

TESIS

**ANALISIS RISIKO PAJANAN MIKROPLASTIK MELALUI
KONSUMSI IKAN CAKALANG (*Euthynnus Affinis*) PADA
PEDAGANG IKAN DIKAWASAN PESISIR
KELURAHAN TANAH BERU KECEMATAN BONTOBAHARI
KABUPATEN BULUKUMBA
TAHUN 2021**

**ANALYSIS MICROPLASTIC EXPOSURE RISK THROUGH
CONSUMPTION OF CAKALANG FISH (*Euthynnus Affinis*) FISH
TRADERS THE COASTAL AREA TANAH BERU VILLAGE,
BONTOBAHARI, BULUKUMBA DISTRICT
2021**

Disusun dan diajukan oleh

**IIN LOLOANGIN
K012192009**



**PROGRAM STUDI S2 ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS RISIKO PAJANAN MIKROPLASTIK MELALUI
KONSUMSI IKAN CAKALANG (*Euthynnus Affinis*) PADA
PEDAGANG IKAN DIKAWASAN PESISIR
KELURAHAN TANAH BERU KECEMATAN BONTOBAHARI
KABUPATEN BULUKUMBA
TAHUN 2021**

**Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister**

**Program Studi S2
Ilmu Kesehatan Masyarakat**

**Disusun dan diajukan oleh:
IIN LOLOANGIN**

Kepada

**PROGRAM STUDI S2 ILMU KESEHATAN MASYARAKAT
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

**ANALISIS RISIKO PAJANAN MIKROPLASTIK MELALUI
KONSUMSI IKAN CAKALANG (*Euthynnus Affinis*) PADA
PEDAGANG IKAN DIKAWASAN PESISIR
KELURAHAN TANAH BERU KECEMATAN BONTOLAHARI
KABUPATEN BULUKUMBA
TAHUN 2021**

IIN LOLOANGIN

K012192009

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada
tanggal 10 Januari 2024 dan dinyatakan telah
memenuhi syarat kelulusan

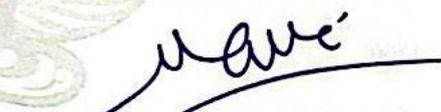
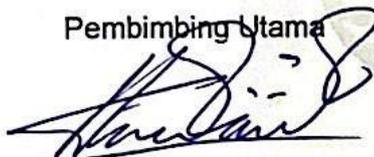
pada

**Program Studi S2 Ilmu Kesehatan Masyarakat
Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Hasanuddin
Makassar**

Mengesahkan:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping,



Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes
NIP. 19661012 199303 1 002

Dr. Hashawati Amqam, SKM., M.Sc
NIP. 19760418 200501 2 001

**Ketua Program Studi S2
Ilmu Kesehatan Masyarakat,**

**Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat
Universitas Hasanuddin,**



Prof. Dr. Ridwan, SKM., M.Kes., M.Sc., PH
NIP. 19671227 199212 1 001



Prof. Sukri Palutturi, SKM., M.Kes., M.Sc., PH., Ph.D
NIP. 19720529 200112 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : lin Loloangin
NIM : K012192009
Program studi : Ilmu Kesehatan
Masyarakat Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

ANALISIS RISIKO PAJANAN MIKROPLASTIK MELALUI KONSUMSI IKAN
CAKALANG (*Euthynnus Affinis*) PADA
PEDAGANG IKAN DIKAWASAN PESISIR
KELURAHAN TANAH BERU KECEMATAN BONTOBAHARI
KABUPATEN BULUKUMBA
TAHUN 2021

adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa Tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 6 Januari 2024.

Yang menyatakan



lin Loloangin

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Analisis Risiko Pajanan Mikroplastik Melalui Konsumsi Ikan Cakalang (*Euthynnus Affinis*) Pada Pedagang Ikan Di Kawasan pesisir Kelurahan Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba Tahun 2021” Perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada bapak

Banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini perkenankanlah penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada bapak Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes selaku ketua komisi penasihat dan ibu Dr. Hasnawati Amqam, SKM.,M.Sc selaku anggota komisi penasihat, atas kesabaran, waktu, bantuan, bimbingan, ilmu, nasihat, arahan, dan saran, yang telah diberikan selama ini kepada penulis. Rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan pula kepada Bapak Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel., M.Kes, Bapak Ansariadi, SKM., M.Sc Ph., Ph.D, dan Bapak Prof. Dr. Lalu Muhammad Saleh. SKM., M.Kes. Selaku Penguji yang telah memberikan arahan, saran, dan waktunya demi perbaikan tesis ini.

Tidak lupa pula penulis haturkan rasa ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya dan penghargaan atas segala bentuk pengorbanan, dukungan, doa, kesabaran, dan restu kepada kedua orang tua tercinta ayahanda Markus Sampe Tondok dan Ibu Helmi Santi Palisan serta saudara

tersayang Mardiani Putri, Suprianti Sampe Tondok dan Elfran Sombo Datu, serta orang terkasih Gamaliel Surya Putra. Terima kasih atas segala doa dan dukungan materil selama ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak Prof Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc selaku Rektor Universitas Hasanuddin
2. Bapak Prof. Sukri Palutturi, SKM., M.Kes., M.Sc.PH., Ph.D selaku Dekan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin, Wakil Dekan dan seluruh pegawai yang telah memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis selama mengikuti pendidikan di Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Ridwan, SKM., M.Kes., M.Sc., PH. selaku ketua Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
4. Para Dosen FKM Unhas khususnya yang ada di bidang Lingkungan dan Kesehatan memberikan ilmu yang sangat berharga selama penulis mengikuti pendidikan.
5. Staf pegawai FKM Unhas bagian administrasi Program Studi S2 FKM Unhas Bapak Rahman, ST, Ibu Hartika dan ibu Lina bagian Jurusan Departemen Kesehatan Lingkungan, penulis mengucapkan banyak terima kasih atas bantuan dan arahan yang diberikan kepada penulis sehingga menyelesaikan tesis ini.

6. Pihak-pihak lain yang secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan dukungan dan semangat yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa akan senantiasa membalas segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan dengan tulus. Pada akhirnya, saya tidak luput dari kesalahan sehingga penulis akan sangat berterima kasih jika ada kritik atau saran untuk perbaikan dalam karya ini. Semoga hasil kerja ini bermanfaat bagi masyarakat dalam mengupayakan pengendalian sampah plastik.

Makassar, 6 Januari 2024

IIN LOLOANGIN

ABSTRAK

IIN LOLOANGIN. Analisis Risiko Paparan Mikroplastik Melalui Konsumsi Ikan Cakalang (*Euthynnus Affinis*) Pada Pedagang Ikan di Kawasan Pesisir Kelurahan Tanah Betu Kecamatan Bontobahan Kabupaten Bulukumba tahun 2021 (Dibimbing oleh Anwar Daud dan Hasnawati Amqam).

Mikroplastik merupakan Plastik yang terpecah menjadi partikel yang lebih kecil. Rata-rata kelimpahan MPs yang ditemukan pada sampel ikan cakalang adalah 1.78 item/g sedangkan pada sampel feses rata-rata ditemukan 0.092 item/gram. asupan harian untuk non karsinogenik dari 5 responden adalah 0.0002 mg/kg/hari sementara rata-rata asupan harian karsinogenik adalah 0.0003 mg/kg/hari. Apabila intake rate \leq RfD maka masih dikatakan aman. Rata-rata tingkat risiko paparan MPs adalah 0.002. tingkat risiko dikatakan tidak berisiko apabila dinyatakan dengan ≤ 1 . Jenis MPs yang terkandung pada sampel ikan dan feses yaitu bentuk fragmen yang memiliki warna transparan pada sampel ikan dan warna coklat pada sampel feses. Polimer yang ditemukan pada penelitian ini yaitu Polietilena (PE) dan Polystyrene (PS). Dengan ini dinyatakan adanya kontaminasi mikroplastik pada ikan cakalang (*Euthynnus Amnis*) yang dikonsumsi pedagang ikan di kawasan Tanah Betu Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba.

Kata kunci : Mikroplastik, Polimer, ARKL



ABSTACT

IIN LOLOANGIN Analysis Microplastic Exposure Risk Through Consumption Of Cakalang Fish (*Euthynnus Affinis*) Fish Traders The Coastal Area Tanah Beru Village, Bontobahari, Bulukumba District (Supervised by Anwar Daud and Hasnawati Amqam)

Microplastics are plastics that are broken down into smaller particles. The average abundance of MPs found in skipjack tuna samples was 1.78 items/g, while the average abundance found in feces samples was 0.022 items/gram. Five respondents provided an average daily intake of 0.0002 mg/kg for non-carcinogenic substances and 0.0003 mg/kg for carcinogenic substances. It is still considered safe if the ingestion rate is less than or equal to RfD. For MPs exposure, the average risk threshold was 0.002. If the risk level is written as ≤ 1 , it is considered to be zero risk. Fish samples and feces samples include fragments of a certain type of MP that are translucent in fish samples and brown in feces samples. Polyethylene (PE) and Polystyrene (PS) are the polymers used in this study. It is omclalty declared that skipjack tuna (*Euthynnus Affinis*), which fish sellers in Tanah Beru subdistrict, Bontobahari subdistrict, Bulukumba Regency, eat, is contaminated with microplastics.

Keywords : Microplastics, Polymers, ARKL



DAFTAR ISI

Halaman Judul	1
Lembar Pengesahan.....	ii
DAFTAR ISI	xi
Abstrak	iv
BAB I.....	xiii
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan Penelitian	7
BAB II.....	9
A. Tinjauan Umum tentang Mikroplastik	9
B. Tinjauan Umum tentang Ikan Cakalang (<i>Euthynnus Affinis</i>).....	16
C. Tinjauan Pustaka tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan..	20
D. Kerangka Teori	26
E. Kerangka Konsep	30
F. Definisi Operasional.....	31
G. Tabel Sintesa.....	33
BAB III.....	35
A. Jenis Penelitian.....	35
B. Lokasi Penelitian dan Waktu Penelitian	35
C. Populasi dan Sampel	36
D. Pengumpulan Data	37
E. Prosedur Penelitaian.....	37
F. Pemeriksaan Sampel.....	38
G. Teknik Pengumpulan Data.....	44
H. Pengolahan dan Analisis Data	44
I. Penyajian Data.....	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	46
A. Hasil.....	46
B. Pembahasan.....	60

BAB V PENUTUP	79
A. Kesimpulan	79
B. Saran	79

Daftar Pustaka

Lampiran

DAFTAR TABEL

No	Halaman
1. Definisi Operasional.....	32
2. Jenis Ikan Yang Di Identifikasi Mikroplastik.....	51
3. Data Hasil Pengukuran Sampel Ikan	52
4. Data Kelimpahan Mikroplastik (MPs) Pada Ikan	52
5. Data Kelimpahan Mikroplastik (MPs) Pada Feses	53
6. Data Bentuk, Warna dan Jenis Polimer MPs	54
7. Hasil FTIR Polimer.....	57
8. Interpretasi Hasil Perhitungan Indikator Asupan Harian (<i>Intake</i>) MPs .	58
9. Interpretasi Hasil Perhitungan Indikator Asupan Harian (<i>Intake</i>) MPs .	59
10. Interpretasi Hasil Perhitungan Tingkat Risiko Paparan MPs	60

DAFTAR GAMBAR

No	Halaman
1. Ukuran, Bentuk, dan Polimer Mikroplastik.....	11
2. Ikan Cakalang.....	18
3. Langkah-Langkah Analisis Risiko	21
4. Kerangka Teori	29
5. Kerangka Konsep	30
6. Lokasi Pengambilan Sampel Ikan dan Feses	50

DAFTAR LAMPIRAN

No	Halaman
1. Surat Rekomendasi Etik	83
2. Surat Izin Penelitian	84
3. Formulir Identitas Responden	85
4. Dokumentasi Kegiatan	86
5. Hasil Analisis FTIR	87
6. Formulir FFQ	91

DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
<	Kurang Dari
>	Lebih Dari
et al.	dan kawan-kawan
ARKL	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan
C	Concentration
Dt	Duration time
DW	Dry Weight
ECR	Excess Cancer Risk
EPA	Environmental Protection Agency
FAO	Food and Agriculture Organization
FE	Frecuency Exposure
FTIR	Fourier Transform Infra Red
MPs	MikroplastiK
Ink	Intake Non Karsinogenik
IK	Intake Karsinogenik
KOH	Kalium Hidroksida
LDPE	Low Density Polyethylene
LOEL	Lowest Observed Adverse Effect Level
NOEL	No Observed Adverse Effect Level
PE	Polyethylen

PPI	Pusat Pendaratan Ikan
PS	Polystyrene
R	Rate
RQ	Risk Question
RfC	Reference Concentration
RfD	Reference Dose
SPSS	Statistical Product and Service Solutions
Wb	Weight of Body
WHO	World Health Organizatio

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Plastik adalah istilah yang digunakan di banyak bidang, untuk menggambarkan sifat fisik dan perilaku material (mis. Tanah, formasi geologi), serta nama kelas Smaterial. Istilah 'plastik' digunakan di sini untuk mendefinisikan sub-kategori dari kelas bahan yang lebih besar yang disebut polimer. Polimer adalah molekul yang sangat besar yang memiliki arsitektur molekul seperti rantai yang panjang dan karena itu berat molekul rata-rata sangat tinggi. Mereka mungkin terdiri dari pengulangan unit identik (homopolimer) atau sub-unit yang berbeda dalam berbagai kemungkinan urutan (kopolimer). Polimer-polimer yang melunak pada pemanasan, dan dapat dicetak, umumnya disebut sebagai bahan 'plastik'. (International Maritime Organization, 2015)

Plastik merupakan salah satu jenis sampah yang paling banyak terdapat di daratan maupun lautan. Sampah laut merupakan sisa yang tidak digunakan lagi yang berbentuk padat yang masuk kedalam ekosistem laut baik secara langsung maupun tidak langsung, selain itu sampah laut juga dapat berupa tumbuhan, hewan yang telah mati di dalam lingkungan laut (Engler dan Mandasari, 2014 dalam Ningrum, 2019). Menurut CBD-STAP 2012 dalam Hastuti 2014, Plastik merupakan tipe sampah laut yang paling

dominan. Produksi plastik didunia setiap tahunnya meningkat yaitu mencapai 322 juta ton dan diproyeksikan jumlah produksi pada tahun 2050 meningkat 100 kali lipat (Widianarko B, 2018).

Produksi global plastik saat ini melebihi 320 juta ton (Mt) per tahun, lebih dari 40% darinya digunakan sebagai kemasan sekali pakai, menghasilkan limbah plastik. Mikroplastik dilaporkan ada di mana-mana di habitat perairan di seluruh dunia mulai dari kutub hingga Equator. Sebagian besar plastik yang diproduksi setiap tahun mencemari lingkungan laut, dengan potensi akumulasi diperkirakan 250 Mt pada tahun 2025. Diperkirakan 5,25 triliun partikel plastik mencemari permukaan laut global, sedangkan sekitar 4 miliar serat plastic km^{-2} mencemari lantai Samudera Hindia yang dalam. Akibatnya, puing-puing plastik menjadi masalah lingkungan yang kritis. (Stephanie L, 2018).

Tingkat produksi plastik tertinggi adalah di Asia dengan 49% dari total output global, dengan China sebagai produsen dunia terbesar (28%), diikuti oleh Amerika Utara dan Eropa masing-masing sebesar 19% pada tahun 2015 (B Cacing et al 2017 dalam Alabi O A, et al 2019). Indonesia merupakan kontributor polutan plastik laut terbesar kedua setelah Negara Cina yaitu 0,48-1,29 metrik ton plastik/ tahun (Jambeck et al, (2015). Para peneliti memprediksi pada tahun 2050 lautan mengandung lebih banyak plastik dari pada ikan. Setiap tahun, sekitar 500 miliar kantong plastik digunakan dan sekitar 13 juta ton berakhir di lautan yang menewaskan sekitar 100.000 kehidupan laut (JD Sutte, 2016 dalam A Okunola, et al

2019). Saat ini, diperkirakan/1ada 5,25 triliun mikroplastik di laut dengan berat 268.940 ton (Okubo et al., 2018 dalam OZ, N et al 2019).

Pembuangan limbah dari plastik dan produk plastik secara sembarangan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang mengganggu estetika (AL Andrady; 2003 dalam A Alabi O, et al 2019) dan kematian organisme air (GJ Hofmeyr, et al. 2006; D Lithner et al 2009 dalam A Alabi O, et al 2019). Menurut data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (KLHK) RI menyebutkan bahwa total jumlah sampah di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 68 juta ton, dan sampah plastik diperkirakan mencapai 9,52 juta ton atau 14 persen dari total sampah yang ada.

Organisme akuatik dapat terkontaminasi oleh mikroplastik baik melalui air yang dimuat atau makanan dari organism lain dan dapat berfungsi sebagai sumber pajanan manusia. Mengenai *bivalve*, manusia mengkonsumsi seluruh jaringan lunak yang mungkin mengandung potongan-potongan plastik mikroskopik. Selain itu, ikan dapat terkontaminasi setelah ditangkap melalui penyimpanan dan pengangkutannya dalam wadah plastik polistiren yang rapuh (Anwar Daud dan Hasanuddin Ishak, 2019).

Kota Makassar adalah Ibu Kota Provinsi Sulawesi Selatan. Kota Makassar sebagai salah satu kota besar di Indonesia, hampir 60% populasi tersebar di wilayah pesisir (Dahuri et al., 2001). Pada 2016 jumlah penduduk Kota Makassar adalah 1,469,601 jiwa (BPS, 2017). Produksi

limbah per hari dihasilkan oleh 6.485,65 m³ (BPS, 2018). Begitu juga dengan temuan Rochman et al. (2015) bahwa ikan yang diperdagangkan di Pelabuhan Poetere Makassar mengandung bentuk fragmen, film, styrofoam dan monofilamen dari mikroplastik, yang semakin memperjelas keberadaan polusi plastik. Pemanfaatan wilayah perairan Kota Makassar seperti; kegiatan industri, kegiatan wisata pantai, kegiatan reklamasi, kegiatan transportasi laut, dan kegiatan pelabuhan (Pelabuhan Soekarno Hatta) berpotensi menyebabkan pencemaran limbah plastik melalui kegiatan manusia. Bank Dunia (2018) menyebutkan Kota Makassar sebagai salah satu hotspot limbah plastik tertinggi di Indonesia dari 15 hotspot. (Dian Fitriani, 2020).

Berdasarkan hasil penelitian Cauwenberghe et al., 2014, yang menyelidiki keberadaan mikroplastik dalam dua spesies bivalvia komersial: *Mytilus edulis* dan *Crassostrea gigas*. Mikroplastik ditemukan dari jaringan lunak kedua spesies. Kehadiran mikroplastik laut dalam makanan laut dapat menimbulkan ancaman bagi keamanan pangan, namun, karena kompleksitas estimasi toksisitas mikroplastik, estimasi risiko potensial bagi kesehatan manusia yang ditimbulkan oleh mikroplastik dalam bahan makanan tidak (belum) memungkinkan.

Hasil penelitian Rochman et al. (2015) menunjukkan bahwa 21 sampel ikan (28%) yang diidentifikasi dari total 76 sampel ikan dari perairan Makassar (Indonesia) dan California (Amerika Serikat) ditemukan mikroplastik pada saluran pencernaan ikan. Adapaun penelitian yang telah

dilakukan oleh Rummel et al, (2016) pada ikan pelagis dan demersal dari Laut Utara dan Baltic, menunjukkan hasil bahwa potensi termakannya mikroplastik pada ikan pelagis (10.7%) lebih tinggi dibandingkan ikan demersal (3.4%), ditemukan juga pada penelitian Rummel et al, (2016) bahwa ikan pelagis (38%) lebih banyak menelan mikroplastik dibandingkan ikan demersal (35%). Hasil temuan Schwabl dkk (2019). Berbagai mikroplastik terdeteksi pada tinja manusia, yang menunjukkan adanya konsumsi yang tidak sengaja dari sumber yang berbeda pada makanan manusia. Dari hasil penelitian yang banyak terpapar mikroplastik adalah nelayan dan pedagang ikan di pasar. Ini menggambarkan bahwa Mikroplastik ada di mana-mana di lingkungan. Dan Konsumsi mikroplastik telah dijelaskan dalam organisme laut, dimana partikel mikroplastik dapat memasuki rantai makanan.

Ikan Cakalang merupakan salah satu jenis ikan yang cukup diminati oleh masyarakat baik dalam bentuk segar maupun olahan. Ikan cakalang memiliki banyak keunggulan diantaranya kandungan proteinnya tinggi dan harganya terjangkau serta mudah ditemukan dipasaran. Selain kelebihan tersebut, ikan cakalang juga memiliki kekurangan dari jenis ikan lainnya yaitu cepat mengalami kerusakan bahkan kebusukan setelah ditangkap. Hal ini juga menjadi penyebab mayoritas masyarakat pesisir gemar mengkonsumsi ikan cakalang. (Towadi, 2013)

Kabupaten Bulukumba merupakan salah satu daerah di Sulawesi Selatan yang potensi perikanannya cukup tinggi. Terletak di bagian selatan

Jasirah Sulawesi dan berjarak kurang lebih 153 kilometer dari ibu kota provinsi Sulawesi Selatan dengan letak geografis 5020"5040" Lintang Selatan dan 119050"120028" Bujur Timur. Ditinjau dari segi geografis Kabupaten Bulukumba adalah salah satu Kabupaten yang sangat potensial dari aspek kelautan dan perikanan dengan luas wilayah 1.154,67 km² dan panjang pantai sekitar 128 km dengan produksi perikanan tangkap sebesar 53.612,3 ton. Jumlah unit alat tangkap *purse seine* Kabupaten Bulukumba sebanyak 150 unit. (Statistik Perikanan Bulukumba, 2014).

Salah satu produksi terbesar di Kabupaten Bulukumba adalah Ikan Cakalang (*E. affinis*) yang merupakan salah satu sumberdaya perikanan laut yang dikategorikan sebagai ikan pelagis, dimana hasil tangkapan ikan Cakalang bervariasi di setiap tahunnya, Produksi ikan tongkol pada tahun 2014 sebesar 14.102 ton. (Statistik Perikanan Bulukumba, 2014).

Dari survey awal yang dilakukan peneliti, kebanyakan jenis ikan yang di jual di PPI Kelurahan Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba adalah jenis ikan Cakalang. Oleh karena itu peneliti bertujuan untuk melihat kandungan mikroplastik yang ada pada ikan cakalang.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah "Bagaimana risiko paparan mikroplastik melalui konsumsi ikan Cakalang (*Euthynnus Affinis*) pada masyarakat di kawasan

pesisir Kelurahan Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba?”

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk menganalisis risiko kesehatan lingkungan pada paparan mikroplastik melalui konsumsi ikan Cakalang (*Euthynnus Affinis*) pada masyarakat di kawasan pesisir Kelurahan Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba.

2. Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

- a. Untuk menganalisis risiko kontaminasi mikroplastik pada ikan Cakalang (*Euthynnus Affinis*) yang dikonsumsi pedagang ikan di Kelurahan Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba.
- b. Untuk menganalisis karakteristik antropometri pada pedagang ikan di Kelurahan Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba.
- c. Untuk menganalisis asupan pajanan mikroplastik pada ikan Cakalang (*Euthynnus Affinis*) yang dikonsumsi pedagang ikan di Kelurahan Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba.
- d. Menganalisis tingkat risiko non karsinogenik pajanan mikroplastik pada ikan Cakalang (*Euthynnus Affinis*) yang dikonsumsi pedagang ikan di Kelurahan Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba.

- e. Untuk menganalisis bentuk dan warna mikroplastik pada ikan Cakalang (*Euthynnus Affinis*) yang dikonsumsi masyarakat di Kelurahan Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba.
- f. Untuk menganalisis keberadaan mikroplastik dalam feses masyarakat di Kelurahan Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba.
- g. Untuk menganalisis bentuk dan warna mikroplastik dalam feses masyarakat di Kelurahan Tanah Beru Kecamatan Bontobahari Kabupaten Bulukumba.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum tentang Mikroplastik

1. Sumber Mikroplastik

Pencemaran Laut berasal dari sumber alami, seperti vegetasi terapung atau endapan abu vulkanik (*tuff*), adalah hal yang biasa di lautan. Sayangnya, terdapat pencemaran yang berasal akibat aktivitas manusia yang telah meningkat secara substansial, khususnya dalam seratus tahun terakhir. Pencemaran sampah, dari sumber-sumber non-alami biasanya didefinisikan sebagai 'bahan padat persisten, yang dibuat atau dibuang atau ditinggalkan di lingkungan laut dan pesisir '(Galgani et al. 2010). Ini termasuk barang-barang buatan atau yang digunakan oleh orang-orang dan sengaja dibuang atau hilang secara tidak sengaja langsung ke laut, atau di pantai, dan bahan-bahan yang diangkut ke lingkungan laut dari darat oleh sungai, drainase atau sistem pembuangan limbah atau melalui angin. Benda-benda tersebut dapat terdiri dari logam, kaca, kertas, kain atau plastik. Dari jumlah tersebut, plastik dianggap sebagai yang paling banyak dan bermasalah. (International Maritime Organization, 2015)

Isu mengenai polusi lautan oleh partikel mikroplastik telah membuka mata banyak orang tentang potensi bahaya yang mengincar biota laut dan manusia akibat pembuangan sampah plastik ke laut secara sembarangan.

Tanpa disadari pemakaian kemasan plastik dan bahan-bahan lain yang mengandung plastik telah memicu penumpukan sampah plastik di lautan akibat absennya manajemen pengelolaan sampah yang baik. Polusi plastik di lingkungan saat ini telah menjadi permasalahan yang serius. Plastik meskipun bersifat persisten, seiring dengan waktu dapat terdegradasi menjadi partikel yang lebih kecil. Sampah plastik banyak ditemukan mengapung di laut, dapat terdegradasi oleh sinar ultraviolet, panas, mikroba, dan abrasi fisik menjadi serpihan plastik (Urbanek et al., 2018).

2. Ukuran dan Bentuk Mikroplastik

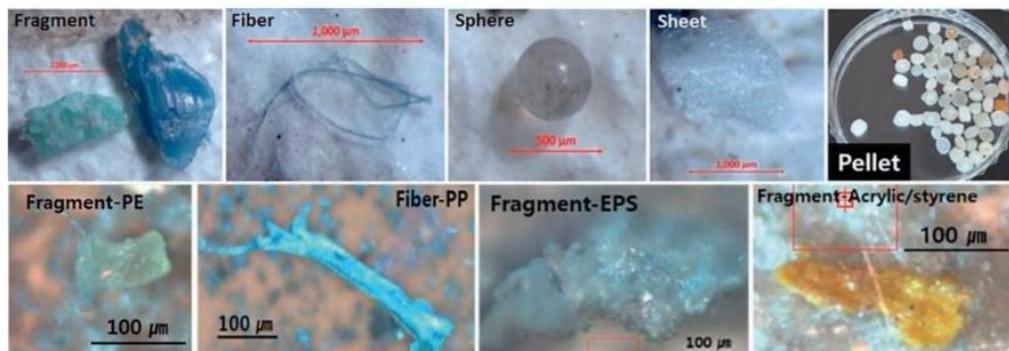
Beberapa penelitian mendefinisikan mikroplastik dalam ukuran <5 mm, sedangkan yang lain mendefinisikan mikroplastik dalam ukuran <1 mm (Hidalgo-Ruz et al. 2012). Ini berarti bahwa plastik mikro dapat dibagi menjadi 2 fraksi ukuran, partikel kecil (<1 mm) dan besar (1-5 mm). (Stevenson 2011).

Mikroplastik secara luas digolongkan menurut karakter morfologi yaitu ukuran, bentuk, warna. Ukuran menjadi faktor penting yang berkaitan dengan jangkauan efek paparan pada organisme. Luas permukaan yang besar dibandingkan rasio volume dari sebuah partikel kecil membuat mikroplastik berpotensi melepas dengan cepat bahan kimia (Chatterjee et al, 2019).

Kontaminan yang saat ini menjadi ancaman terbesar pada laut adalah mikroplastik. Wright et al (2013) menyebutkan bahwa plastik yang berada dilaut bias menjadi puing-puing skala mikro dan berpotensi juga

pada skala nano. Mikroplastik telah terakumulasi dilautan dan di sedimen diseluruh dunia dalam beberapa tahun terakhir, dengan konsentrasi maksimum mencapai 100.000 m³ partikel. Karena ukurannya yang kecil, mikroplastik dapat terteloh oleh fauna trofik yang rendah, dengan konsekuensi dampaknya pada kesehatan organisme. (Rudianto, 2018).

Mikroplastik selanjutnya dikategorikan sebagai mikroplastik primer atau sekunder berdasarkan asalnya (GESAMP, 2015). Mikroplastik primer sengaja dibuat sebagai partikel berukuran kecil untuk keperluan industri dan termasuk pelet resin praproduksi, microbeads untuk bahan abrasif dalam kosmetik, pasta gigi dan peledakan, bubuk berukuran mikro untuk pelapis tekstil, dan media pengiriman obat (Gambar 1) sedangkan mikroplastik sekunder merupakan partikel terfragmentasi yang berasal dari partikel setiap produksi polimer sintetik organik yang digunakan dan di lingkungan sebagai sampah dan termasuk fragmen plastik padat, serat mikro dari kain dan tali, lapisan yang telah terkelupas, dan puing-puing dari keausan ban.



Gambar 1. ukuran, bentuk dan polimer mikroplastik

Mikroplastik dari air laut yang mengapung di permukaan laut dapat melakukan perjalanan global melalui angin dan arus laut (Maximenko et al., 2012). Selain itu, mikroplastik dapat tertelan oleh organisme air kecil yang jumlahnya meningkat, dan menelan partikel plastik kecil dapat menyebabkan efek biologis yang merugikan. Sifat hidrofobik mereka memungkinkan akumulasi racun organik pada konsentrasi hingga satu juta kali lebih tinggi daripada di air sekitarnya (Lee et al., 2014).

Aditif plastik seperti plasticizer, antioksidan, ultraviolet dan penstabil panas, flame retardants, dan pigmen membentuk berbagai bahan kimia yang kemudian menunjukkan berbagai toksisitas. Bersamaan dengan toksisitas partikel, bahan kimia teradsorpsi atau aditif yang diserap atau terbilas dari mikroplastik yang tertelan dalam saluran pencernaan organisme dapat menyebabkan efek toksik tambahan (Rochman et al., 2013).

Organisme tingkat trofik tinggi dapat terpapar mikroplastik melalui penyerapan langsung dari mikroplastik waterborne, tergantung pada gaya makan mereka dan tingkat serapan makanan yang terkontaminasi (Tanaka et al., 2015). Manusia tidak terlepas dari proses ini dan dapat terpapar mikroplastik melalui konsumsi jaringan makanan laut yang mengandung mikroplastik, seperti bivalvia. Sebaliknya, uji toksisitas yang dilakukan di laboratorium telah menunjukkan bahwa keracunan partikel partikel mikroplastik terjadi pada konsentrasi satu hingga tiga kali lipat yang lebih tinggi daripada yang ditemukan di lingkungan (Lenz et al, 2016). Selain itu,

kontribusi akumulasi kimia beracun (kecuali untuk bahan kimia tambahan) dalam organisme laut melalui konsumsi mikroplastik telah diprediksi dalam studi pemodelan lebih rendah daripada rute paparan lainnya (Herzke et al., 2016).

3. Efek Mikroplastik pada Biota Laut

Fragmen plastik yang berukuran kecil ini bertahan dalam ekosistem laut karena sifat partikel berukuran mikron, fragmen ini keliru sebagai makanan dan dicerna oleh berbagai biota laut yang mencakup karang, fitoplankton, zooplankton, landak laut, landak laut, lobster, ikan, dll. akhirnya dipindahkan ke tingkat tropis yang lebih tinggi. Dampak mikroplastik pada biota laut adalah masalah yang memprihatinkan karena mengarah pada keterjeratan dan konsumsi yang dapat mematikan kehidupan biota laut. Fragmen mikroplastik terutama berasal dari sumber terestrial dan dengan demikian ekosistem pesisir yang terdiri dari terumbu karang berada dalam ancaman besar karena polusi mikroplastik (Lusher, 2016).

Mikroplastik juga mempengaruhi plankton yang merupakan komponen paling penting dari habitat laut. Pada ikan dan kerang, Fitur-fitur tertentu dari plastik mikro seperti ukuran mikroskopis, warna-warna yang menarik dan daya apungnya yang tinggi membuat potongan-potongan kecil ini mudah tersedia untuk ikan dan kerang. Ikan dan kerang kemudian menelan mikroplastik dengan mengira fragmen ini sebagai plankton atau mangsa alami lainnya (Critchell, 2018).

4. Risiko Kesehatan akibat Mikroplastik

Bukti yang muncul menunjukkan bahwa paparan manusia terhadap mikroplastik masuk akal (Mathalon, 2014). Mikroplastik telah dilaporkan berada dalam makanan laut (Yang, 2015), dan dalam makanan dan minuman olahan seperti gula, bir, dan garam (Liebezeit, 2013).

Ketika mikroplastik berada di air maka mikroplastik akan mengapung bergantung pada densitas polimernya. Kemampuan mikroplastik mengapung menentukan posisi mikroplastik di air dan interaksinya dengan biota (Wright et al, 2013 dalam Lusher & Peter, 2017). Polimer yang lebih padat dari air laut misalnya PVC akan mengendap sedangkan yang densitasnya rendah seperti PE dan PP akan mengapung. Sepanjang berada di perairan partikel plastik mengalami biofouling, terkolonisasi organisme sehingga tenggelam. Mikroplastik dapat pula terdegradasi, terfragmentasi dan melepas bahan perekat sehingga partikel akan berubah densitasnya dan terdistribusi di antara permukaan dan dasar perairan. Jenis plastik berdasarkan asal dan densitas polimer atau berat jenis (*specific gravity*) (Widianarko, 2018).

Plastik dibuat dari sekelompok molekul besar yang dikenal sebagai polimer. Polimer datang dalam berbagai bentuk, yang bervariasi dalam karakteristik seperti daya apung, toksisitas, dan degradabilitas. Meskipun ada ribuan jenis polimer, kebanyakan plastik dibuat dari salah satu dari enam: polietilen (PE), polipropilen (PP), polivinil klorida (PVC), polistirena (PS), poliuretan (PUR) dan polietilen tereftalat (PET). Plastik juga dapat

mengandung aditif yang dirancang untuk mengubah sifat-sifat produk akhir; seperti stabilisator, penghambat api dan pigmen. Beberapa aditif memperlambat laju degradasi plastik dan memiliki potensi untuk larut ke lingkungan. Plastik biodegradable terdegradasi lebih cepat daripada plastik konvensional dalam kondisi lingkungan tertentu. Agar suatu produk diberi label biodegradable, produk tersebut harus memenuhi salah satu dari sejumlah standar yang diakui untuk tingkat degradasi yang diperlukan dalam periode waktu tertentu. Namun, standar saat ini mengacu pada tingkat degradasi yang hanya akan terjadi dalam komposter industri, di mana suhu mencapai 70°C. Tidak ada standar teknis yang akan membutuhkan plastik biodegradable untuk terdegradasi sepenuhnya dalam kerangka waktu yang relevan di lingkungan laut (Song, 2009).

Mikroplastik dalam sistem laut dan air tawar dapat dicerna oleh organisme akuatik dan menjalani transfer trofik melalui rantai makanan. Bivalvia merupakan masalah kesehatan karena mereka menumpuk dan mempertahankan partikel mikroplastik karena kurangnya saluran pencernaan yang utuh. Konsumsi bivalvia yang terkontaminasi mikroplastik berpotensi menimbulkan risiko kesehatan bagi manusia. Sejumlah penelitian melaporkan terjadinya mikroplastik pada bivalvia dari seluruh dunia (Li et al., 2015) dalam investigasi polusi mikroplastik di sembilan bivalvia komersial dari pasar perikanan di Tiongkok. Jumlah rata-rata mikroplastik dalam bivalvia ini berkisar antara 2.1 hingga 10.5 item g⁻¹ (Li et al., 2016). Kelimpahan mikroplastik, diperoleh dalam kerang (*Mytilus*

edulis) dari 22 mengutip sepanjang 12.400 mil garis pantai Cina, secara signifikan lebih tinggi di daerah dengan dampak manusia yang lebih tinggi (3,3 item g-1) daripada jumlah partikel mikroplastik di kerang di sepanjang pantai China (0,9-4,6 item g-1) (Li et al., 2016) lebih rendah dari pada bivalvia komersial (2.1-10.5 item g-1) (Li et al., 2015).

Transfer plastik mikro dan kontaminan terkait dalam sistem air memiliki implikasi yang cukup besar bagi kesehatan manusia, terutama jika konsumsi makanan laut dan / atau produk air sering terjadi (Carbery et al., 2018). Meningkatnya perhatian telah diberikan kepada transfer mikroorganisme plastik baru-baru ini di tengah-tengah terjadinya penyebaran yang luas dan di mana-mana mikroplastik di lingkungan. Dua pendekatan dapat digunakan untuk mempelajari transfer trofik dari plastik mikro. Salah satu pendekatan adalah membangun rantai makanan buatan yang memungkinkan untuk mengampas transfer plastik trofik dalam kondisi terkendali (Cedervall et al., 2012). Pendekatan lain adalah mengumpulkan organisme target dan pemangsa mereka dalam sistem alami, dan mikroplastik diidentifikasi dan dikuantifikasi untuk merekonstruksi rantai makanan untuk penilaian lebih lanjut dalam skenario lapangan (Mai et al., 2018).

B. Tinjauan Umum tentang Ikan Cakalang (*Euthynnus Affinis*)

Ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) merupakan golongan dari ikan tuna kecil. Badannya memanjang, tidak bersisik kecuali pada garis rusuk. Sirip

punggung pertama berjari-jari keras 15, sedangkan yang kedua berjari-jari lemah 13, diikuti 8 – 10 jari - jari sirip tambahan. Ukuran asli ikan cakalang cukup besar, bisa mencapai 1 meter dengan berat 13,6 kg. Rata-rata, ikan ini berukuran sepanjang 50-60 cm. Ikan cakalang memiliki kulit yang licin berwarna abu-abu, dagingnya tebal, dan warna dagingnya merah tua (Dami, 2014).

Menurut Saanin (1984), kedudukan taksonomi ikan cakalang adalah sebagai berikut :

Kingdom : *Animalia*

Phylum : *Chordata*

Sub Phylum : *Vertebrata*

Class : *Pisces*

Sub Class : *Teleostei*

Ordo : *Percomorphi*

Family : *Scombridae*

Genus : *Euthynnus*

Species : *Euthynnus affinis*

Komponen kimia utama daging ikan adalah air, protein dan lemak yaitu berkisar 98% dari total berat daging. Komponen ini memiliki pengaruh besar terhadap nilai nutrisi, sifat fungsi, kualitas sensori, dan stabilitas penyimpanan daging. Kandungan komponen kimia lainnya seperti karbohidrat, vitamin dan mineral berkisar 2% yang berperan pada proses biokimia di dalam jaringan ikan mati (Sikorski dan Pan, 1994).

Ikan cakalang (*Euthynnus affinis*) merupakan jenis ikan dengan kandungan gizi yang tinggi yaitu kadar air 71,00 – 76,76%, protein 21,60 – 26,30%, lemak 1,30 – 2,10%, mineral 1,20 – 1,50% dan abu 1,45 – 3,40%. Secara umum bagian ikan yang dapat dimakan (edible portion) berkisar antara 45 – 50% (Suzuki, 1981).

Gambar 2. Ikan Cakalang (*Euthynnus Affinis*)



Sumber: Dami, 2014

Ikan cakalang merupakan jenis ikan dengan kandungan gizi yang tinggi. Kandungan gizi daging ikan tongkol per 100 gram yaitu, terdiri dari protein 25,00%, karbohidrat 0,03%, lemak 1,50% , mineral 2,25%, air 69,40%. Protein yang terdapat pada ikan tongkol memiliki komposisi asam amino yang lengkap, sehingga sangat diperlukan oleh tubuh. Mineral yang terkandung dalam daging ikan tongkol terdiri dari magnesium, kalsium, yodium, fosfor, fluor, zat besi, zinc dan selenium. Ikan tongkol kaya akan kandungan omega-3 dan omega-6 yang berguna untuk memperkuat daya tahan otot jantung, meningkatkan kecerdasan otak dan dapat mencegah penggumpalan darah (Susanto, 2012).

Habitat adalah suatu lingkungan dengan kondisi tertentu dimana suatu spesies atau komunitas dapat hidup. Habitat yang baik akan mendukung perkembangbiakan organisme yang hidup didalamnya secara normal. Ikan tongkol merupakan ikan perenang cepat dan hidup bergerombol (schooling), dan lebih aktif mencari makan pada waktu siang hari daripada malam hari (Rajab, 2011).

Ikan tongkol mempunyai daerah penyebaran yang sangat luas yaitu pada perairan pantai dan oseanik. Daerah penangkapan ikan adalah suatu daerah dimana daerah tersebut sesuai dengan habitat yang dikehendaki oleh ikan, dimana kondisinya dipengaruhi oleh faktor oseanografi seperti suhu, salinitas, arus permukaan, oksigen terlarut yang berpengaruh terhadap periode migrasi musiman serta terdapatnya ikan disuatu lokasi perairan. Serta alat tangkap mudah dioperasikan pada daerah tersebut dan daerah tersebut harus ekonomis dan menguntungkan (Dhenis, 2009).

Ikan tongkol sangat sensitif terhadap perubahan suhu maupun salinitas karena dapat mempengaruhi rangsangan saraf, perubahan proses metabolisme dan perubahan aktivitas tubuhnya. Umumnya ikan tongkol menyukai perairan panas dan hidup di lapisan permukaan sampai kedalaman 40 meter dengan kisaran suhu optimum antara 20-30oC. (Rahmatang, 2013)

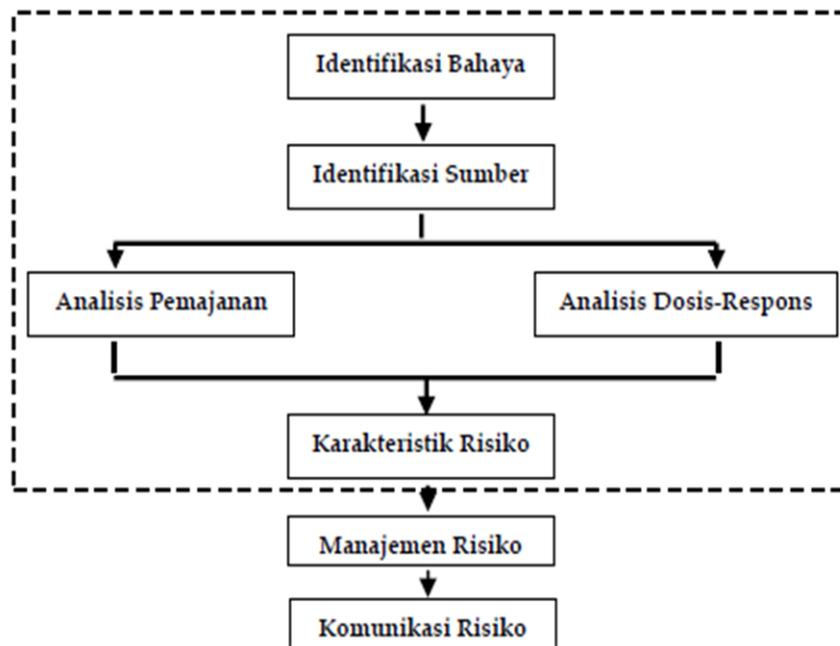
C. Tinjauan Pustaka tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

Risiko lingkungan merupakan risiko terhadap kesehatan manusia yang disebabkan oleh karena faktor lingkungan, baik lingkungan fisik, hayati, maupun secara social ekonomi budaya. Secara umum dapat dikatakan bahwa risiko lingkungan merupakan suatu faktor atau faktor atau proses dalam lingkungan yang mempunyai kemungkinan (probability) tertentu untuk menyebabkan konsekuensi yang merugikan manusia dan lingkungannya. Risiko adalah bahaya, akibat atau konsekuensi yang dapat terjadi akibat sebuah proses yang sedang berlangsung atau kejadian yang akan datang. Bahaya (hazard) terdiri dari senyawa biologi, kimia atau fisik yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan. Sedangkan risiko (risk) merupakan fungsi peluang terjadinya gangguan kesehatan dan keparahan (severity) gangguan kesehatan oleh karena suatu bahaya. (Basri, 2014).

Analisis risiko kesehatan lingkungan merupakan penilaian atau penaksiran risiko kesehatan yang bisa terjadi di suatu waktu pada populasi berisiko. Metoda sangat cocok dipakai untuk kajian dampak lingkungan terhadap kesehatan masyarakat (Djafri, 2014). Risiko secara luas dapat diartikan sebagai kemungkinan dari beberapa kondisi yang tidak menyenangkan. Risk analysis menggunakan sains, teknik, probabilitas dan statistik untuk memprakirakan dan menilai besaran dan kemungkinan risiko kesehatan dan lingkungan yang akan terjadi sehingga semua pihak yang

peduli mengetahui cara mengendalikan dan mengurangi risiko tersebut (NRC 1983).

Secara garis besar, analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) menurut National Research Council (NRC) terdiri dari empat tahap kajian, yaitu identifikasi bahaya, analisis paparan, analisis dosis-respon dan karakteristik resiko (NRC, 1983). Berikut ini adalah gambaran langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam analisis risiko :



Gambar 3. Langkah-langkah analisis risiko (Louvar and Louvar, 1998)

1. Identifikasi Bahaya (Hazard Identification)

Identifikasi bahaya adalah langkah Mengidentifikasi kemungkinan sumber kontaminasi untuk membantu menentukan media lingkungan apa

yang mungkin berpengaruh dan bagaimana suatu zat berbahaya dapat mencapai populasi di atau suatu daerah. (ATSDR, 2005)

2. Analisis Paparan (Exposure Assessment)

Analisis paparan (*exposure assessment*) atau biasa disebut penilaian kontak, bertujuan untuk mengetahui jalur paparan *risk agent* agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi yang berisiko dapat dihitung. Data dan informasi yang dibutuhkan untuk menghitung asupan adalah semua variabel yang terdapat dalam persamaan berikut (ATSDR, 2005).

$$I = \frac{C \times R \times t_E \times f_E \times D_t}{W_b \times t_{avg}}$$

- I : Asupan (*intake*), mg/kg/hari
- C : Konsentrasi *risk agent*, mg/M³ untuk medium udara, mg/L untuk air minum, mg/kg untuk makanan atau pangan
- R : Laju asupan atau konsumsi, M³/jam untuk inhalasi, L/hari untuk air minum, g/hari untuk makanan
- t_E* : Waktu paparan
- f_E* : frekwensi paparan
- D_t* : Durasi paparan, tahun (*real time* atau proyeksi, 30 tahun untuk nilai *default* resi-densial)
- W_b* : Berat badan, kg

tavg : Periode waktu rata-rata ($Dt \times 365$ hari/tahun untuk zat nonkarsinogen, 70 tahun $\times 365$ hari/tahun untuk zat karsinogen)

3. Analisis Dosis-Respon

Analisis Dosis-Respon, disebut juga dose-response assessment atau toxicity assessment, menetapkan nilai-nilai kuantitatif toksisitas risk agent untuk setiap bentuk spesi kimianya. Toksisitas dinyatakan sebagai dosis referensi (Reference Dose atau RfD) untuk efek non karsinogenik dan Cancer Slop Factor (CSF) atau Cancer Unit Risk (CUR) untuk efek-efek karsinogenik. Analisis dosis-respon merupakan tahap yang paling menentukan, ARKL hanya bias dilakukan untuk Risk agent yang sudah ada dosis responnya (US-EPA, 19977)

Menurut IPCS, Reference dose adalah toksisitas kuantitatif nonkarsinogenik, menyatakan estimasi dosis pajanan harian yang diperkirakan tidak menimbulkan efek merugikan kesehatan meskipun pajanan berlanjut sepanjang hayat (Rahman, 2007). Jd Dosis referensi Dosis referensi dibedakan untuk pajanan oral atau tertelan (ingesti, untuk makanan dan minuman) yang disebut *RfD* dan untuk pajanan inhalasi (udara) disebut *reference concentration (RfC)*. Dalam analisis dosis respons, dosis dinyatakan sebagai *risk agent* yang terhirup (*inhaled*), tertelan (*ingested*) atau terserap melalui kulit (*observed*) per kg berat badan per hari (mg/kg/hari) (US-EPA, 1997).

Dosis yang digunakan untuk menetapkan *RfD* adalah yang menyebabkan efek paling rendah yang disebut *NOAEL* (*No Observed Adverse Effect Level*) atau *LOAEL* (*Lowest Observed Adverse Effect Level*). *NOAEL* adalah dosis tertinggi suatu zat pada studi toksisitas kronik atau subkronik yang secara statistik atau biologis tidak menunjukkan efek merugikan pada hewan uji atau secara langsung pada manusia. Sedangkan *LOAEL* berarti dosis terendah yang masih menimbulkan efek. Secara numerik *NOAEL* selalu lebih rendah daripada *LOAEL*. *RfD* atau *RfC* diturunkan dari *NOAEL* atau *LOAEL* menurut persamaan berikut ini (ATSDR, 2005).

$$RfD \text{ atau } RfC = \frac{\text{NOAEL atau LOAEL}}{(UF1 \times UF2 \times UF3 \times UF4 \times MF)}$$

UF adalah *uncertainty factor* (faktor ketidakpastian) dengan nilai UF1 = 10 untuk variasi sensitivitas dalam populasi manusia (10H, human), UF2 = 10 untuk ekstrapolasi dari hewan ke manusia (10A, Animal), uf3 = 10 jika *NOAEL* diturunkan dari uji subkronik, UF4 = 10 bila menggunakan *LOAEL* bukan *NOAEL*. MF adalah *modifying factor* bernilai 1 sampai dengan 10 untuk mengakomodasi kekurangan atau kelemahan studi yang tidak tertampung UF. Penentuan nilai UF dan MF tidak lepas dari subyektivitas. Untuk menghindari subyektivitas, pada tahun 2004 telah diajukan model dosis respons baru dengan memecah UF menjadi ADUF (=100,4 atau 2,5),

AKUF (=100,6 ATAU 4,0), HDUF (=100,5 atau 3,2) dan HKUF (=100,5 atau 3,2) (ATSDR, 2005).

4. Karakteristik risiko

Karakteristik risiko kesehatan dinyatakan sebagai *Risk Quetient* (*RQ*, tingkat risiko) untuk efek non-karsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (*ECR*) untuk efek karsinogenik. *RQ* dihitung dengan membagi asupan non-karsinogenik (*Ink*) *risk agent* dengan *RfD* atau *RfC*, berikut persamaannya (ATSDR, 2005).

$$RQ = \frac{Ink}{RfD \text{ atau } RfC}$$

Baik *Ink* maupun *RfD* atau *RfC* harus spesifik untuk bentuk spesi kimia *risk agent* dan jalur pajanannya. Risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu dikendalikan jika $RQ > 1$. Jika $RQ < 1$, risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan agar nilai numerik *RQ* tidak melebihi 1 (Rahman, 2007).

5. Manajemen Risiko

Berdasarkan karakteristik risiko, dapat dirumuskan pilihan-pilihan manajemen risiko untuk meminimalkan *RQ* dan efek *risk agent* dengan mengubah nilai faktor-faktor pemajanan yang tercakup dalam persamaan sedemikian rupa sehingga asupan lebih kecil atau sama dengan dosis referensi toksisitasnya. Dalam OHSAS 18001 (2007) manajemen risiko terbagi atas 3 bagian, yaitu Hazard Identification, Risk Assessment, dan Risk Control, biasanya dikenal dengan singkatan HIRARC.

D. Kerangka Teori

Mikroplastik primer adalah partikel plastik yang diproduksi dalam kisaran ukuran di bawah 5 mm (GESAMP, 2015). Mereka termasuk berasal dari: (1) pelet resin pra produksi, seringkali berdiameter 3-5 mm, yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik; (2) microbeads yang tergabung dalam produk kosmetik; dan (3) manik-manik yang digunakan untuk abrasif. Rute masuk mikroplastik primer ke lingkungan tergantung pada pengaplikasian mereka seperti: partikel dari produk kosmetik biasanya akan masuk melalui air limbah; mikroplastik dari abrasif dapat memasuki lingkungan melalui atmosfer dan air limbah, sedangkan mikroplastik primer yang digunakan untuk bahan baku dapat masuk ke lingkungan melalui kehilangan yang tidak disengaja selama pengangkutan dan pemindahan, atau melalui limpasan dari pengolahan pabrik. Ketika ukuran mikroplastik terlalu kecil, mikroplastik akan terbawa oleh instalasi pengolahan air limbah sehingga dapat langsung terbawa ke lautan atau melewati aliran air tawar untuk selanjutnya memasuki lingkungan laut. Mikroplastik sekunder adalah produk sampingan dari fragmentasi dan pelapukan plastik yang lebih besar di lingkungan (GESAMP, 2015).

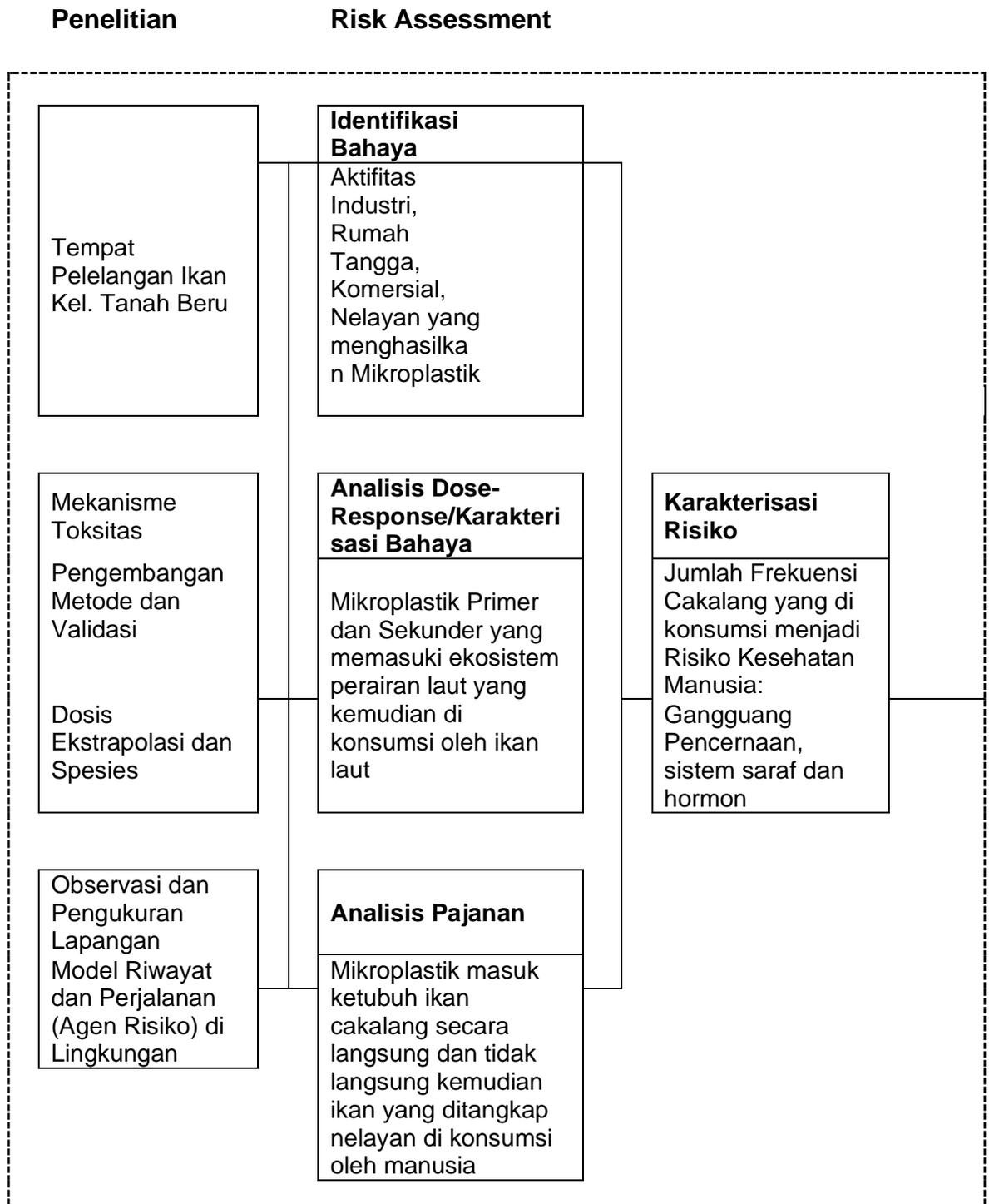
Mikroplastik sekunder dapat muncul dari penggunaan produk plastik (misalnya, tekstil, cat dan ban) atau setelah plastik dibuang ke lingkungan. Ada beberapa jalur masuknya mikroplastik sekunder ke lingkungan, yang meliputi (1) partikel dari tekstil dapat masuk melalui air limbah setelah pencucian atau melalui udara saat pengeringan (Browne et al., 2011;

Napper dan Thompson, 2016); (2) pelapukan plastik yang digunakan dalam aplikasi pertanian dapat memasuki lingkungan melalui limpasan permukaan dari tanah; (3) abrasi ban saat digunakan akan menghasilkan plastik mikro yang memasuki lingkungan melalui limpasan air dan permukaan tanah; (4) fragmentasi dan pelapukan barang-barang di landfill oleh sinar UV dapat membawa plastik mikro ke atmosfer, sungai dan laut dengan perantara limpasan angin dan permukaan tanah dan (5), pelapukan sampah plastik di daerah pantai dan pantai yang mungkin akan meninggalkan mikroplastik didalam sedimen pantai atau terbawa lebih jauh ke pantai. Faktor lingkungan utama yang terkait dengan generasi mikroplastik sekunder adalah paparan sinar UV, suhu dan abrasi. Dalam lingkungan perairan dengan pengurangan paparan UV dan suhu rendah (seperti laut dalam) akan memperlambat proses generasi mikroplastik sekunder (Andrady, 2015).

Aktivitas manusia telah menyebabkan kontaminasi mikroplastik di seluruh lingkungan laut. Sebagai hasil dari kontaminasi mikroplastik yang meluas, plastik mikro dicerna oleh banyak spesies satwa liar termasuk ikan dan kerang. Seiring waktu, partikel plastik mencemari ekosistem laut dan rantai makanan, termasuk bahan makanan yang ditujukan untuk konsumsi manusia (Smith, 2018).

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas, maka disusunlah kerangka teori paparan mikroplastik pada ikan cakalang yang dimulai dari identifikasi

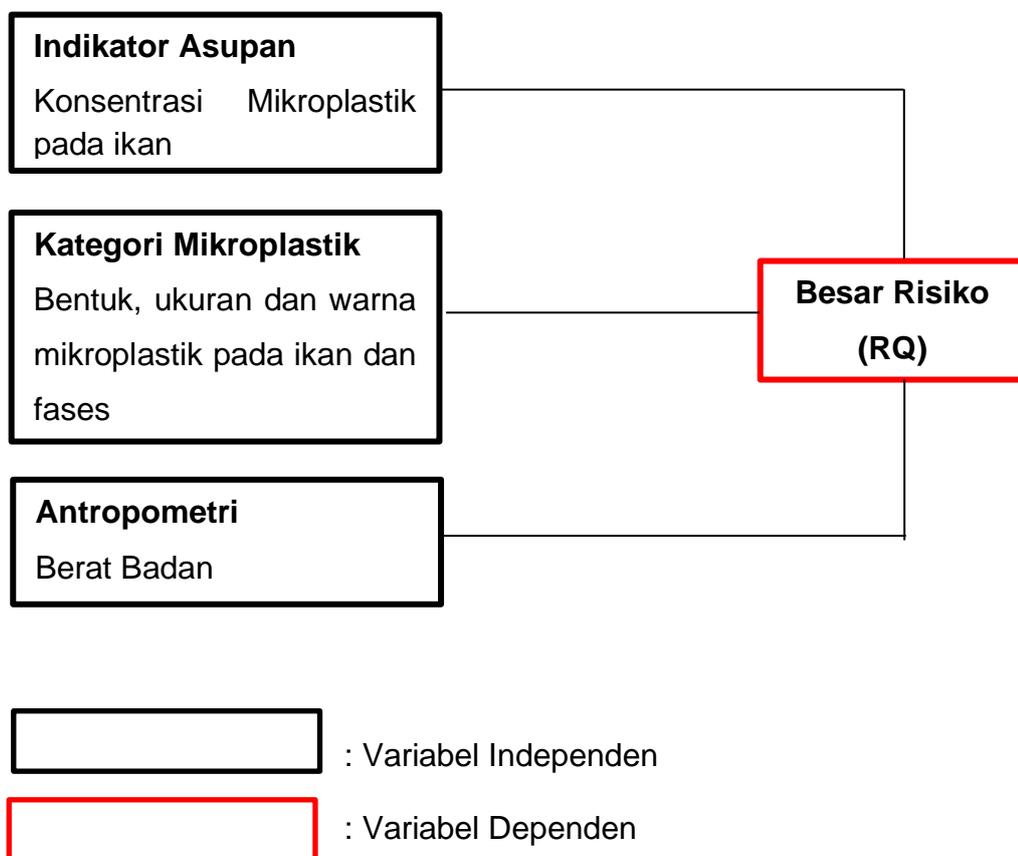
bahaya hingga ke karakteristik risiko kesehatan pada manusia, sehingga didapatkan kerangka teori sebagai berikut



Gambar 4. Kerangka Teori

E. Kerangka Konsep

Kerangka konsep dalam penelitian ini terdiri dari variabel dependen (Besaran Risiko) dan variabel independen (Konsentrasi mikroplastik, *Intake*/ asupan, berat badan). Hubungan antara variabel independen dan variabel dependen digambarkan dalam bagan di gambar 5.



Gambar 5. Kerangka Konsep

F. Definisi Operasional

Variabel dependent pada penelitian ini adalah Besara Risiko atau karakteristik risiko yang dinyatakan sebagai *Risk Quetient* (*RQ*, tingkat risiko) untuk efek non-karsinogenik dan *Excess Cancer Risk* (*ECR*) untuk efek karsinogenik. *RQ* dihitung dengan membagi asupan non-karsinogenik (*Ink*) *risk agent* dengan *RfD* atau *RfC*. (ATSDR, 2005). Risiko kesehatan dinyatakan ada dan perlu dikendalikan jika $RQ > 1$. Jika $RQ < 1$, risiko tidak perlu dikendalikan tetapi perlu dipertahankan agar nilai numerik *RQ* tidak melebihi 1 (Rahman, 2007). Adapun variabel independent pada penelitian ini meliputi Indikator Asupan, Kategori Mikroplastik dan Antropometri seperti yang termuat dalam tabel

Tabel 1. Definisi Operasional

No	Variabel	Defenisi	Metode	Skala	Kriteria Objektif
1	Indikator Asupan	Konsentrasi Mikroplastik pada ikan cakalang dan fases manusia	Identifikasi keberadaan mikroplastik melalui pemeriksaan Laboraturium dengan mikroskop dan metode digesting.	Rasio	Intake \leq RfD (Aman) Intake \geq RfD (Tidak Aman)
2	Kategori Mikroplastik	Bentuk, ukuran dan warna mikroplastik pada saluran pencernaan ikan cakalang dan fases manusia	Identifikasi keberadaan mikroplastik melalui pemeriksaan Laboraturium dengan mikroskop	Nominal	Bentuk & Ukuran (Partikel kecil & besar) Jenis warna Mikroplastik
3	Antropometri	Pengukuran Berat Badan	Timbangan Berat Badan Responden	Nominal	Kg
4	Besar Risiko	Tingkat Risiko paparan Mikroplastik pada manusia berupa penyakit atau gejala yang dialami akibat terpapar mikroplastik seperti gangguan saluran cerna, hormon dan syaraf	Perhitungan Tingkat Risiko Kesehatan dengan rumus RQ berdasarkan konsumsi ikan	Rasio	RQ $<$ 1 (Tidak Aman) RQ \leq 1 (Aman)

G. Tabel Sintesa

Tabel 1. Tabel Sintesa

PENGARANG	JUDUL	METODE	HASIL	ALAT UKUR
Philipp Schwabl et al. (2019)	<i>Detection of Various Microplastics in Human Stool</i>	Menggunakan metode prospective/1case series dimana responden menggunakan food diary dan pengambilan sampel tinja dilakukan langkah demi langkah sesuai petunjuk	Berbagai mikroplastik terdeteksi pada tinja manusia. Semua 8 sampel tinja dinyatakan positif mikroplastik. 20 mikroplastik (berukuran 50 hingga 500 µm) per 10 g tinja manusia diidentifikasi. Secara keseluruhan, 9 jenis plastik terdeteksi yang paling banyak adalah/1 polypropylene dan polyethylene terephthalate.	<i>Fourier-transform infrared microspectroscopy</i>
Garth A. Covernton et al. (2019)	<i>Microplastics in bivalves and their habitat in relation to shellfish aquaculture proximity in coastal British Columbia, Canada</i>	membandingkan konsentrasi partikel mikroplastik (MP)/1dengan melakukan study area, pengambilan sampel, Visual identification, Spectroscopic identification, data analysis	Konsentrasi MP tidak berbeda antara lokasi akuakultur dan non-akuakultur untuk spesies ikan, sedimen, atau sampel air.	<i>Fourier-transform infrared spectroscopy</i>

Akbar Tahir et al. (2015)	<i>Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption</i>	Mengukur antropogenik pada ikan dan kerang	Beberapa temuan pertama dari partikel-partikel plastik pada ikan yang dijual langsung untuk konsumsi manusia yang meningkatkan kekhawatiran tentang kesehatan manusia	Mikroskop
Muh. Afdal, Shinta Werorilangi, Ahmad Faizal, Akbar Tahir (2019)	<i>Studies on Microplastics Morphology Characteristics in the Coastal Water of Makassar City, South Sulawesi, Indonesia</i>	metode survei dengan menggunakan teknik purposive sampling dengan menganalisis secara mikroskopis kemungkinan kandungan mikroplastik dalam sampel air laut. Analisis data menggunakan analisis deskriptif	Karakteristik morfologi mikroplastik yang ditemukan meliputi ukuran dan warna. Ukuran mikroplastik dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu: <0,5 mm (13-25%); 0,5-1mm (28-40%); 1.1-2.5 mm (31-40%); dan 2,5-5 mm (12-19%), sedangkan untuk warna mikroplastik, 14 jenis warna ditemukan, didominasi oleh warna biru dan transparan.	kertas saring (Whatman 0,45 µm diameter 47 mm) menggunakan merek Medi Pump, Mikroskop Stereo (Euromex Stereo Blue 1902) dengan perbesaran 4,5x10.