic Thermal Vaporization Mercury Analysis System Mercury/MA-3000 Instruction Manual. Osaka (ID): NIC.
- Nurrachmi, Irvina dan Bintal Amin., 2010. Kandungan Logam Cd, Cu, Pb dan Zn pada Ikan Gulama (*Sciaena ruselli*) dari Perairan Dumai, Riau: Amankah Untuk Dikonsumsi?
- Ogbomida, E.T., Nakayama, S.M.M., Bortey-Sam, N., Oroszlany, B., Tongo, I., Enuneku, A.A., Ozekeke, O., Ainerua, M.O., Fasipe, I.P., Ezemonye, L.I., Mizukawa, H., Ikenaka, Y., Ishizuka, M., 2018. Accumulation patterns and risk assessment of metals and metalloid in muscle and offal of free-range chickens, cattle and goat in Benin City, Nigeria. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 151, 98–108. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.069>
- Paundanan, M., Anwar, S., 2015. Heavy Metals Contamination Mercury (Hg) and Lead (Pb) in Water, Sediment and Torpedo Scad Fish (*Megalaspis cordyla* L) in Palu Bay, Sentral Sulawesi). *J. Nat. Resour. Environ. Manag.* 5, 161–168. <https://doi.org/10.19081/jpsl.5.2.161>
- PIPP. 2019. Pusat Informasi Pelabuhan Perikanan. http://pippp.djpt.kkp.go.id/profil_pelabuhan/1304/informasi
- Priyanto, N., Murtini, J.T., 2006. Kandungan Merkuri dalam Ikan Konsumsi di Wilayah Bantul dan Yogyakarta. *J. Pascapanen Dan Bioteknologi Kelaut. Dan Perikanan.* 1, 135–141.
- Purbalisa, S.W., Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, S. Harsanti, E., Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, 2019. Assessment of Heavy Metal Contamination Risk in Rice Field and Rice Plant in Brantas Watershed, Jombang Regency. *J. Tanah Dan Sumberd. Lahan* 06, 1033–1042. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2019.006.1.2>
- Putranto, T.T., 2011. Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air Tanah. *TEKNIK* 32, 10.

- Ralston, N.V.C., Ralston, C.R., Raymond, L.J., 2016. Selenium Health Benefit Values: Updated Criteria for Mercury Risk Assessments. *Biol. Trace Elem. Res.* 171, 262–269. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0516-z>
- Rosli, M.N.R., Samat, S.B., Yasir, M.S., Yusof, M.F.M., 2018. Analysis of Heavy Metal Accumulation in Fish at Terengganu Coastal Area, Malaysia. *Sains Malays.* 47, 1277–1283. <https://doi.org/10.17576/jsm-2018-4706-24>
- Saha, N., Mollah, M.Z.I., Alam, M.F., Safiur Rahman, M., 2016. Seasonal investigation of heavy metals in marine fishes captured from the Bay of Bengal and the implications for human health risk assessment. *Food Control* 70, 110–118. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.05.040>
- Sahetapy, J.M., 2011. Toksisitas Logam Berat Timbal (Pb) dan Pengaruhnya pada Konsumsi Oksigen dan Respon Hematologi Juvenil Ikan Kerapu Macan. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sembiring, R., 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Hg, Cd, dan Pb pada Daging Kijing Lokal (*Pilsbryoconcha exilis*) dari Perairan Situ gede, Bogor. Skripsi Dep. Teknol. Perair. FPIK ITB.
- SNI 2354, 2006. Carauji kimia - Bagian 2: Penentuan kadar air pada produk perikanan
- SNI 7387, 2009. Batas maksimum cemaran logam dalam pangan, BSN, Jakarta.
- Sudarmaji, Mukono, J., I.P., C., 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya terhadap Kesehatan. *J. Kesehat. Lingkung.* 2, 129–142.
- Sundari, D., Miko Hananto, Suharjo, 2016. Kandungan Logam Berat dalam Bahan Pangan di Kawasan Industri Kilang Minyak, Dumai. *Bul. Penelit. Sist. Kesehat.* 19, 55–61.
- Suprpti, N.H., 1999. Kandunġan Cadmium Pada Perairan dan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*, Forskal) di Wilayah Pantai Sekitar Muara Sungai Babon Semarang , Jana Tengah, Indonesia *). *J. Kim. Sains Dan Apl.* 2, 7–2.
- Suprianto, C., Samin, Z. Kamal, 2007. Analisis Cemaran Logam Berat Pb, Cu, dan Cd pada Ikan Air Tawar dengan Metode Spektrometri Nyala Serapan Atom (SSA). *Semin. Nas. III SDM Teknol. Nukl. Yogyakarta.*
- Suratno, Cordova, M.R., Arinda, S., 2017. Kandungan Merkuri dalam Ikan Konsumsi di Wilayah Bantul dan Yogyakarta. *Oceanologi Dan Limnol. Indones.* 2, 15–23.
- Suratno, S., Puspitasari, R., 2018. Health benefit value selenium (HBV-Se): A food safety index from mercury (Hg) contamination in marine fish consumption. Presented at the SolarPACES 2017: International Conference on Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems, Santiago, Chile, p. 020023. <https://doi.org/10.1063/1.5064309>
- Susanto, E., Fahmi, A.S., n.d. Senyawa Fungsional dari Ikan: Aplikasinya dalam Pangan. *J. Apl. Teknol. Pangan* 1.

- Susanto, T.M., Sunarjanto, D., Andayani, A., 2015. Distribusi Logam Berat pada Sedimen di Perairan Muara dan Laut 10, 12.
- Thermo Scientific. 2008. Food Safety Series - Accurate analysis of low levels of mercury in fish by vapor generation AA. application note:40992
- Ulusoy, Ş., Mol, S., Karakulak, F.S., Kahraman, A.E., 2018. Selenium-Mercury Balance in Commercial Fish Species from the Turkish Waters. Biol. Trace Elem. Res. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1609-2>
- Utami, M.N.F., Redjeki, S., Endang Supriyantini, 2014. Komposisi Isi Lambung Ikan Kembung (*Rastrelliger kanugarta*) di Rembang. J. Mar. Res. 2, 99–106.
- Varghese, M., Balachandran, K., Kasinathan, C., 2009. Length-weight relationship and relative condition of *Scarus ghobban* Forsskal, 1775 from Palk Bay. Indian J Fish 56, 323–324.
- Widaningrum, Miskiyah, Suismono, 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. Bul. Teknol. Pascapanen Pertan. 3.
- WEBER, M and L.F. DE BEAUFORT. 1929. The fishes of the Indo-Australia Archipelago, Leiden, E. J.Brill 4 : 410 pp.
- Zheng, N., Wang, Q., Zhang, X., Zheng, D., Zhang, Z., Zhang, S., 2007. Population health risk due to dietary intake of heavy metals in the industrial area of Huludao city, China. Sci. Total Environ. 387, 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.07.044>
- Zodape.G. V., Dhawan.V.L, Wagh.R.R, Sawant.A.S, 2011. Contamination of heavy metals in seafood marketed from Vile Parle and Dadar markets of suburban areas of Mumbai (west coast of) India. Int. J. Environ. Sci. 1.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Morfometrik ikan *S. ghobban*

No.	Spesies	Panjang (cm)	Berat (g)
1	<i>Scarus ghobban</i> 1	22.5	196
2	<i>Scarus ghobban</i> 2	23	202
3	<i>Scarus ghobban</i> 3	22	163
4	<i>Scarus ghobban</i> 4	24	223
5	<i>Scarus ghobban</i> 5	24.5	237

Lampiran 2 Morfometrik ikan *K. cinerascens*

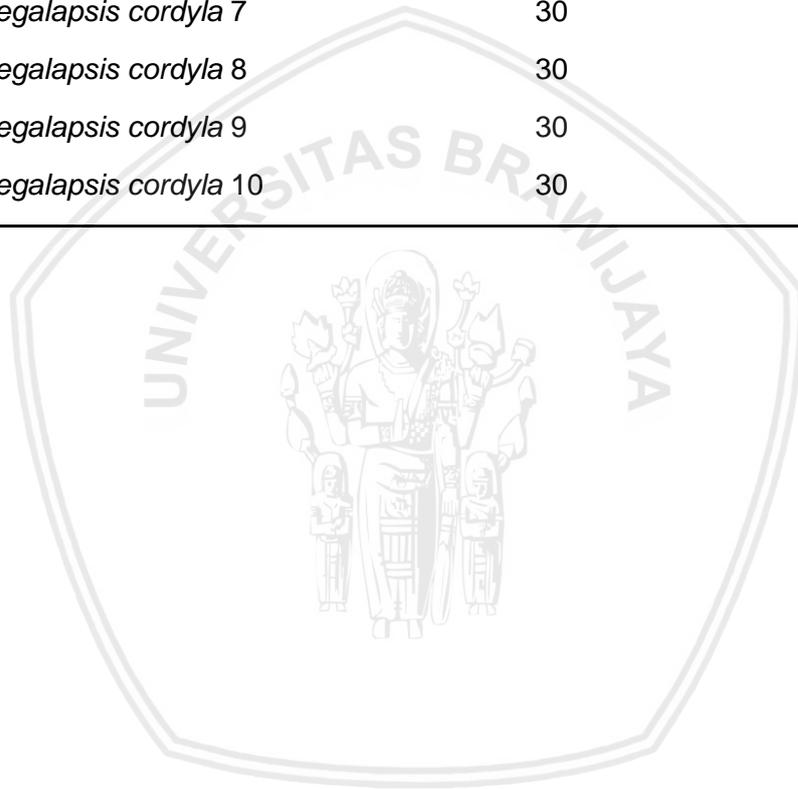
No.	Spesies	Panjang (cm)	Berat (g)
1	<i>Kyphosus cinerascens</i> 1	40	1126
2	<i>Kyphosus cinerascens</i> 2	35	856
3	<i>Kyphosus cinerascens</i> 3	37	879
4	<i>Kyphosus cinerascens</i> 4	30	591

Lampiran 3 Morfometrik ikan *R. kanagurta*

No.	Spesies	Panjang (cm)	Berat (g)
1	<i>Rastrelliger kanagurta</i> 1	23	145
2	<i>Rastrelliger kanagurta</i> 2	23	140
3	<i>Rastrelliger kanagurta</i> 3	22	121
4	<i>Rastrelliger kanagurta</i> 4	23	145
5	<i>Rastrelliger kanagurta</i> 5	23	140
6	<i>Rastrelliger kanagurta</i> 6	24	167
7	<i>Rastrelliger kanagurta</i> 7	23	136
8	<i>Rastrelliger kanagurta</i> 8	23	142
9	<i>Rastrelliger kanagurta</i> 9	23.5	149
10	<i>Rastrelliger kanagurta</i> 10	24	150

Lampiran 4 Morfometrik ikan *M. cordyla*

No.	Spesies	Panjang (cm)	Berat (g)
1	<i>Megalapsis cordyla</i> 1	31	360
2	<i>Megalapsis cordyla</i> 2	31	364
3	<i>Megalapsis cordyla</i> 3	31	344
4	<i>Megalapsis cordyla</i> 4	31	349
5	<i>Megalapsis cordyla</i> 5	30	340
6	<i>Megalapsis cordyla</i> 6	30	338
7	<i>Megalapsis cordyla</i> 7	30	328
8	<i>Megalapsis cordyla</i> 8	30	314
9	<i>Megalapsis cordyla</i> 9	30	302
10	<i>Megalapsis cordyla</i> 10	30	332



Lampiran 5 Sampel ikan yang diamati

Spesies	Gambar
<i>Scarrus ghobban</i>	
<i>Kyphosus cinerascens</i>	
<i>Rastrelliger kanagurta</i>	
<i>Megalaspis cordyla</i>	

Lampiran 6 Dokumentasi penelitian



a) Sampel halus



b) Microwave digestion



c) ICP OES



d) Vessel



e) Timbangan sartorius



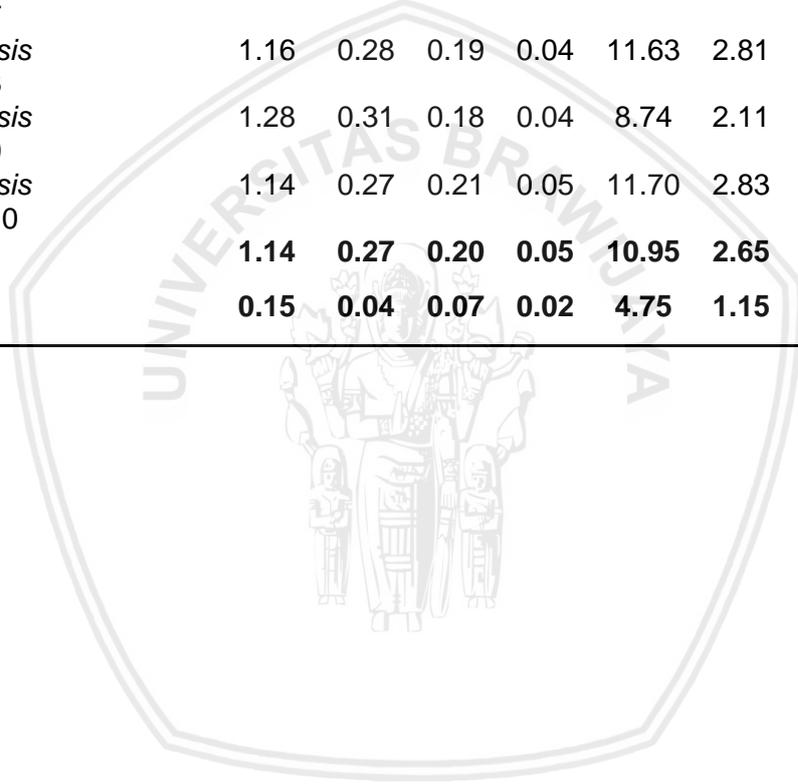
f) Mortar dan alu

Lampiran 7 Data konsentrasi logam berat

ID Sampel	MC %	Hg (ug/g)		Cd (ug/g)		As (ug/g)		Se (ug/g)	
		DW	WW	DW	WW	DW	WW	DW	WW
<i>Scarus ghobban</i> 1	78.85	0.08	0.02	0.19	0.04	14.71	3.11	6.19	1.31
<i>Scarus ghobban</i> 2		0.05	0.01	0.17	0.04	13.24	2.80	5.72	1.21
<i>Scarus ghobban</i> 3		0.06	0.01	0.26	0.05	20.24	4.28	4.10	0.87
<i>Scarus ghobban</i> 4		0.05	0.01	0.14	0.03	10.64	2.25	6.34	1.34
<i>Scarus ghobban</i> 5		0.07	0.01	0.36	0.08	27.10	5.73	5.75	1.22
Mean		0.06	0.01	0.22	0.05	17.19	3.64	5.62	1.19
Stdev		0.01	0.00	0.09	0.02	6.56	1.39	0.89	0.19
<i>Kyphosus cinerascens</i> 1	77.14	0.02	0.01	0.11	0.03	6.58	1.50	2.75	0.63
<i>Kyphosus cinerascens</i> 2		0.01	0.00	0.14	0.03	8.83	2.02	2.92	0.67
<i>Kyphosus cinerascens</i> 3		0.06	0.01	0.08	0.02	4.96	1.13	3.66	0.84
<i>Kyphosus cinerascens</i> 4		0.02	0.00	0.09	0.02	5.78	1.32	4.55	1.04
Mean		0.03	0.01	0.11	0.02	6.54	1.49	3.47	0.79
Stdev		0.02	0.01	0.03	0.01	1.67	0.38	0.82	0.19
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 1	76.63	0.15	0.04	0.13	0.03	9.58	2.24	5.21	1.22
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 2		0.19	0.04	0.11	0.03	5.93	1.39	6.95	1.62
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 3		0.16	0.04	0.17	0.04	11.11	2.60	6.09	1.42
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 4		0.17	0.04	0.13	0.03	7.28	1.70	7.31	1.71
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 5		0.14	0.03	0.11	0.03	7.03	1.64	7.28	1.70
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 6		0.15	0.03	0.13	0.03	8.20	1.92	5.88	1.37
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 7		0.16	0.04	0.15	0.03	9.88	2.31	6.50	1.52
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 8		0.18	0.04	0.12	0.03	7.75	1.81	6.35	1.48
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 9		0.16	0.04	0.14	0.03	8.38	1.96	6.34	1.48
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 10		0.15	0.04	0.07	0.02	4.38	1.02	7.24	1.69
Mean		0.16	0.04	0.13	0.03	7.95	1.86	6.51	1.52
Stdev		0.01	0.00	0.03	0.01	1.97	0.46	0.69	0.16
<i>Megalapsis</i>	75.85	1.37	0.33	0.28	0.07	13.80	3.33	5.00	1.21



ID Sampel	MC %	Hg (ug/g)		Cd (ug/g)		As (ug/g)		Se (ug/g)	
		DW	WW	DW	WW	DW	WW	DW	WW
<i>cordyla 1</i>									
<i>Megalapsis cordyla 2</i>		1.15	0.28	0.10	0.03	2.83	0.68	4.26	1.03
<i>Megalapsis cordyla 3</i>		1.32	0.32	0.22	0.05	12.89	3.11	4.98	1.20
<i>Megalapsis cordyla 4</i>		1.07	0.26	0.08	0.02	2.95	0.71	4.27	1.03
<i>Megalapsis cordyla 5</i>		0.93	0.22	0.25	0.06	15.64	3.78	5.41	1.31
<i>Megalapsis cordyla 6</i>		0.94	0.23	0.30	0.07	16.40	3.96	4.24	1.02
<i>Megalapsis cordyla 7</i>		1.02	0.25	0.21	0.05	12.93	3.12	5.25	1.27
<i>Megalapsis cordyla 8</i>		1.16	0.28	0.19	0.04	11.63	2.81	4.70	1.14
<i>Megalapsis cordyla 9</i>		1.28	0.31	0.18	0.04	8.74	2.11	3.77	0.91
<i>Megalapsis cordyla 10</i>		1.14	0.27	0.21	0.05	11.70	2.83	4.26	1.03
Mean		1.14	0.27	0.20	0.05	10.95	2.65	4.61	1.11
Stdev		0.15	0.04	0.07	0.02	4.75	1.15	0.53	0.13



Lampiran 8 Data *Estimated Daily Intake*

Spesies	Hg	Cd	As
<i>Scarus ghobban</i> 1	0.000036	0.000086	0.006572
<i>Scarus ghobban</i> 2	0.000024	0.000075	0.005914
<i>Scarus ghobban</i> 3	0.000028	0.000116	0.009044
<i>Scarus ghobban</i> 4	0.000022	0.000062	0.004755
<i>Scarus ghobban</i> 5	0.000031	0.000160	0.012107
Mean	0.000028	0.000100	0.007678
Stdev	0.000005	0.000039	0.002931
<i>Kyphosus cinerascens</i> 1	0.000011	0.000051	0.002941
<i>Kyphosus cinerascens</i> 2	0.000006	0.000064	0.003946
<i>Kyphosus cinerascens</i> 3	0.000028	0.000036	0.002215
<i>Kyphosus cinerascens</i> 4	0.000007	0.000041	0.002585
Mean	0.000013	0.000048	0.002922
Stdev	0.000010	0.000012	0.000744
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 1	0.000068	0.000060	0.004278
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 2	0.000083	0.000049	0.002649
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 3	0.000073	0.000075	0.004966
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 4	0.000077	0.000059	0.003252
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 5	0.000064	0.000050	0.003142
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 6	0.000067	0.000060	0.003662
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 7	0.000071	0.000065	0.004416
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 8	0.000079	0.000053	0.003463
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 9	0.000070	0.000061	0.003745
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 10	0.000068	0.000030	0.001956
Mean	0.000072	0.000056	0.003553
Stdev	0.000006	0.000012	0.000879
<i>Megalapsis cordyla</i> 1	0.000612	0.000126	0.006168
<i>Megalapsis cordyla</i> 2	0.000512	0.000047	0.001265
<i>Megalapsis cordyla</i> 3	0.000588	0.000101	0.005760
<i>Megalapsis cordyla</i> 4	0.000479	0.000034	0.001320
<i>Megalapsis cordyla</i> 5	0.000414	0.000111	0.006989
<i>Megalapsis cordyla</i> 6	0.000418	0.000134	0.007326
<i>Megalapsis cordyla</i> 7	0.000457	0.000093	0.005775
<i>Megalapsis cordyla</i> 8	0.000519	0.000083	0.005195
<i>Megalapsis cordyla</i> 9	0.000570	0.000079	0.003906
<i>Megalapsis cordyla</i> 10	0.000508	0.000096	0.005226
Mean	0.000508	0.000090	0.004893
Stdev	0.000068	0.000031	0.002123



Lampiran 9 Data *Maximum Tolerable Intake*

Spesies	Hg	Cd	As
<i>Scarus ghobban</i> 1	5.68	10.29	0.29
<i>Scarus ghobban</i> 2	8.30	11.78	0.32
<i>Scarus ghobban</i> 3	7.28	7.68	0.21
<i>Scarus ghobban</i> 4	9.17	14.23	0.40
<i>Scarus ghobban</i> 5	6.61	5.54	0.16
Mean	7.41	9.91	0.28
Stdev	1.37	3.41	0.09
<i>Kyphosus cinerascens</i> 1	17.73	16.07	0.60
<i>Kyphosus cinerascens</i> 2	32.51	12.81	0.45
<i>Kyphosus cinerascens</i> 3	6.78	22.86	0.79
<i>Kyphosus cinerascens</i> 4	26.33	19.98	0.68
Mean	20.84	17.93	0.63
Stdev	11.16	4.40	0.15
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 1	2.69	13.46	0.40
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 2	2.21	16.41	0.65
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 3	2.53	10.68	0.35
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 4	2.37	13.70	0.53
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 5	2.86	16.16	0.55
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 6	2.76	13.32	0.47
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 7	2.58	12.38	0.39
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 8	2.33	15.22	0.50
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 9	2.62	13.16	0.46
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 10	2.71	26.39	0.88
Mean	2.57	15.09	0.52
Stdev	0.21	4.33	0.15
<i>Megalapsis cordyla</i> 1	0.29	6.18	0.27
<i>Megalapsis cordyla</i> 2	0.35	16.59	1.32
<i>Megalapsis cordyla</i> 3	0.30	7.73	0.29
<i>Megalapsis cordyla</i> 4	0.37	22.72	1.26
<i>Megalapsis cordyla</i> 5	0.43	7.02	0.24
<i>Megalapsis cordyla</i> 6	0.42	5.81	0.23
<i>Megalapsis cordyla</i> 7	0.39	8.38	0.29
<i>Megalapsis cordyla</i> 8	0.34	9.36	0.32
<i>Megalapsis cordyla</i> 9	0.31	9.89	0.43
<i>Megalapsis cordyla</i> 10	0.35	8.11	0.32
Mean	0.36	10.18	0.50
Stdev	0.05	5.35	0.42

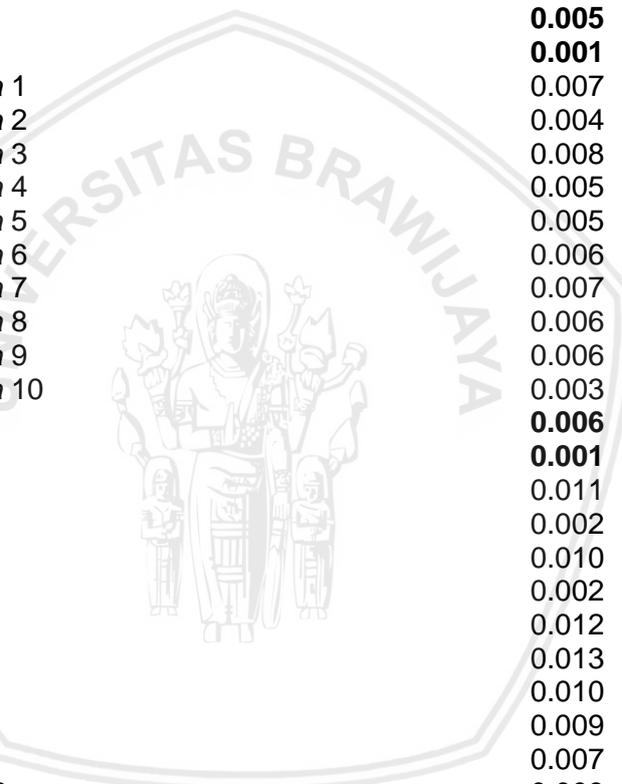
Lampiran 10 Data Target Hazard Quotient dan Hazard Index

Spesies	Hg	Cd	As	HI
<i>Scarus ghobban</i> 1	0.36	0.09	22.28	22.73
<i>Scarus ghobban</i> 2	0.25	0.08	20.05	20.38
<i>Scarus ghobban</i> 3	0.28	0.12	30.66	31.06
<i>Scarus ghobban</i> 4	0.22	0.06	16.12	16.41
<i>Scarus ghobban</i> 5	0.31	0.16	41.04	41.52
Mean	0.29	0.10	26.03	26.42
Stdev	0.05	0.04	9.94	10.03
<i>Kyphosus cinerascens</i> 1	0.12	0.06	10.77	10.95
<i>Kyphosus cinerascens</i> 2	0.06	0.07	14.45	14.59
<i>Kyphosus cinerascens</i> 3	0.30	0.04	8.11	8.46
<i>Kyphosus cinerascens</i> 4	0.08	0.05	9.47	9.59
Mean	0.14	0.05	10.70	10.90
Stdev	0.11	0.01	2.73	2.85
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 1	0.77	0.07	16.02	16.86
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 2	0.93	0.05	9.92	10.91
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 3	0.82	0.08	18.60	19.50
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 4	0.87	0.07	12.18	13.11
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 5	0.72	0.06	11.77	12.55
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 6	0.75	0.07	13.71	14.53
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 7	0.80	0.07	16.54	17.41
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 8	0.88	0.06	12.97	13.91
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 9	0.79	0.07	14.02	14.88
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 10	0.76	0.03	7.33	8.12
Mean	0.81	0.06	13.31	14.18
Stdev	0.07	0.01	3.29	3.37
<i>Megalapsis cordyla</i> 1	7.11	0.15	23.87	31.13
<i>Megalapsis cordyla</i> 2	5.95	0.05	4.90	10.90
<i>Megalapsis cordyla</i> 3	6.82	0.12	22.30	29.24
<i>Megalapsis cordyla</i> 4	5.56	0.04	5.11	10.71
<i>Megalapsis cordyla</i> 5	4.81	0.13	27.05	31.99
<i>Megalapsis cordyla</i> 6	4.85	0.16	28.36	33.37
<i>Megalapsis cordyla</i> 7	5.31	0.11	22.35	27.77
<i>Megalapsis cordyla</i> 8	6.02	0.10	20.11	26.23
<i>Megalapsis cordyla</i> 9	6.62	0.09	15.12	21.83
<i>Megalapsis cordyla</i> 10	5.90	0.11	20.23	26.24
Mean	5.90	0.10	18.94	24.94
Stdev	0.79	0.04	8.22	9.04



Lampiran 11 Data Carcinogenic Risk

Spesies	CR
<i>Scarus ghobban</i> 1	0.010
<i>Scarus ghobban</i> 2	0.009
<i>Scarus ghobban</i> 3	0.014
<i>Scarus ghobban</i> 4	0.007
<i>Scarus ghobban</i> 5	0.018
Mean	0.012
Stdev	0.004
<i>Kyphosus cinerascens</i> 1	0.005
<i>Kyphosus cinerascens</i> 2	0.007
<i>Kyphosus cinerascens</i> 3	0.004
<i>Kyphosus cinerascens</i> 4	0.004
Mean	0.005
Stdev	0.001
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 1	0.007
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 2	0.004
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 3	0.008
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 4	0.005
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 5	0.005
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 6	0.006
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 7	0.007
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 8	0.006
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 9	0.006
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 10	0.003
Mean	0.006
Stdev	0.001
<i>Megalapsis cordyla</i> 1	0.011
<i>Megalapsis cordyla</i> 2	0.002
<i>Megalapsis cordyla</i> 3	0.010
<i>Megalapsis cordyla</i> 4	0.002
<i>Megalapsis cordyla</i> 5	0.012
<i>Megalapsis cordyla</i> 6	0.013
<i>Megalapsis cordyla</i> 7	0.010
<i>Megalapsis cordyla</i> 8	0.009
<i>Megalapsis cordyla</i> 9	0.007
<i>Megalapsis cordyla</i> 10	0.009
Mean	0.009
Stdev	0.004



Lampiran 12 Data Health Benefit Value of Selenium

ID Sampel	Se (ug/g)		$\mu\text{mol/kg}$		Hg (ug/g)		([Se-Hg]/Se)	(Se+Hg)	HBVSe Index
	DW	WW	Se $\mu\text{mol/kg}$	Hg $\mu\text{mol/kg}$	DW	WW			
<i>Scarus ghobban</i> 1	6.19	1.31	16.58	0.08	0.08	0.02	0.99	16.67	16.58
<i>Scarus ghobban</i> 2	5.72	1.21	15.32	0.06	0.05	0.01	1.00	15.38	15.32
<i>Scarus ghobban</i> 3	4.10	0.87	10.99	0.07	0.06	0.01	0.99	11.06	10.99
<i>Scarus ghobban</i> 4	6.34	1.34	17.00	0.05	0.05	0.01	1.00	17.05	17.00
<i>Scarus ghobban</i> 5	5.75	1.22	15.42	0.07	0.07	0.01	1.00	15.49	15.42
Mean	5.62	1.19	15.06	0.07	0.06	0.01	1.00	15.13	15.06
Stdev	0.89	0.19	2.39	0.01	0.01	0.00	0.001	2.388	2.388
<i>Kyphosus cinerascens</i> 1	2.75	0.63	7.97	0.03	0.02	0.01	1.00	7.99	7.97
<i>Kyphosus cinerascens</i> 2	2.92	0.67	8.45	0.01	0.01	0.00	1.00	8.47	8.45
<i>Kyphosus cinerascens</i> 3	3.66	0.84	10.59	0.07	0.06	0.01	0.99	10.66	10.59
<i>Kyphosus cinerascens</i> 4	4.55	1.04	13.16	0.02	0.02	0.00	1.00	13.18	13.16
Mean	3.47	0.79	10.04	0.03	0.03	0.01	1.00	10.08	10.04
Stdev	0.82	0.19	2.37	0.03	0.02	0.01	0.00	2.37	2.37
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 1	5.21	1.22	15.42	0.18	0.15	0.04	0.99	15.59	15.41
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 2	6.95	1.62	20.56	0.22	0.19	0.04	0.99	20.78	20.56

ID Sampel	Se (ug/g)		$\mu\text{mol/kg}$		Hg (ug/g)		([Se-Hg]/Se)	(Se+Hg)	HBVSe Index
	DW	WW	Se $\mu\text{mol/kg}$	Hg $\mu\text{mol/kg}$	DW	WW			
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 3	6.09	1.42	18.02	0.19	0.16	0.04	0.99	18.21	18.02
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 4	7.31	1.71	21.63	0.20	0.17	0.04	0.99	21.83	21.63
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 5	7.28	1.70	21.56	0.17	0.14	0.03	0.99	21.72	21.55
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 6	5.88	1.37	17.40	0.17	0.15	0.03	0.99	17.57	17.40
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 7	6.50	1.52	19.25	0.19	0.16	0.04	0.99	19.44	19.25
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 8	6.35	1.48	18.79	0.21	0.18	0.04	0.99	19.00	18.79
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 9	6.34	1.48	18.76	0.18	0.16	0.04	0.99	18.94	18.75
<i>Rastrelliger kanagurta</i> 10	7.24	1.69	21.42	0.18	0.15	0.04	0.99	21.59	21.42
Mean	6.51	1.52	19.28	0.19	0.16	0.04	0.99	19.47	19.28
Stdev	0.69	0.16	2.04	0.02	0.01	0.00	0.00	2.04	2.04
<i>Megalapsis cordyla</i> 1	5.00	1.21	15.30	1.65	1.37	0.33	0.89	16.95	15.12
<i>Megalapsis cordyla</i> 2	4.26	1.03	13.03	1.38	1.15	0.28	0.89	14.41	12.88
<i>Megalapsis cordyla</i> 3	4.98	1.20	15.23	1.58	1.32	0.32	0.90	16.81	15.06
<i>Megalapsis cordyla</i> 4	4.27	1.03	13.06	1.29	1.07	0.26	0.90	14.36	12.94
<i>Megalapsis</i>	5.41	1.31	16.55	1.12	0.93	0.22	0.93	17.67	16.48

ID Sampel	Se (ug/g)		$\mu\text{mol/kg}$		Hg (ug/g)		([Se-Hg]/Se)	(Se+Hg)	HBVSe Index
	DW	WW	Se $\mu\text{mol/kg}$	Hg $\mu\text{mol/kg}$	DW	WW			
<i>cordyla 5</i> <i>Megalapsis cordyla 6</i>	4.24	1.02	12.96	1.13	0.94	0.23	0.91	14.08	12.86
<i>Megalapsis cordyla 7</i> <i>Megalapsis cordyla 8</i>	5.25	1.27	16.07	1.23	1.02	0.25	0.92	17.30	15.98
<i>Megalapsis cordyla 9</i> <i>Megalapsis cordyla 10</i>	4.70	1.14	14.38	1.40	1.16	0.28	0.90	15.78	14.24
<i>Megalapsis cordyla 10</i>	3.77	0.91	11.52	1.54	1.28	0.31	0.87	13.05	11.31
<i>Megalapsis cordyla 10</i>	4.26	1.03	13.02	1.37	1.14	0.27	0.89	14.39	12.88
Mean	4.61	1.11	14.11	1.37	1.14	0.27	0.90	15.48	13.97
Stdev	0.53	0.13	1.63	0.18	0.15	0.04	0.02	1.62	1.65

