

**ANALISIS RISIKO PAJANAN MIKROPLASTIK MELALUI
KONSUMSI IKAN KURISI (*Nemiptus japonicas*) DAN IKAN
KEMBUNG (*Rastrelliger sp.*) PADA MASYARAKAT DI
KAWASAN PESISIR DESA TAMASAJU KECAMATAN
GALESONG UTARA KABUPATEN TAKALAR**

***RISK ANALYSIS OF MICROPLASTIC EXPOSURE THROUGH
CONSUMPTION OF RED FISH (*Nemiptus Japonicas*) AND
MACKEREL (*Rastrelliger Sp.*) IN COMMUNITIES AT THE COASTAL
AREA OF TAMASAJU, TAKALAR DISTRICT***

LISAWATI NURTANG



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2020

**ANALISIS RISIKO PAJANAN MIKROPLASTIK MELALUI
KONSUMSI IKAN KURISI (*Nemiptus japonicas*) DAN IKAN
KEMBUNG (*Rastrelliger sp.*) PADA MASYARAKAT DI
KAWASAN PESISIR DESA TAMASAJU KECAMATAN
GALESONG UTARA KABUPATEN TAKALAR**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar Magister

**Program Studi
Kesehatan Masyarakat**

Disusun dan diajukan oleh

LISAWATI NURTANG

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2020**

TESIS

ANALISIS RISIKO PAJANAN MIKROPLASTIK MELALUI KONSUMSI IKAN KURISI (*Nemiptus japonicas*) DAN IKAN KEMBUNG (*Rastrelliger sp.*) PADA MASYARAKAT DI KAWASAN PESISIR DESA TAMASAJU KECAMATAN GALESONG UTARA KABUPATEN TAKALAR

Disusun dan diajukan oleh

LISAWATI NURTANG
Nomor Pokok K012181027

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

pada tanggal 03 November 2020

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasihat,



Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes

Ketua



Dr. Ir. Shinta Werorilangi, M.Sc

Anggota



Ketua Program Studi
Kesehatan Masyarakat

Dr. Masni, Apt., MSPH

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Lisawati Nurtang
Nomor mahasiswa : K012181027
Program Studi : Kesehatan Masyarakat

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan tulisan atau pemikiran orang lain. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dengan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika pedoman penulisan tesis.

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

Makassar, 10 November 2020

Yang menyatakan


(Lisawati Nurtang)

PRAKATA



Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala karunia dan ridho-Nya, sehingga tesis dengan judul “Analisis Risiko Paparan Mikroplastik Melalui Konsumsi Ikan kurisi (*Nemiptus Japonicas*) dan ikan kembung (*Rastrelliger Sp.*) Pada Masyarakat Di Kawasan Pesisir Desa Tamasaju Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar” ini dapat diselesaikan.

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Magister Kesehatan Masyarakat (M.KM) dalam bidang Kesehatan Lingkungan pada program studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin dengan sumber dana berasal dari dana pribadi dan dana penelitian dosen pembimbing.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes, C.EIA. sebagai Ketua Komisi Penasehat dan Ibu Dr. Ir. Shinta Werorilangi , M.Sc. sebagai Anggota Komisi Penasehat atas bimbingan, arahan, dan waktu yang telah diluangkan kepada penulis selama menjadi dosen pembimbing serta kesediannya mengikut sertakan penulis pada Penelitian Mikroplastik di lima kabupaten di Sulawesi Selatan.
2. Bapak Prof. Anwar, S.KM., M.Sc., Ph.D, Bapak Prof. Dr. Ir. Rachman Syah, MS, Ibu Dr.Erniwati Ibrahim, S.KM.,M.Kes, yang telah memberikan masukan dan saran pada saat seminar proposal dan seminar hasil tesis.
3. Ketua program studi Pascasarjana Ilmu Kesehatan Masyarakat Ibu Dr Masni, Apt.,MSPH.

4. Seluruh Dosen program Pascasarjana Ilmu Kesehatan Masyarakat khususnya Dosen bidang Kesehatan Lingkungan yang telah memberikan arahan dan bimbingan untuk mendalami ilmu kesehatan lingkungan.
5. Kepala Laboratorium Produktivitas dan Kesuburan Perairan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan (FIKP) Universitas Hasanuddin, Kepala Ekotoksikologi Laut Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan (FIKP) Universitas Hasanuddin, Kepala Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin, Kepala Laboratorium Kimia Terpadu Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Hasanuddin beserta seluruh Staf laboratorium yang telah banyak meluangkan waktu untuk membantu penelitian ini.
6. Suami saya Aipda Rahman, S.Sos, atas segala motivasi, perhatian dan doanya serta kesabarannya mendampingi saya selama proses kuliah hingga penyusunan tesis.
7. Ayahanda Nurtang, Ibunda Rukiani, Bapak mertua Laenre, Ibu mertua Hj. Ratna S.Pd, serta adik-adik saya atas segala dukungan dan doanya.
8. Bapak Abd. Rahman K, ST selaku staf operator fakultas Kesehatan Masyarakat, atas segala bantuannya dan fasilitas onlinenya selama proses pengurusan berkas di masa pandemi CoVid 2019.
9. Ibu Hj. Sahriani S.Pd, selaku Kepala Desa Tamasaju Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar, seluruh Staf kantor Desa Tamasaju, atas arahan dan bantuannya sehingga penelitian dapat berjalan lancar.
10. Rekan-rekan Mahasiswa Program Pascasarjana Ilmu Kesehatan Masyarakat atas dukungannya.
11. Rektor dan semua Civitas Akademika Universitas Hasanuddin (UNHAS) atas dukungannya.

12. Kepada semua pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Dengan keterbatasan pengalaman, ilmu maupun pustaka yang ditinjau, penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran agar tesis ini lebih sempurna serta sebagai masukan bagi penulis untuk penelitian dan penulisan karya ilmiah di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulisan berharap tesis ini memberikan manfaat bagi kita semua terutama agar dapat berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan kesehatan masyarakat bidang kesehatan lingkungan.

Makassar, 10 November 2020

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Lisawati Nurtang', with a stylized flourish at the end.

Lisawati Nurtang

ABSTRAK

LISAWATI NURTANG. *Analisis Tingkat Risiko Paparan Mikroplastik Oleh Manusia Melalui Konsumsi Ikan Kurisi (*Nemiptus Japonicas*) Dan Ikan Kembung (*Rastrelliger Sp.*) Pada Masyarakat Di Kawasan Pesisir Desa Tamasaju Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.* (Dibimbing oleh **Anwar Daud** dan **Shinta Werorilangi**).

Sampah plastik telah menjadi salah satu ancaman paling serius bagi lingkungan laut. Diantara sampah plastik yang menjadi perhatian khusus adalah plastik mikro karena ukurannya kecil. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis tingkat risiko paparan mikroplastik (MPs) melalui konsumsi ikan pada masyarakat di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.

Penelitian ini adalah jenis penelitian kualitatif dengan pendekatan deskriptif. Sampel dalam penelitian ini adalah 30 responden dan 20 ekor ikan dengan spesies ikan kembung dan ikan kurisi. Data diperoleh dengan wawancara menggunakan kusioner, identifikasi MPs pada ikan dan feses di laboratorium, serta identifikasi jenis polimer menggunakan FTIR- *spectroscopy*.

Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kelimpahan MPs yang ditemukan pada ikan yaitu 0.01 ± 0.008 item/g atau 10 ± 8 item/kg dan rata-rata kelimpahan MPs yang ditemukan pada feses yaitu 1.5 ± 0.5 item/g atau 1552.3 ± 594.9 item/kg. Jenis MPs yang ditemukan adalah bentuk line, fragment, film dan pellet, dengan variasi ukuran dan warna yang berbeda. Jenis polimer yang ditemukan pada penelitian ini adalah *Polystyrene (PS)*, *Low-density polyethylene (LDPE)*, dan *Polyvinyl chloride (PVC)*. Adapun rata-rata asupan harian (*intake*) terhadap MPs pada ikan yaitu $0,005 \pm 0,0025$ mg/kg/hari (non karsinogenik) dan $0,002 \pm 0,001$ mg/kg/hari (karsinogenik), serta rata-rata tingkat risiko (RQ) kesehatan pada manusia yaitu $0,02 \pm 0,01$. Diketahui bahwa $RQ \leq 1$, maka dikategorikan risiko paparan MPs pada manusia melalui konsumsi ikan masih dikategorikan aman. Jalur paparan MPs pada manusia tidak hanya melalui ikan, sehingga tetap diperlukan upaya pengendalian risiko paparan MPs pada manusia.

Kata Kunci: Analisis Risiko, Mikroplastik (MPs), Ikan Kurisi, Ikan Kembung, FTIR- *spectroscopy*.

19/10/2020

ABSTRACT

LISAWATI NURTANG. *Risk Analysis Of Microplastic Exposure Through Consumption Of Red Fish (*Nemiptus Japonicas*) And Mackerel (*Rastrelliger Sp.*) In Communities At The Coastal Area Of Tamasaju, Takalar District (Supervised by **Anwar Daud** and **Shinta Werorilangi**).*

Plastic waste has become one of the most serious threats to the marine environment. Among the plastic waste that is of particular concern are microplastics because of their small size. The purpose of this study was to analyze the risk of microplastic exposure through fish consumption in the coastal area of Tamasaju at Takalar District.

This research is qualitative research with a descriptive approach. The sample in this study were 30 respondents and 20 fish with mackerel and red fish species. Data obtained by interview using questionnaires, identification of MPs in fish and feces in the laboratory, and identification of polymer types using FTIR-spectroscopy.

The results showed that the average MPs abundance found in fish was 0.01 ± 0.008 items / g or 10 ± 8 items / kg and the average MPs abundance found in feces was 1.5 ± 0.5 items / g or 1552.3 ± 594.9 items / kg . The types of MPs found were line, fragment, film and pellet, with different sizes and colors. The shape of polymers found in this study are Polystyrene (PS), Low- density polyethylene (LDPE), and Polyvinyl chloride (PVC). The average daily intake (intake) of MPs in fish is 0.005 ± 0.0025 mg / kg / day (non- carcinogenic) and 0.002 ± 0.001 mg / kg / day (carcinogenic), as well as the average risk level (RQ). health in humans is 0.02 ± 0.01 . It is known when the $RQ_n \leq 1$, then the risk of MPs exposure to humans through fish consumption is categorized as safe. The pathway of exposure to MPs in humans is not only through fish, so efforts are still needed to control the risk of MPs exposure in humans.

Keywords: Risk Analysis, Microplastics, Fish, Mackerel, FTIR-spectroscopy.



DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	9
C. Tujuan Penelitian	9
D. Manfaat Penelitian	11

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Mikroplastik	12
B. Rute Paparan Mikroplastik Pada Manusia	21
C. Ikan Kurisi	23
D. Ikan Kembung	26
E. Tinja atau Feses Manusia	29
F. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)	31
G. Kerangka Teori	40
H. Kerangka Konsep	41
I. Definisi Operasional	42
J. Tabel Sintesa	43

BAB III METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian	47
B. Lokasi Penelitian Dan Waktu Penelitian	47
C. Populasi dan Sampel	49
D. Pengumpulan Data	49
E. Prosedur Penelitian	50
F. Pemeriksaan Sampel	53
G. Teknik Pengumpulan Data	62
H. Pengolahan Dan Analisis Data	63
I. Penyajian Data	66

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian.....	67
B. Pembahasan	86

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	110
B. Saran	111

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

1. Gambar Ikan Kurisi (<i>Nemipterus japonicas</i>)	23
2. Gambar Ikan Kembung (<i>Rastrelliger sp.</i>)	26
3. Gambar Peta Desa Tamasaju	67
4. Gambar Lokasi Pengambilan Sampel Ikan	70
5. Gambar Lokasi Pengambilan Sampel Feses	71

DAFTAR TABEL

HALAMAN

1. Tabel Klasifikasi Mikroplastik Berdasarkan Bentuk Klasifikasi	16
2. Tabel Jenis Mikroplastik yang Banyak Ditemukan Dan Densitasnya	17
3. Tabel Kategori Ukuran Standar Potongan Plastik	18
4. Tabel Perkiraan Komposisi Tinja Tanpa Air Seni	30
5. Tabel Jumlah Penduduk Berdasarkan Jenis Kelamin Desa Tamasaju Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar	72
6. Tabel Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Kelamin	73
7. Tabel Distribusi Responden Berdasarkan Kelompok Umur	73
8. Tabel Jenis Mata Pencaharian Penduduk Desa Tamasaju	74
9. Tabel Distribusi Responden Berdasarkan Mata Pencaharian	74
10. Tabel Jenis Ikan Yang Diidentifikasi Mikroplastik	75
11. Tabel Data Hasil Pengukuran Sampel Ikan	76
12. Tabel Data Kelimpahan Mikroplastik (MPs) Pada Ikan	76
13. Tabel Data Bentuk Mikroplastik (MPs) Pada Ikan	77
14. Tabel Data Warna Mikroplastik (MPs) Pada Ikan	77
15. Tabel Kelimpahan Mikroplastik (MPs) Pada Feses	78

16. Tabel Data Bentuk Mikroplastik (MPs) Pampel Feses	78
17. Tabel Data Warna Mikroplastik (MPs) Pampel Feses	79
18. Tabel Analisis FTIR Mikroplastik	83
19. Tabel Interpretasi Hasil Perhitungan Indikator Asupan Harian (<i>Intake</i>) Mikroplastik (MPs)	84
20. Tabel Interpretasi Hasil Perhitungan Asupan Harian (<i>Intake</i>) Mikroplastik (MPs).....	84
21. Tabel Interpretasi Hasil Perhitungan Tingkat Risiko Paparan Mikroplastik (MPs)	85

DAFTAR LAMPIRAN

	HALAMAN
1. Surat Izin Penelitian	121
2. Surat Rekomendasi Etik	123
3. Kusioner Penelitian	124
4. Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian	126
5. Dokumentasi Kegiatan	127
6. Data Responden	130
7. Data Analisis Tingkat Risiko	132
8. Data Pengukuran Sampel Ikan	134
9. Data Pengamatan MPs Sampel Ikan	135
10. Data Warna Dan Bentuk MPs Sampel Ikan	137
11. Data Responden Sampel Feses	140
12. Data Pengamatan MPs Sampel Feses	141
13. Data Warna Dan Bentuk MPs Sampel Feses	153
14. Hasil Analisis FTIR Mikroplastik (MPs)	158

DAFTAR SINGKATAN

AL	: <i>Action Level</i>
ARKL	: Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan
C	: <i>Concentration</i>
Dt	: <i>Duration time</i>
DW	: <i>Dry Weight</i>
ECR	: <i>Excess Cancer Risk</i>
EPA	: <i>Environmental Protection Agency</i>
FAO	: <i>Food and Agriculture Organization</i>
FE	: <i>Frecuency Exposure</i>
FTIR	: <i>Fourier Transform Infra Red</i>
GESAMP	: <i>Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection</i>
MPs	: Mikroplastik
Ink	: Intake Non Karsinogenik
Ik	: Intake Karsinogenik
KLHK	: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
KOH	: Kalium Hidroksida
LDPE	: <i>Low Density Polyethylene</i>
LOEL	: <i>Lowest Observed Adverse Effect Level</i>
NOEL	: <i>No Observed Adverse Effect Level</i>

PA	: <i>Polyamide (nylon)</i>
PBT	: Bioakumulasi dan Toksik
PC	: <i>Polycarbonate</i>
PE	: <i>Polyethylene</i>
PET	: <i>Polyethylene Terephthalate</i>
POM	: <i>Polyoxymethylene</i>
PP	: <i>Polypropylene</i>
PPI	: Pusat Pendaratan Ikan
PS	: <i>Polystyrene</i>
PU	: <i>Polyurethane</i>
PVC	: <i>Polyvinyl chloride</i>
R	: <i>Rate</i>
RQ	: <i>Risk Question</i>
RfC	: <i>Reference Concentration</i>
RfD	: <i>Reference Dose</i>
SPSS	: <i>Statistical Product and Service Solutions</i>
TPI	: Tempat Pelelangan Ikan
UNEP	: <i>United Nations Environment Programme</i>
USEPA	: <i>United States Environmental Protection Agency</i>
USFDA	: <i>United States Food and Drug Administration</i>
Wb	: <i>Weight of Body</i>
WHO	: <i>World Health Organization</i>

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Plastik telah merambah kehidupan sehari-hari, dari pakaian hingga pelapis dan dari kendaraan transportasi ke produk pembersih. Plastik itu murah, tahan lama, ringan dan mudah ditempa, menghasilkan jumlah aplikasi yang praktis tak terbatas. Sehingga kerugian yang diakibatkan oleh kelimpahan sampah plastik sangat terlihat di lingkungan. Sebagian besar kelimpahan mikroplastik ditemukan di perairan (Boucher and Friot 2017). Sampah plastik telah menjadi salah satu ancaman paling serius bagi lingkungan laut. Di antara sampah plastik yang menjadi perhatian khusus adalah plastik mikro karena ukurannya kecil. Kurangnya teknologi yang tersedia untuk mengukur keberadaan mikroplastik terkecil di lingkungan, dapat berpotensi menyebabkan efek buruk pada biota laut dan kesehatan manusia (Liu et al, 2019).

Mikroplastik didefinisikan sebagai potongan kecil dari plastik dalam ukuran lebih kecil dari lima millimeter (Boucher and Friot, 2017; GESAMP, 2019). Mikroplastik juga sengaja dibuat untuk berbagai aplikasi, seperti produk perawatan pribadi dan pakaian (Wright and Kelly, 2017).

Pelepasan secara global mikroplastik primer ke laut diperkirakan 1,5 juta/tahun. Perkiraan berkisar antara 0,8 dan 2,5 juta ton / tahun sesuai dengan skenario optimis atau pesimistis. Sebagian besar pelepasan mikroplastik ke laut terjadi karena penggunaan produk (49%) atau pemeliharaan produk (28%). Sementara jalur utama mikroplastik ini ke laut adalah melalui limpasan jalan (66%), sistem pengolahan air limbah (25%) dan terbawa angin (7%) (Boucher and Friot, 2017). Sebagian besar mikroplastik berasal dari daratan yang memasuki lingkungan laut, termasuk diantaranya mengalir melalui sungai (Gabriel et al, 2018). Polusi mikroplastik di laut Cina selatan berasal dari kegiatan perikanan dan pembuangan limbah rumah tangga manusia (Nie et al, 2019).

Mikroplastik telah ditemukan dalam air minum, air kemasan, garam, bir, madu. Pada air minum, konsentrasi partikel yang dilaporkan dalam sampel berkisar dari 0 hingga lebih dari 104 partikel/Lt dengan nilai rata-rata 103 partikel/Lt. Air minum yang bersumber dari tanah memiliki konsentrasi mikroplastik lebih dari 103/Lt. Pada air tawar, bentuk partikel mikro (mikroplastik) sangat bervariasi yaitu fragmen, serat, film, busa dan pellet. Konsentrasi mikroplastik yang ditemukan dalam madu adalah 0.116 serat/gram dengan kisaran ukuran 40-9000 μm dan 0.009 fragmen/g dengan kisaran ukuran 10-20 μm . Konsentrasi mikroplastik pada bir adalah 0.025 partikel/ml dan 0.033 fragmen/ml (WHO, 2019).

Liu et al (2019) menemukan keberadaan mikroplastik di udara. Mikroplastik ini terdiri dari *polietilen tereftalat* (PET), resin epoksi (EP), *polietilena* (PE), *resin alkid* (ALK), *rayon* (RY), *polipropilen* (PP), *poliamida* (PA), dan *polistiren* (PS). PET, EP, PE, dan ALK merupakan mayoritas (90%) dari semua jenis polimer.

Aktivitas manusia telah menyebabkan kontaminasi mikroplastik di seluruh lingkungan laut. Sebagai hasil dari kontaminasi yang meluas, mikroplastik mengendap dalam sedimen dan dicerna oleh banyak spesies laut termasuk ikan dan kerang (Smith et al, 2018). Mikroplastik ditemukan di sekitar cagar laut terpencil di pantai terbuka California, AS. Konsentrasi partikel mikroplastik di laut adalah 36,59 plastik / L dan dalam sedimen adalah $0,227 \pm 0,135$ plastik / g berat kering sedimen. Kepadatan mikroplastik tertinggi pada siput herbivora, *Tegulanebralis* yaitu $9,91 \pm 6,31$ plastik / g berat kering jaringan (Saley et al, 2019).

Sebuah laporan PBB tahun 2016 mendokumentasikan lebih dari 800 spesies hewan terkontaminasi dengan mikroplastik melalui proses pencernaan dan terakumulasi dalam tubuhnya sekitar 69%. Jumlah ini jauh lebih besar dari yang dilaporkan pada tahun 1977, yang mendokumentasikan sekitar 247 spesies hewan yang terkontaminasi. Dari 800 spesies hewan ini, 220 spesies tersebut telah ditemukan mikroplastik terakumulasi dalam tubuhnya (Lusher, 2017).

Konsumsi mikroplastik oleh ikan sangat erat kaitannya dengan polusi plastik di lingkungan laut. Konsumsi mikroplastik ikan laut dari lereng benua utara Laut Cina Selatan menunjukkan tingginya tingkat polusi mikroplastik di wilayah ini. Mikroplastik yang ditemukan dalam sampel perut ikan adalah 1,12 - 1,96 item/ individu dan 1,08 - 1,53 item/g. Sedangkan mikroplastik yang ditemukan dalam sampel usus ikan adalah 0,73 – 1,77 item/individu dan 4,74 – 4,82 item/ g. Mikroplastik yang dicerna oleh ikan didominasi oleh mikroplastik yang berukuran <1 mm, berbentuk seperti film dan berwarna transparan (Zhu et al, 2019).

Selain itu, partikel mikroplastik banyak ditemukan dalam sedimen dan hewan *filter feeding* (Jahan et al. 2019). Hewan *filter feeding* seperti kerang paling banyak menyerap mikroplastik dalam tubuhnya, sebagaimana hasil penelitian di Tokyo Jepang yang menunjukkan sekitar 1 µm, 10 µm, dan 90 µm mikroplastik terdapat di tubuh kerang *Mediterranea Mytilus galloprovincialis* (Kinjo et al. 2019). Sementara, penelitian dari laut China melaporkan kelimpahan mikroplastik dalam air permukaan berkisar antara 1597 hingga 12.611 n / m³ dan pada sedimen 25 hingga 300 n / kg berat basah (berat) (Di and Wang, 2018).

Pencemaran limbah plastik di Indonesia sudah mencapai batas serius, menurut Jambeck et al. (2015) Indonesia menempati peringkat ke-2 sebagai negara yang menghasilkan limbah plastik paling banyak. Indonesia menyumbang sebanyak 0,48 – 1,29 juta metrik ton sampah

plastik ke laut setiap tahunnya. Dengan demikian, di Indonesia total sampah plastik diprediksi mencapai 9,52 juta ton pada tahun 2019 (KLHK, 2017). Saat ini jumlah tersebut belum berakibat sangat fatal, namun jika dibiarkan seiring berjalannya waktu jumlah plastik terus meningkat sementara pengelolaan sampah plastik di Indonesia belum cukup baik. Persentase sampah plastik di Indonesia yang belum tertangani dengan benar sangat tinggi yaitu 83% (Jambeck et al, 2015). Hal tersebut diperparah dengan budaya masyarakat membuang sampah sembarangan terutama untuk sampah kemasan makanan atau minuman yang sebagian besar terbuat dari plastik (Syakti et al, 2017).

Pencemaran mikroplastik di sepanjang pantai Indonesia merupakan masalah yang harus segera dipecahkan, karena masuknya berasal dari limbah buangan berbagai kegiatan manusia. Pantai yang berdekatan dengan sungai menunjukkan kelimpahan mikroplastik yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan yang dipengaruhi oleh kegiatan wisata pantai dan pemukiman (Joetidawati 2018). Bentuk mikroplastik yang didapatkan di air dan sedimen perairan Teluk Benoa Provinsi Bali yaitu fragmen, film, dan fiber (Hafidh et al, 2018).

Penemuan mikroplastik dalam *seafood* menjadi salah satu kontaminan yang bersifat baru (*novel food contaminant*). Penemuan mikroplastik dalam tubuh *seafood* dapat menjadi ancaman bagi keamanan pangan dalam negeri. Apalagi Indonesia dikenal sebagai salah

satu negara maritim yang memiliki potensi besar dalam sektor perikanan dimana pada triwulan akhir tahun 2015 total produksi hasil laut Indonesia mencapai 14,79 juta ton (Kementrian Kelautan dan Perikanan, 2015).

Mikroplastik memiliki berbagai efek toksikologis pada organisme yang berbeda. Usus mikrobiota terkait berkaitan erat dengan kesehatan inang dan merupakan target toksisitas untuk polutan tertentu termasuk mikroplastik. Faktanya adalah semakin banyak penelitian membuktikan bahwa mikroplastik tidak hanya dapat berinteraksi dengan mikroorganisme secara langsung tetapi juga berfungsi sebagai pembawa polutan lain dan berinteraksi dengan mikroorganisme secara tidak langsung (Lu et al, 2019).

Mikroplastik sebagai sumber dan vektor untuk logam, antibiotik, bahan kimia beracun, bakteri patogen (*Vibrio cholerae*), dan *dinoflagellata* pembentuk Alga Mekar (HAB) yang Berbahaya di seluruh benua (Naik et al. 2019). Gabriel et al. (2018) Ekosistem laut yang terkontaminasi oleh mikroplastik tidak hanya menjadi perhatian karena dampak ekologisnya tetapi juga karena mikroplastik dapat berdampak pada ketahanan pangan, keamanan pangan dan kesehatan manusia. Kehadiran mikroplastik dalam spesies yang dikonsumsi oleh manusia adalah masalah global dan manusia rentan terhadap paparan mikroplastik ketika mengkonsumsi makanan laut dan makanan lainnya, serta melalui rute lain seperti udara.

Penelitian terhadap kotoran (feses manusia) oleh Schwab et al (2018), menunjukkan bahwa semua sampel tinja positif mengandung mikroplastik dari 8 tinja relawan, dengan sebuah median dari 20 mikroplastik (50 hingga 500 pM dalam ukuran) per 10 g. Akumulasi partikel mikroplastik pada manusia memiliki potensi risiko kesehatan seperti sitotoksitas, hipersensitivitas, respons imun yang tidak diinginkan, dan respons akut seperti hemolisis (Hwang et al. 2019).

Namun, informasi tentang arus mikroplastik dalam tubuh manusia, secara umum tingkat paparannya sebagian besar tidak diketahui, dan efek potensial pada konsumen kurang dipahami. Informasi ini diperlukan untuk menyediakan dasar untuk penilaian risiko pada kesehatan manusia. Memahami proses dan mekanisme yang terlibat dalam pemasukan dan asimilasi mikroplastik di jaringan manusia, serta pengaruhnya terhadap kesehatan manusia adalah prioritas daerah penelitian dan harus dieksplorasi di tahun-tahun mendatang.

Identifikasi keberadaan mikroplastik di wilayah Makassar belum ditemukan kasus yang mengkhawatirkan, termasuk efeknya terhadap manusia. Akan tetapi, beberapa penelitian yang dilakukan di sekitar wilayah pesisir Makassar tentang pencemaran mikroplastik menunjukkan hasil yang cukup tinggi. Sebuah penelitian terhadap ikan-ikan tangkapan di TPI Paotere Kota Makassar oleh Rochman (2015) menemukan dalam masing-masing spesies ikan, partikel antropogenik ditemukan pada 56%

ikan tenggiri India, 29% dari ikan sirip pendek, 40% ikan haring, 71% dari spesies kecil atau remaja (~ 20 cm panjang) spesies *Carangidae* pesisir dan 29% dari ikan kelinci. Mikroplastik dalam jumlah yang terbesar ditemukan dalam ikan dari keluarga *Carangidae*. Dengan rata-rata jumlah mikroplastik sebesar $5,9 \pm 5,1$ partikel per ikan. Mikroplastik yang ditemukan dalam saluran pencernaan ikan ini memiliki bentuk fragmen, film, Styrofoam, dan monofilament.

Selain TPI Paotere kota Makassar, salah satu tempat pelelangan ikan yang juga terkenal di Kota Makassar adalah Pelelangan Ikan Beba yang terletak di Desa Tamasaju Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar. Berbagai jenis *seafood* yang diperjualbelikan di pelelangan ini, bahkan pengunjung atau pembeli yang datang dapat langsung menikmati hasil tangkapan nelayan yang disediakan di warung-warung makan di sepanjang jalan masuk Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Beba Desa Tamasaju. Desa ini termasuk desa yang sangat berdekatan dengan pelelangan ikan Beba, dimana keempat dusunnya berada di sepanjang kawasan pesisir pantai Beba. Masyarakat di desa ini memiliki profesi utama sebagai nelayan, dan sebagian besar masyarakat disini menjadikan *seafood* sebagai makanan lauk sehari-hari.

Kehadiran mikroplastik dalam spesies laut yang sering dikonsumsi masyarakat menimbulkan kekhawatiran tentang tingkat risiko mikroplastik pada kesehatan manusia. Oleh karena itu, dalam studi ini, akan ditinjau

bukti makanan laut (ikan) terkontaminasi oleh mikroplastik, dan tingkat risiko dari kehadiran mikroplastik di lingkungan laut terhadap kesehatan manusia.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “Bagaimana tingkat risiko pajanan mikroplastik melalui konsumsi ikan kurisi dan ikan kembung pada masyarakat di kawasan pesisir Desa Tamasaju Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar?.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat risiko pajanan mikroplastik melalui konsumsi Ikan pada masyarakat di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.

2. Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

- a. Untuk menganalisis rata-rata kelimpahan mikroplastik pada ikan yang ada di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.

- b. Untuk mengidentifikasi bentuk dan warna mikroplastik yang ditemukan pada ikan kurisi dan ikan kembung di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.
- c. Untuk menganalisis rata-rata kelimpahan mikroplastik pada feses masyarakat yang ada di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.
- d. Untuk mengidentifikasi bentuk dan warna mikroplastik pada feses masyarakat di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.
- e. Untuk menganalisis jenis polimer mikroplastik pada ikan dan feses masyarakat yang ada di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.
- f. Untuk menganalisis rata-rata konsentrasi mikroplastik pada ikan yang dikonsumsi masyarakat di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.
- g. Untuk menganalisis rata-rata laju asupan mikroplastik pada masyarakat di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.
- h. Untuk menganalisis rata-rata frekuensi pajanan mikroplastik pada masyarakat di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.
- i. Untuk menganalisis rata-rata durasi pajanan mikroplastik pada masyarakat di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.
- j. Untuk menganalisis rata-rata berat badan masyarakat yang terpajan mikroplastik di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.

- k. Untuk menganalisis tingkat asupan harian (*Intake*) masyarakat yang terpajan mikroplastik di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.
- l. Untuk menganalisis rata-rata tingkat risiko (*Risk question*) masyarakat yang terpajan mikroplastik di kawasan pesisir Desa Tamasaju, Kecamatan Galesong Utara Kabupaten Takalar.

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Ilmiah

Sebagai informasi bagi masyarakat agar turut menjaga lingkungan perairan dari pencemaran mikroplastik karena dapat berdampak pada biota air dan kesehatan manusia .

2. Manfaat Praktis

Sebagai bahan masukan bagi instansi terkait dalam rangka mengantisipasi kerusakan atau kemerosotan kualitas lingkungan.

3. Manfaat Bagi Peneliti

Menjadi sebuah pengalaman yang berharga dari peneliti serta informasi bagi peneliti selanjutnya dalam hal pengembangan pengetahuan yang diperoleh.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Mikroplastik

Istilah 'mikroplastik' pertama kali muncul pada tahun 1968 dalam publikasi oleh Angkatan Udara AS (*Materials Laboratory*). Pada saat itu istilah tersebut digunakan untuk menggambarkan demformasi dari bahan plastik. Kebetulan, dalam publikasi yang sama, istilah mikroplastik juga lebih dulu muncul dan digunakan untuk menggambarkan deformasi bahan plastik yang dihasilkan atau yang mengandung dari parikel strain yang jauh lebih tinggi. Sejak itu, istilah mikroplastik telah banyak diadopsi oleh para ilmuwan untuk mengambil makna baru di mana mereka umumnya merujuk pada ukuran fisik selembat plastik. Belakangan dorongan penelitian muncul dari perubahan-perubahan yang dihasilkan dari penemuan potongan-potongan kecil plastik di lingkungan perairan pada tahun 1970-an (Crawford et al, 2017).

1. Sumber

Mikroplastik yang ada di lingkungan laut dihasilkan dari fragmentasi puing-puing plastik yang lebih besar atau yang masuk ke dalam air dan sedimen sudah berbentuk partikel berukuran mikro atau nano. Sumber

mikroplastik adalah komponen pra-produksi beragam produk, seperti serpihan produk perikanan, paket dan botol minuman, tekstil sintetik, ban mobil, cat, peralatan elektronik, kosmetik dan produk perawatan pribadi (mis. pembersih wajah, gel mandi, pasta gigi) (Andrady, 2017).

Sumber yang lain dapat juga dihasilkan dari input langsung, seperti aktivitas industri pada wilayah pesisir pantai (mis. ekstraksi minyak dan gas, akuakultur), sampah nelayan dan sampah yang dikeluarkan selama kegiatan laut, termasuk pariwisata (Jahan et al. 2019).

2. Kategori Mikroplastik

Menurut Crawford et al (2017), meskipun sumber utama mikroplastik di lingkungan akuatik adalah hasil dari pemecahan potongan plastik yang lebih besar atau mikroplastik yang sengaja dibuat. Memang, kita menemukan satu bentuk mikroplastik yang diproduksi setiap hari, seperti serat sintetik dalam pakaian kita. Dengan demikian, untuk menggambarkan antara sumber degradatif dan industri mikroplastik, ada dua kategori utama yaitu primer dan sekunder.

a. Mikroplastik Primer

Mikroplastik primer biasanya berupa manik-manik kecil yang berbentuk bulat kecil yang sengaja diproduksi oleh industri plastik untuk digunakan dalam kosmetik, produk perawatan pribadi, pengelupasan kulit, dan bahan pembersih. Jenis mikroplastik yang biasa digunakan adalah *Ppolyetilena*, yang karena sifat permukaannya yang halus, cenderung

memiliki efek lebih lembut pada kulit. Bentuk lain dari mikroplastik primer adalah bahan baku industri. Banyak mikroplastik primer sering dilepas secara sembarangan langsung ke lingkungan laut, seperti selama kegiatan produksi pada industri. Industri dianggap berkontribusi besar terhadap kelimpahan mikroplastik di lingkungan laut. Serat sintetis yang digunakan untuk memproduksi pakaian juga merupakan mikroplastik primer.

Akibatnya, banyak produsen utama dunia sekarang berjanji untuk menghentikan penggabungan manik-manik plastik dalam lini produk mereka, sebagiannya sebagai respons terhadap tekanan dari LSM, konsumen, badan legislative. Semakin banyak pengecer yang telah mengambil inisiatif dan berjanji untuk menghentikan pengadaan produk yang mengandung mikroplastik. Selain itu, beberapa otoritas pemerintah memperkenalkan larangan langsung pada produksi produk yang mengandung mikroplastik. Namun, meskipun ini adalah langkah-langkah yang menjanjikan dalam mengurangi sejumlah besar plastik yang dibuang ke lingkungan perairan setiap tahun, pada saat ini tidak ada metode yang efektif yang mampu menghilangkan sejumlah besar mikroplastik primer yang sudah ada di sana.

b. Mikroplastik Sekunder

Mikroplastik sekunder adalah potongan plastik tidak beraturan yang diproduksi secara tidak sengaja sebagai hasil dari degradasi plastik yang lebih besar, seperti kantong plastik, krat, botol dan terutama tali dan jaring. Selama periode waktu tertentu, potongan-potongan plastik besar ini akan

terdegradasi akibat paparan sinar ultraviolet matahari dan dengan cara mekanis, seperti gelombang pasang surut, akan membentuk potongan plastik yang lebih kecil dan lebih kecil. Sebagai contoh, baru-baru ini diperlihatkan bahwa selembar cangkir kopi *polystyrene* selembar 1 cm² ditempatkan dalam air demineralisasi pada suhu 30 ° C selama 24 jam, dan terkena sinar ultraviolet pada 320-400 nm, ternyata mampu menghasilkan 1,26 × 10⁸ nanopartikel per mililiter setelah 56 hari, dan dengan ukuran rata-rata 224 nm. Hal ini memprihatinkan karena nanoplastik polistiren dapat terdistribusikan ke seluruh badan air. Oleh karena itu, nanoplastik tersedia untuk dikonsumsi oleh berbagai macam biota, yang dikira sebagai sumber makanan.

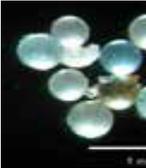
Sumber mikroplastik sekunder lainnya adalah karpet yang dibuang dan kelambu anti-predator. Karena sifatnya yang berserat dan dapat melepaskan serat dalam volume besar ke dalam air di sekitarnya. Akibatnya, telah diperkirakan bahwa 18% dari semua mikroplastik berasal dari degradasi tali plastik dan jaring. Selain itu, telah diperkirakan bahwa Eropa memberikan kontribusi antara 68.500 dan 275.000 ton mikroplastik sekunder ke lautan setiap tahun.

3. Jenis Dan Bentuk Mikroplastik

Mikroplastik secara luas digolongkan menurut karakter morfologi yaitu ukuran, bentuk, warna. Ukuran menjadi faktor penting berkaitan dengan jangkauan efek yang terkena pada organisme. Luas permukaan yang besar

dibandingkan rasio volume dari sebuah partikel kecil membuat mikroplastik berpotensi melepas dengan cepat bahan kimia (Velzeboer et al, 2014 dalam Lusher & Peter, 2017). Mikroplastik berdasarkan bentuknya disajikan dalam Tabel berikut:

Tabel I. Klasifikasi Mikroplastik Berdasarkan Bentuk Klasifikasi

Bentuk Klasifikasi	Istilah lain	Karakteristik	Contoh
Fragmen (Fragment)	Granula, serpihan	Partikel berbentuk tidak teratur yang merupakan pecahan sampah	
Busa (Foam)	EPS, PUR	Partikel yang menyerupai bola atau granular, mudah berubah dibawah tekanan dan bersifat elastic tergantung pada kondisi cuaca	
Film	Lembar	Partikel berbentuk datar, fleksibel	
Garis (Line)	Serat (Fiber), Filamen	Berserat dan memiliki ukuran panjang yang lebih panjang dari lebarnya	
Pelet	Manik-manik resin	Partikel keras menyerupai bola, halus atau berbentuk butiran	

Sumber: GESAMP 2019

Banyak penelitian yang telah mendokumentasikan keberadaan mikroplastik di ekosistem laut yang ada di berbagai wilayah pesisir di seluruh

dunia, baik di air maupun di sedimennya dengan jumlah dan jenis plastik yang beragam. Beberapa jenis plastik yang banyak ditemukan sebagai polutan di ekosistem laut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Jenis Mikroplastik Yang Banyak Ditemukan Dan Densitasnya

Tipe plastik	Densitas (g/cm ³)
Polyethylene	0,917 – 0,965
polypropylene	0,9 – 0,91
polystyrene	1,04 – 1,1
polyamide (nylon)	1,02 – 1,05
polyester	1,24 – 2,3
acrylic	1,09 – 1,2
polyoximethylene	1,41 – 1,61
polyvinyl alcohol	1,19 – 1,31
polyvinyl chloride	1,16 – 1,58
poly methylacrylate	1,17 – 1,2
Polyethylene terephthalate	1,37 – 1,45
Alkyd	1,24 – 2,1
Polyurethane	1,2

Sumber: *Hidalgo-Ruz et al. (2012) dalam Buku (Widianarko and Hantoro 2018).*

4. Karakteristik

Ada banyak jaring makanan di lautan dunia, terdiri dari beragam organisme yang menempati ceruk yang berbeda, dan memiliki perilaku dan pola makan yang berbeda. Sejauh ini, hanya sebagian kecil dari taksa ini telah dimasukkan dalam studi tentang puing-puing mikroplastik di ekosistem laut. Mikroplastik (puing plastik mikroskopis, berdiameter 100 nm hingga 5

mm) kini dikenal luas sebagai polutan yang menjadi perhatian internasional (GESAMP, 2019).

Tabel 3. Kategori Ukuran Standar Potongan Plastik

Karakteristik	Ukuran relatif	Ukuran umum	Satuan	Referensi	Ukuran alternatif
Mega	Sangat besar	>1 m	Meter	GESAMP	
Makro	Besar	25-1000mm	Meter Centimeter Milimeter	MSFD	25-50 mm
Meso	Sedang	5-25 mm	Centimeter Millimeter	MSFD	<25 mm 1-25 mm
Mikro	Kecil	<5 mm	Millimeter Micron	NOWPAP MSFD	1-5 mm <1 mm >330 μm
Nano	Sangat kecil	<1 μm	Nanometer		<100 nm

Sumber: GESAMP, 2019

Mikroplastik terdiri dari berbagai polimer yang memiliki karakteristik khusus sendiri yang memengaruhi distribusi mereka di dalam air, dan karenanya organisme dan habitat mana yang rentan terhadap paparan plastik. Kondisi angin lokal, arus air, dan geo-morfologi semuanya mempengaruhi distribusi mikroplastik dalam air dan akumulasi spasialnya (Barnes et al., 2009). Sejumlah besar partikel antropogenik yang terdampar di pantai-pantai di seluruh dunia (Browne et al., 2011) memberikan bukti

visual tentang efisiensi yang dengannya puing-puing plastik terapung dapat diangkut di permukaan laut. Sekitar setengah dari puing-puing plastik laut awalnya mengapung (mis., Polystyrene, polyethylene, dan polypropylene), sedangkan plastik yang lebih padat (mis., Polivinilklorida dan nilon) siap tenggelam di air laut. Seperti yang diamati dari berbagai kampanye pengambilan sampel, mikroplastik dapat meresap ke seluruh kolom air, dengan plastik dan puing-puing mikroplastik, termasuk plastik polimer densitas rendah, banyak terbukti dalam ekosistem bentik (Miller et al., 2017).

Mikroplastik bersifat pasif: mengambang bebas di permukaan air, ditanggihkan atau perlahan-lahan tenggelam dalam kolom air, atau diendapkan pada atau di dalam dasar laut. *Encounter rate* (mis., komunitas yang dengannya predator bersentuhan dengan mangsanya) adalah faktor penting yang memengaruhi tingkat konsumsi mangsa tersebut (mis., Evans, 1989). Terutama, tingkat pertemuan dipengaruhi oleh kelimpahan relatif dari predator / grazer dan mangsa; untuk terjadinya mikroplastik, perlu ada tumpang tindih spasial yang signifikan antara biota dan plastik dan sejumlah besar plastik yang ada untuk kemungkinan terjadinya pertemuan (Setälä et al. 2018).

Sifat fisik dan kimia mikroplastik memfasilitasi penyerapan kontaminan ke permukaan partikel, yang berfungsi sebagai vektor kontaminan ke organisme setelah tertelan. Faktor bioakumulasi untuk organisme trofik yang lebih tinggi dan dampak pada jaring makanan laut yang lebih luas tetap tidak

diketahui. Tujuan utama dari tinjauan ini adalah untuk membahas faktor-faktor yang mempengaruhi konsumsi mikroplastik; menggambarkan dampak biologis dari kontaminan kimia terkait; menyoroti bukti untuk transfer trofi mikroplastik dan kontaminan dalam jaring makanan laut dan menguraikan prioritas penelitian di masa depan untuk mengatasi masalah kesehatan manusia yang potensial. Studi laboratorium terkontrol yang melihat efek mikroplastik dan kontaminan pada organisme model menggunakan konsentrasi nominal dan akibatnya memiliki sedikit relevansi dengan lingkungan nyata. Beberapa penelitian telah berusaha melacak nasib mikroplastik dan kontaminan campuran melalui jaring makanan laut yang kompleks menggunakan konsentrasi yang relevan dengan lingkungan untuk mengidentifikasi tingkat risiko yang sebenarnya. Sejauh pengetahuan kami, belum ada upaya untuk memahami transfer mikroplastik dan kontaminan terkait dari makanan laut ke manusia dan implikasinya bagi kesehatan manusia. Penelitian diperlukan untuk menentukan faktor bioakumulasi untuk makanan laut populer untuk mengidentifikasi dampak potensial terhadap kesehatan manusia (Carbery et al. 2018).

5. Akumulasi Mikroplastik pada Jaring Makanan Laut

Memahami dampak potensial kontaminan produktif ini terhadap kehidupan laut dan jaring makanan telah menjadi hal yang menarik, dengan peningkatan eksponensial dalam penelitian yang dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Hubungan berulang antara mikroplastik, biota, dan proses

ekologis yang dimediasi secara biologis. Konsumsi mikroplastik telah didokumentasikan pada hewan di seluruh jaring makanan laut, termasuk zooplankton (Desforges et al., 2014), ikan (Bellas et al., 2016), mamalia laut (Bravo Rebolledo et al., 2013), dan kura-kura (Nelms et al., 2016).

Dibandingkan dengan interaksi dinamis antara predator / *grazer* dan mangsa alami mereka, hubungan antara hewan dan mikroplastik agak disederhanakan. Cara makan dan riwayat hidup suatu organisme akan memengaruhi pertemuan dan laju masuknya mikroplastik. Organisme dapat secara aktif memilih plastik dari lingkungan untuk mencari mangsa, atau mereka dapat menelannya secara tidak sengaja saat memakan partikel makanan atau hewan yang mengandung plastik (Setala et al. 2018).

B. Rute Paparan Mikroplastik Pada Manusia

Polutan mikroplastik dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui mulut, rantai makanan (produk laut), penggunaan produk perawatan pribadi, kosmetik, dan udara (Daud A, 2019).

1. Melalui Mulut (Oral)

a. Air Minum

Keberadaan mikroplastik di ekosistem tanah dan air tawar telah diukur, termasuk di lokasi yang digunakan sebagai sumber air minum yang mewakili cara paparan manusia terhadap mikroplastik, terutama jika partikel plastik dapat melewati sistem filtrasi pengolahan air limbah (Eriksen M et al,

2016, Carr SA et al, 2016). Diperkirakan bahwa bungan harian dapat berkisar dari 50.000 hingga 15 juta partikel (Mason SA et al, 2016).

b. Rantai Makanan: Produk Laut

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).

c. Makanan Lainnya

Manusia juga dapat langsung terkena mikroplastik dan nanoplastik melalui konsumsi partikel-partikel ini yang tercampur dalam makanan atau minuman. Misalnya, penggunaan pembungkus makanan yang berbahan plastik tentu sangat memungkinkan plastik ikut dikonsumsi oleh manusia.

2. Melalui Kulit

Kontak kulit dapat terjadi ketika manusia berintraksi dengan air yang terkontaminasi dengan mikroplastik atau nanoplastik selama mencuci atau melalui lulur wajah/tubuh yang mengandung mikroplastik. Tetapi, karena ukuran mikroplastik dan pengambilan partikel di kulit membutuhkan penetrasi *steatum corneum* yang terbatas pada partikel pada pasrtikel di bawah 100

nm, maka penyerapan melalui kulit tidak mungkin terjadi. Namun, Nanoplastik memungkinkan untuk menembus kulit manusia (Sykes EA et al, 2014).

3. Melalui Pernapasan (Udara)

Pajanan manusia terhadap mikroplastik dan nanoplastik melalui inhalasi dapat terjadi setelah mikroplastik dan nanoplastik berada di udara, dimana berpotensi dari aksi gelombang di lingkungan air atau lumpur pengolahan air limbah. Selain itu, mikroplastik telah terdeteksi dalam atmosfer yang memungkinkan sumber pajanan inhalasi lainnya. Namun, saat ini sangat sedikit penelitian dapat membuktikan kehadiran mikroplastik di udara dibandingkan dengan lingkungan perairan. Sebagai contoh kehadiran mikroplastik di udara yaitu mikroplastik (serat), terdeteksi (29-280 partikel/m²/hari) (Dris R et al, 2016).

C. Ikan Kurisi



Sumber: (Bleeker, 1851) dalam (Fishbase, 2019)

Ikan kurisi (*Nemipterus japonicas*) adalah ikan dari marga *Nemipterus*. Jenis ikan ini merupakan ikan demersal yang sangat familiar di masyarakat karena banyak digunakan sebagai bahan baku makanan. Ada beberapa jenis ikan kurisi dikenal masyarakat yaitu ikan kurisi merah dan ikan kurisi hijau.

Menurut (Bloch, 1791) dalam FAO (2001), klasifikasi ikan kurisi adalah sebagai berikut:

Filum	: <i>Chordata</i>
Sub filum	: Vertebrata
Super kelas	: <i>Osteichthyes</i>
Kelas	: <i>Achinopterygi</i>
Super ordo	: <i>Acanthopterygi</i>
Ordo	: <i>Perciformes</i>
Sub Ordo	: <i>Percoidei</i>
Familiy	: <i>Nemipteridae</i>
Genus	: <i>Nemipterus</i>
Spesies	: <i>Nemipterus jeponicus</i> (Bloch, 1791)
Nama Internasional	: <i>Japanese threadfine bream</i>
Nama Indonesia	: Kurisi
Nama lokal	: Juku eja

Jenis ikan pada Marga *Nemipterus* memiliki ciri-ciri morfologi yang hampir sama, sehingga terkadang sulit menentukan jenisnya secara kasat

mata. Bentuk badan yang pipih dan memanjang dengan warna tubuh agak kemerahmudaan merupakan cirri umum dari marga tersebut. *N.Japonicus* memiliki ciri khusus yaitu terdapat sebelas atau dua belas garis berwarna kuning keemasan yang memanjang dari belakang kepala hingga ke dasar sirip ekor serta adanya totol atau bercak merah kekuningan dekat pangkal garis rusuk (Yonvitner et al, 2017)

Tinggi tubuh *N.Japonicus* adalah 2,7 – 3,5 kali panjang standarnya, sedangkan pajang hidungnya sama atau lebih besar dari diameter mata. Diameter mata ikan ini 3,2 hingga 4,4 kali panjang kepala. Lebar interorbital dan tinggi suborbital 1-1,9 kali diameter mata. Bentuk sirip ekor ikan ini bercabang dengan cabang bagian atas sedikit lebih panjang dibandingkan dengan cabang di bawah dan terdapat filament. Tubuh bagian atas berwarna merah muda dan bagian bawah keperak-perakan. Sirip punggung, dada dan dubur berwarna keputihan, sedangkan sirip dada dan ekor agak merah muda (Wiryaphan et al, 2015).

Nemiptus Japonicas adalah jenis ikan yang hidup di dekat atau dasar perairan dengan substrat lumpur atau pasir. Ikan ini melimpah di perairan pesisir dan hidup pada kedalaman 5-80 meter serta membentuk gerombolan (*schooling*) (Wiryaphan et al, 2015).

Di Indonesia jenis ikan ini merupakan satu komoditi ikan yang cukup mudah didapatkan di beberapa daerah di Indonesia. Ikan kurisi paling banyak ditemukan di pesisir Kalimantan dan Makasar Sulawesi Selatan. Berdasarkan

pengamatan secara langsung di pasar tradisional ikan kurisi sering dijumpai dengan harga yang cukup murah.

Masyarakat pesisir menjadikan ikan kurisi sebagai makanan sehari-hari karena mudah didapatkan oleh nelayan dan ikan ini tidak bergantung pada musim. Akan tetapi, ikan ini di daerah perkotaan tidak begitu disukai karena adanya sisik dan duri yang cukup banyak.

D. Ikan Kembung



Sumber: (Bleeker, 1851) dalam (Fishbase, 2019)

Ikan Kembung adalah nama ikan laut yang tergolong dalam marga *Rastrelliger*. Ikan kembung masih sekerabat dengan ikan tenggiri, tongkol, tuna, dan makerel. Ikan kembung termasuk jenis ikan pelagis kecil yang memiliki nilai ekonomis menengah sehingga terhitung sebagai komoditas yang cukup penting bagi nelayan.

Menurut Matsui (1967) dalam FAO (2001). Kasifikasi ilmiah ikan kembung adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Animalia
Filum	: Chordata

Kelas	: Actinopterygii
Ordo	: Perciformes
Famili	: Scombridae
Genus	: Rastrelliger
Nama Indonesia	: Kembung
Nama Lokal	: Lema (Ambon), Katombo (Makasar)

Ikan kembung memiliki ciri-ciri tubuh ramping memanjang, memipih dan agak tinggi. Sisi dorsal gelap, biru kehijauan hingga kecoklatan, dengan 1-2 deret bintik gelap membujur di dekat pangkal sirip punggung; sisik ventral keperakan. Sisik-sisik menutupi tubuh kembung berukuran kecil dan seragam. Sirip punggung dalam dua berkas, diikuti oleh 5 sirip kecil tambahan(finlet). Jumlah finlet yang sama juga terdapat di belakang sirip anal, duri pertama sirip anal tipis dan kecil. Sepasang lunas ekor berukuran kecil terdapat di masing-masing sisi batang ekor. Di depan dan belakang mata terdapat pelupuk mata berlemak (Carpenter, 2001).

Ikan kembung merupakan ikan ekonomis penting bagi masyarakat pesisir dan menjadi target tangkapan nelayan. Eksploitasi terhadap ikan kembung mengakibatkan kelestarian ikan kembung menurun, ditambah lagi penggunaan alat tangkap yang tidak ramah lingkungan semakin menurunkan jumlah ikan kembung di perairan. (Anggreini, 2017).

Ikan kembung termasuk jenis oceanodramus yang hidup di laut tropis pada rentang kedalaman 20 hingga 90 m. Termasuk ikan yang

komersil penting dengan kategori harga yang cukup tinggi. tersebar di wilayah indopasifik barat, yaitu Afrika Timur, hingga Indonesi, kearah utara kepulauanChina, arah selatan ke Australia (Bailly, 2010).

Untuk menangkap ikan kembung digunakan alat pancing kintu, jaring insang dan pukot pantai. Pancing kintu adalah jenis alat tangkap pancing yang ditujukan untuk menangkap ikan pelagis kecil. Pancing ini menggunakan umpan buatan yang dilekatkan pada mata kail. Umpan buatan terbuat dari bahan serat kain sutera yang diikat sedemikian rupa pada mata kail sehingga menyerupai ikan kecil yang menjadi makanan dari ikan tujuan penangkapan. Kain sutera yang digunakan berwarna-warni, tergantung dari jenis makanan ikan pada saat akan dilakukan operasi penangkapan.

E. Tinja Atau Feses Manusia

Tinja atau feses manusia dalam bahasa Inggris *Britania* ; Latin : *fæx*) adalah sisa makanan padat atau setengah padat yang tidak dapat dicerna atau diserap di usus kecil manusia, tetapi telah dibusuk oleh bakteri di usus besar (Tortora, 1987; Lewis, 1997). Ini juga mengandung bakteri dan sejumlah kecil produk limbah metabolisme seperti bilirubin yang diubah secara bakteri, dan sel-sel epitel mati dari lapisan usus. Tortora (1987) Ini dikeluarkan melalui anus selama proses yang disebut buang air besar .

Feses manusia memiliki kesamaan dengan fekes hewan lain, dimana sangat bervariasi dalam penampilannya yaitu ukuran, warna, tekstur, sesuai dengan keadaan makanan dan minuman, sistem pencernaan dan kesehatan umum. Biasanya fekes manusia berbentuk setengah padat, dengan lapisan lendir. Potongan-potongan kecil dari fekes yang keras dan kurang lembab kadang-kadang terlihat berdampak pada ujung distal (akhir atau bawah). Ini adalah kejadian normal ketika buang air besar, ketika sebelumnya fekes yang belum matang dikembalikan dari rectum ke usus besar, dimana kandungan air dalam fekes diserap (Lewis dan Heaton, 1997).

Pengertian fekes ini juga mencakup seluruh bahan buangan yang dikeluarkan dari tubuh manusia termasuk karbon monoksida (CO₂) yang dikeluarkan sebagai sisa dari proses pernafasan, keringat, lendir dari ekskresi kelenjar, dan sebagainya (Soeparman, 2002). Tinja adalah bahan buangan yang dikeluarkan dari tubuh manusia melalui anus sebagai sisa dari proses pencernaan makanan di sepanjang sistem saluran pencernaan (*tractus digestifus*) (Lewis dan Heaton, 1997).

Skala bangku Bristol adalah alat medis diagnostik yang dirancang untuk mengklasifikasikan bentuk kotoran manusia ke dalam tujuh kategori. Kadang-kadang disebut di Inggris sebagai Skala Meyers, yang dikembangkan oleh KW Heaton di University of Bristol dan pertama kali diterbitkan dalam *Skandinavia Journal of Gastroenterology* pada tahun 1997

(Soeparman, 2002). Bentuk tinja tergantung pada waktu yang dihabiskan di usus besar (Cummings, 1994). Tujuh jenis tinja adalah:

1. Pisahkan benjolan keras, seperti kacang (sulit dilewati)
2. Sosis berbentuk tetapi kental
3. Seperti sosis tetapi dengan retakan di permukaan
4. Seperti sosis atau ular, halus dan lembut
5. Gumpalan lembut dengan tepi jernih
6. Potongan halus dengan tepi compang-camping, bangku lembek
7. Berair, tidak ada benda padat. Sepenuhnya cair.

Seorang yang normal diperkirakan menghasilkan tinja rata-rata sehari sekitar 83 gram dan menghasilkan air seni sekitar 970 gram. Kedua jenis kotoran manusia ini sebagian besar berupa air, terdiri dari zat-zat organik (sekitar 20% untuk tinja dan 2,5% untuk air seni), serta zat-zat anorganik seperti nitrogen, asam fosfat, sulfur, dan sebagainya. Perkiraan komposisi tinja dapat dilihat pada tabel berikut (Soeparman, 2002):

Tabel 4. Perkiraan Komposisi Tinja tanpa Air Seni

Komponen	Kandungan (%)
Air	66-80
Bahan organik (dari berat kering)	88-97
Nitrogen (dari berat kering)	5,7-7,0
Fosfor (sebagai P_2O_5) (dari berat kering)	3,5-5,4
Potasium (sebagai K_2O) (dari berat kering)	1,0-2,5
Karbon (dari berat kering)	40-55
Kalsium (sebagai CaO) (dari berat kering)	4-5
C/N rasio (dari berat kering)	5-1

Sumber: Soeparman, 2002

Dalam ilmu kesehatan lingkungan, dari berbagai jenis kotoran manusia, yang lebih dipentingkan adalah tinja (*faeces*) dan air seni (*urine*) karena kedua bahan buangan ini memiliki karakteristik tersendiri dan dapat menjadi sumber penyebab timbulnya berbagai macam penyakit saluran pencernaan (Gotaas, 1956; hal 35).

F. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL)

ARKL (*Risk assessment*) menawarkan kerangka sistematis dan ilmiah untuk mendefinisikan, memberi prioritas dan mitigasi risiko dalam ranah pengambilan keputusan kesehatan masyarakat dan lingkungan. *Risk assessment* memberikan estimasi risiko, bukan menjawab pertanyaan bagaimana aman itu adalah aman, tetapi memberikan jawaban tentang risiko yang dapat diterima atau ditoleransi dan bentuk pengelolaan risiko yang diperlukan. Di dalam Keputusan Menteri Kesehatan No. 876 tahun 2001 tentang Pedoman Teknis Analisis Dampak Kesehatan Lingkungan (ADKL), ARKL didefinisikan sebagai suatu pendekatan untuk mencermati potensi besarnya risiko yang dimulai dengan mendeskripsikan masalah lingkungan yang telah dikenal dan melibatkan penetapan risiko pada kesehatan manusia yang berkaitan dengan masalah lingkungan yang bersangkutan (Dirjen PP & PL Kemkes, 2012).

Mengacu pada *Risk Assessment and Management Handbook* tahun 1996, analisis risiko mengenal dua istilah yaitu *risk analysis* dan *risk assessment*. *Risk analysis* meliputi 3 komponen yaitu penelitian, asesmen risiko (*risk assessment*) atau ARKL dan pengelolaan risiko. Di dalam prosesnya, analisis risiko dapat diilustrasikan sebagai berikut :

- a. Penelitian dimaksudkan untuk membangun hipotesis, mengukur, mengamati dan merumuskan efek dari suatu bahaya ataupun agen risiko di lingkungan terhadap tubuh manusia, baik yang dilakukan secara laboratorium, maupun penelitian lapangan dengan maksud untuk mengetahui efek, respon atau perubahan pada tubuh manusia terhadap dosis, dan nilai referensi yang aman bagi tubuh dari agen risiko tersebut.
- b. Manajemen risiko (*risk assessment*) atau ARKL dilakukan dengan maksud untuk mengidentifikasi bahaya apa saja yang membahayakan, memahami hubungan antara dosis agen risiko dan respon tubuh yang diketahui dari berbagai penelitian, mengukur seberapa besar pajanan agen risiko tersebut, dan menetapkan tingkat risiko dan efeknya pada populasi.
- c. Pengelolaan risiko dilakukan bilamana manajemen risiko menetapkan tingkat risiko suatu agen risiko tidak aman atau tidak bisa diterima pada suatu populasi tertentu melalui langkah-langkah pengembangan

opsi regulasi, pemberian rekomendasi teknis serta sosial – ekonomi – politis, dan melakukan tindak lanjut.

Pada dasarnya, ARKL hanya mengenal empat langkah, yaitu : 1). Identifikasi bahaya, 2) Analisis dosis respon (dalam literatur lainnya disebut juga Karakterisasi bahaya), 3) Analisis pemajanan, dan 4) Karakterisasi risiko. Namun untuk mendapatkan pemahaman yang komprehensif, petunjuk teknis ini juga memuat perumusan masalah yang perlu dilakukan sebelum pelaksanaan langkah – langkah ARKL, serta pengelolaan dan komunikasi risiko sebagai tindak lanjut dari pelaksanaan langkah – langkah ARKL (Dirjen PP & PL Kemkes, 2012).

1. Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya merupakan langkah pertama dalam ARKL yang digunakan untuk mengetahui secara spesifik agen risiko apa yang berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan bila tubuh terpajan. Sebagai pelengkap dalam identifikasi bahaya dapat ditambahkan gejala – gejala gangguan kesehatan apa yang terkait erat dengan agen risiko yang akan dianalisis. Tahapan ini harus menjawab pertanyaan agen risiko spesifik apa yang berbahaya, di media lingkungan yang mana agen risiko eksisting, seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan, gejala kesehatan apa yang potensial (Dirjen PP & PL Kemkes, 2012).

2. Analisis Dosis Respon

Setelah melakukan identifikasi bahaya (agen risiko, konsentrasi dan media lingkungan), maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis dosis-respons yaitu mencari nilai RfD, dan/atau RfC, dan/atau SF dari agen risiko yang menjadi fokus ARKL, serta memahami efek apa saja yang mungkin ditimbulkan oleh agen risiko tersebut pada tubuh manusia.

Di dalam laporan kajian ARKL ataupun dokumen yang menggunakan ARKL sebagai cara/metode kajian, analisis dosis – respon perlu dibahas dan dicantumkan. Analisis dosis – respon dipelajari dari berbagai toxicological reviews, jurnal ilmiah, atau artikel terkait lainnya yang merupakan hasil dari penelitian eksperimental. Untuk memudahkan, analisis dosis – respon dapat dipelajari pada situs :www.epa.gov/iris (Dirjen PP & PL Kemkes, 2012).

Jika tidak ada RfD, RfC, dan SF maka nilai dapat diturunkan dari dosis eksperimental yang lain seperti NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*), LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect Level*), MRL (Minimum Risk Level), dengan catatan dosis eksperimental tersebut mencantumkan faktor antropometri yang jelas (Wb, tE, fE, dan Dt).

3. Analisis Pemajanan

Setelah melakukan langkah 1 dan 2, selanjutnya dilakukan analisis pemajanan yaitu dengan mengukur atau menghitung intake / asupan dari agen risiko. Untuk menghitung intake digunakan persamaan atau rumus yang berbeda. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan dapat berupa

data primer (hasil pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan sendiri) atau data sekunder (pengukuran konsentrasi agen risiko pada media lingkungan yang dilakukan oleh pihak lain yang dipercaya seperti BLH, Dinas Kesehatan, LSM, dll), dan asumsi yang didasarkan pertimbangan yang logis atau menggunakan nilai default yang tersedia (Dirjen PP & PL Kemkes, 2012).

Metode perhitungan ini tersedia di US EPA, Konsentrasi berbasis (US EPA, 2000) dan digambarkan dengan persamaan berikut:

$$Ink = \frac{C \times R \times Ef \times Dt}{Wb \times tAVg} \dots\dots\dots \text{Rumus 1}$$

Keterangan:

- I (Intake)* : Jumlah konsentrasi agen risiko (mg) yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya (mg/kg x hari)
- C (Concentration)* : Konsentrasi agen risiko pada air bersih/minum atau pada makanan, mg/kg(makanan)
- R (Rate)* : Laju konsumsi atau banyaknya volume air atau jumlah berat makanan yang masuk setiap jamnya, gram/hari (makanan)
- fE (frequency exposure)* : Lamanya atau jumlah hari terjadinya. Pajanan *of* pada setiap tahunnya, satuan yaitu, hari/tahun.

Pajanan pemukiman adalah 350 hari/tahun.

Dt (duration time) : Lamanya atau jumlah tahun terjadinya pajanan.

Residensial (pemukiman) /pajanan seumur
hidup: 30 tahun

Wb (weight of body) : Berat badan manusia /populasi / kelompok

tavg(k) : Periode waktu rata – rata. 30 tahun x 365

(time average) hari/tahun = 10.950 hari (non- karsinogenik).

Periode waktu rata – rata untuk efek

karsinogenik, 70 tahun x 365 hari/tahun =25.550.

4. Karakterisasi Risiko

Langkah ARKL yang terakhir adalah karakterisasi risiko yang dilakukan untuk menetapkan tingkat risiko atau dengan kata lain menentukan apakah agen risiko pada konsentrasi tertentu yang dianalisis pada ARKL berisiko menimbulkan gangguan kesehatan pada masyarakat (Dirjen PP & PL Kemkes, 2012).

Metode perhitungan ini tersedia di US EPA, Konsentrasi berbasis (US EPA, 2000) dan digambarkan dengan persamaan berikut:

$$RQ = \frac{I}{RfD} \dots\dots\dots \text{Rumus 2}$$

Keterangan:

Digunakan untuk menghitung RQ pada pemajanan jalur ingesti (tertelan). I (intake) yaitu Intake yang telah dihitung dengan rumus 1.

Sementara RfD (*reference dose*), nilai referensi agen risiko pada pemajanan ingesti/ tertelan didapat dari situs www.epa.gov/iris.

Interpretasi tingkat risiko non karsinogenik. Tingkat risiko yang diperoleh pada ARKL merupakan konsumsi pakar ataupun praktisi, sehingga perlu disederhanakan atau dipikirkan bahasa yang lebih sederhana agar dapat diterima oleh khalayak atau publik. Tingkat risiko dinyatakan dalam angka atau bilangan desimal tanpa satuan. Tingkat risiko dikatakan AMAN bilamana intake \leq RfD atau RfCnya atau dinyatakan dengan $RQ \leq 1$. Tingkat risiko dikatakan TIDAK AMAN bilamana intake $>$ RfD atau RfCnya atau dinyatakan dengan $RQ > 1$.

Tingkat risiko untuk efek karsinogenik dinyatakan dalam notasi *Excess Cancer Risk* (ECR). Untuk melakukan karakterisasi risiko untuk efek karsinogenik dilakukan perhitungan dengan mengkali intake dengan SF. Rumus untuk menentukan ECR adalah sebagai berikut:

$$ECR = I \times SF \dots\dots\dots \textbf{Rumus 3}$$

Keterangan:

Digunakan untuk menghitung tingkat risiko pada agen risiko dengan efek karsinogenik. Dimana I (intake) yaitu: Intake yang telah dihitung dengan rumus 3 atau rumus 4, dan SF (*slope factor*) : Nilai referensi agen risiko dengan efek karsinogenik. Didapat dari situs www.epa.gov/iris.

Interpretasi tingkat risiko karsinogenik yaitu tingkat risiko dinyatakan dalam bilangan exponen tanpa satuan (cth. $1,3E-4$). Tingkat risiko dikatakan acceptable atau aman bilamana $ECR \leq E^{-4}$ (10^{-4}) atau dinyatakan dengan $ECR \leq 1/10.000$. Tingkat risiko dikatakan unacceptable atau tidak aman bilamana $ECR > E^{-4}$ (10^{-4}) atau dinyatakan dengan $ECR > 1/10.000$.

Mikroplastik termasuk kontaminan pangan baru (*novel*), karena belum tersedianya data atau informasi toksisitas (RfD, RfC maupun ECR). Dengan demikian, AL, NOEL, atau LOEL dapat dipandang sebagai Kadar Maksimum Sementara atau *Interim Maximum Level* (IML) (USFDA, 2000).

Mencari nilai RfD dan RfC untuk kontaminan pangan baru dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mencari nilai NOEL atau LOEL. Secara numerik NOAEL selalu lebih rendah daripada LOAEL (EnHealth, 2002; FAO, WHO 1995). RfD atau RfC diturunkan dari NOAEL atau LOAEL menurut Persamaan:

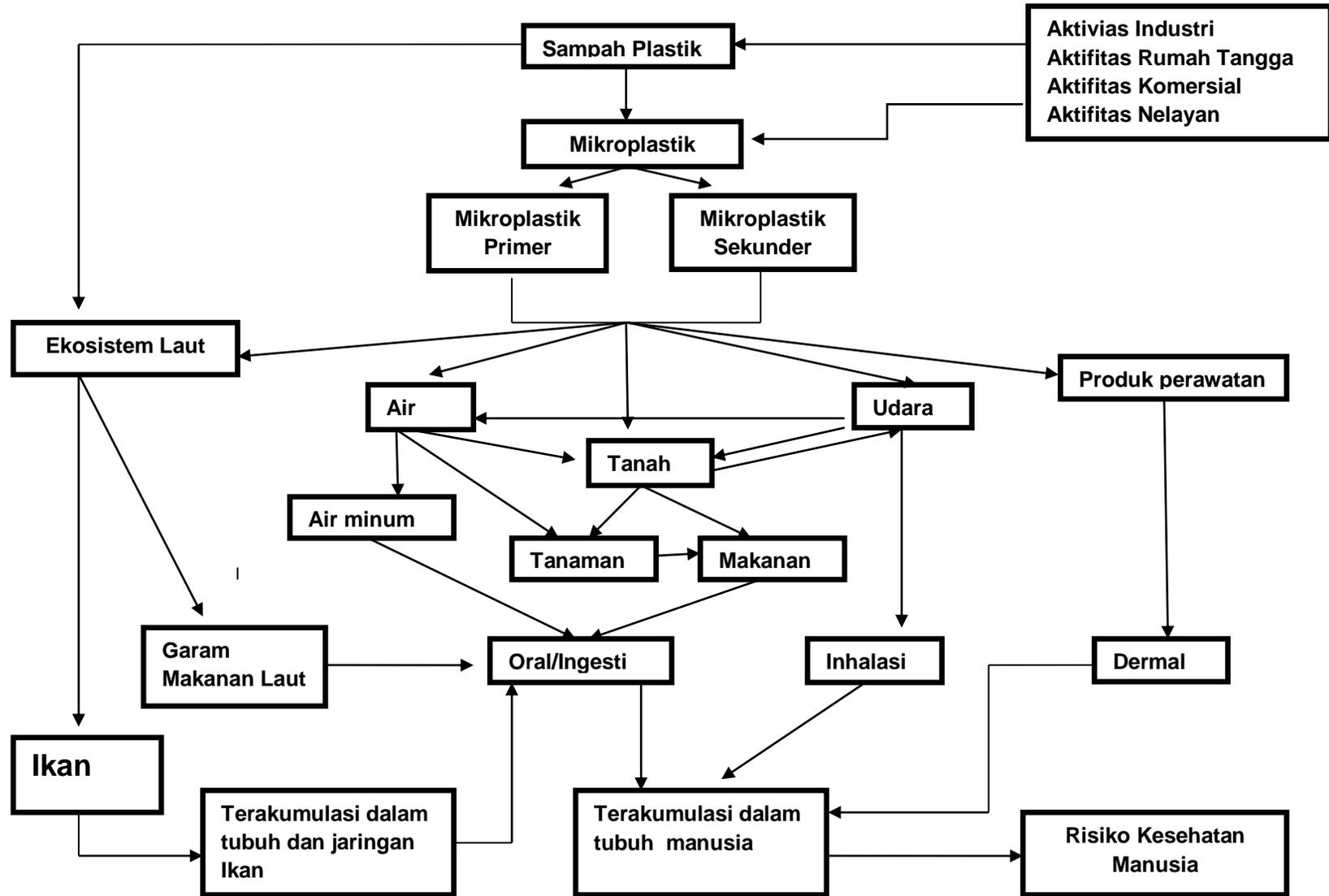
$$RfD \text{ atau } RfC = \frac{NOAEL \text{ atau } LOAEL}{(UF_1 \times UF_2 \times UF_3 \times UF_4 \times MF)} \quad \dots\dots\dots \text{Rumus 4}$$

Keterangan:

- *RfD* = human dose, *NOAEL* atau *LOAEL* = experimental dose
- *No Observed Adverse Effect Level* (NOEL) adalah dosis tertinggi toksisitas kronik yang secara statistik atau biologik tidak memperlihatkan efek merugikan

- *Lowest Observed Adverse Effect Level (LOEL)* adalah dosis terendah toksisitas kronik yang secara statistik atau biologik memperlihatkan efek merugikan.

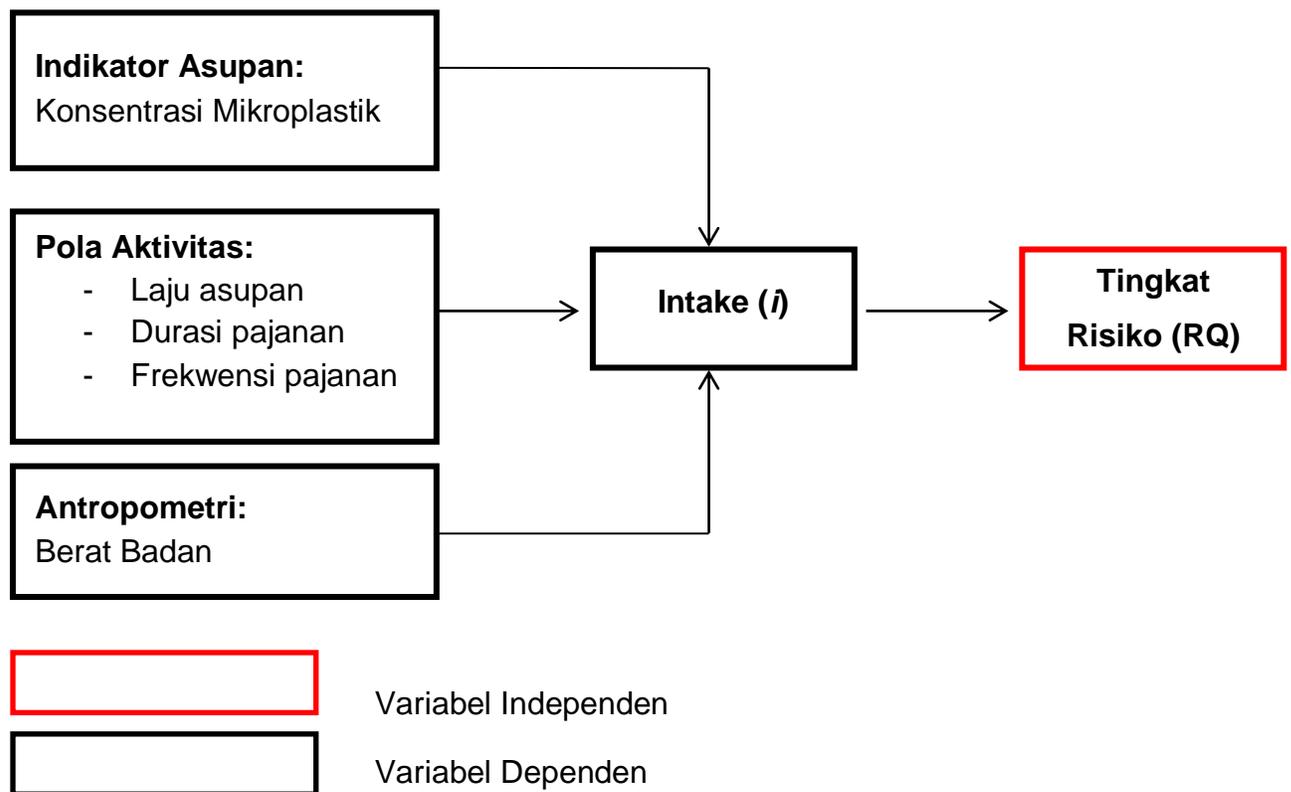
G. Kerangka Teori



Sumber: Crowford., *et al* (2017) & Daud A (2019)

H. Kerangka Konsep

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



I. Definisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Pengukuran	Skala	Kriteria Objektif
1.	Indikator Asupan	Konsentrasi mikroplastik pada ikan	Identifikasi keberadaan mikroplastik dan jenis polimer	Nominal	
2.	Pola Aktifitas	Asupan harian (<i>Intake</i>): - Laju asupan - Durasi pajanan - Frekwensi pajanan	Kuesioner, wawancara, perhitungan dengan rumus asupan harian (<i>Intake</i>) pada ikan	Ordinal	$Intake \leq RfD$, (AMAN) $intake \geq RfD$ (Tidak AMAN)
3.	Antropometri	Pengukuran Berat Badan	Timbangan berat badan responden	Nominal	
4.	Besar Risiko	Tingkat risiko paparan mikroplastik	Perhitungan tingkat risiko kesehatan dengan rumus <i>Risk Quetient</i> (RQ) berdasarkan konsumsi ikan	Ordinal	$RQ \leq 1$ (AMAN) $RQ > 1$ (Tidak AMAN)

J. Tabel Sintesa

No	Nama Pengarang	Judul	Metode	Hasil	Alat Ukur
1.	Philipp Schwabl, Sebastian, Dipl-Ing, Philipp Ko nigshofer, Theresa Bucsics, Michael Trauner, Thomas Reiberger, and Bettina Liebmann (Tahun 2018)	<i>Detection of Various Microplastics in Human Stool</i>	Jenis penelitian adalah Prospektif, Feses manusia dipilih dari Delapan sukarelawan sehat berusia 33-65 tahun, Jenis polimer mikroplastik dianalisis melalui FT-IR.	Semua sampel tinja positif untuk mikroplastik. Jenis polimer mikroplastik yang ditemukan yaitu: <i>Polypropylene</i> , <i>polyethylene</i> , dan <i>terephthalate</i> ada di semua 8 sampel, dengan frekuensi relatif 62,8% dan 17,0%,	FTIR-Spectroscopy, Saringan Logam ukuran 50 nm
2.	Azusa Kinjoa, Kaoruko, Mizukawab, Hideshige, Takadab, Koji Inouea (Tahun 2019)	<i>Size-Dependent Elimination Of Ingested Microplastics In The Mediterranean Mussel Mytilus Galloprovincialis</i>	Eksperimen jangka pendek pada feses kerang yang bertujuan untuk menghitung waktu retensi usus (GRT), Semua analisis statistik dilakukan dengan menggunakan R (versi 3.0.2). (Tukey's Honestly	Retensi usus (GRT90) dan waktu egestion jangka panjang dari tiga mikroplastik jenis <i>polystyrene</i> berukuran berbeda yaitu: (1, 10, dan 90 μm) pada kerang <i>Mediterrania Mytilus galloprovincialis</i> .	Saringan mikroplastik menggunakan membran track-etched Isopore (Millipore, USA), Mikroskop fluoresensi (Olympus BX51 microscope, Tokyo, Jepang).

3.	Lin Zhu, Hao Wang, Bijuan Chen, Xuemei Sun, Keming Qua, Bin Xia (Tahun 2019)	<i>Microplastic Ingestion In Deep-Sea Fish From The South China Sea</i>	<i>Significant)</i> Analisis jenis polimer mikroplastik melalui FT-IR, Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS 17.0.	Kelimpahan rata-rata mikroplastik dalam sampel perut ikan adalah $1,96 \pm 1,12$ item / individu dan $1,53 \pm 1,08$ item / g, dan kadar rata-rata mikroplastik dalam sampel usus ikan adalah $1,77 \pm 0,73$ item / individu dan $4,82 \pm 4,74$ item / g.	Saringan Mikroplastik, Mikroskop optik (Olympus BX- 51, Jepang), Kamera digital AxioCam (Zeiss, Jerman), <i>Spectroscopy</i>
4.	Sayka Jahan , Vladimir Strezov, Haftom Weldekidan, Ravinder Kumar, Tao Kan, Samuel Asumadu Sarkodie, Jing He, Behnam Dastjerdi, Scott P.Wilson (Tahun 2019)	<i>Interrelationship Of microplastic Pollution In Sediments And Oysters In A Seaport Environment Of The Eastern Coast Of Australia</i>	Pengambilan sampel dengan metode sampling, ekstraksi mikroplastik, dan identifikasi polimer	Banyaknya partikel mikroplastik dalam sedimen dan tiram di semua pelabuhan yang diteliti yang diperkirakan sekitar 83-350 partikel / kg berat kering dalam sedimen dan 0,15- 0,83 partikel / g berat basah dalam tiram. .	Gelas ukuran serat mikro ukuran 1,0 μm) di bawah penyaringan vakum, <i>Inspeksi formicroscopic</i>
5.	A.M. Saleya, A.C. Smarta, M.F. Bezerraf, T.L.U. Burnhamf, L.R. Capecea,	<i>Microplastic Accumulation And Biomagnifi Cation In A Coastal Marine</i>	Prosedur statistik dilakukan dengan menggunakan <i>R Studio Software</i> (R Tim Inti, 2017). Tes t	Konsentrasi partikel mikroplastik di air laut adalah 36,59 plastik / L dan dalam sedimen adalah $0,227 \pm 0,135$	mikroskop bedah, saringan logam berdasarkan Rochman et al.

	L.F.O. Limaf, A.C. Carshf, S.L. Williamsa, S.G. Morgan (Tahun 2019)	<i>Reserve Situatd In A Sparsely Populated Area (California, USA)</i>	dan ANOVA digunakan untuk membandingkan kepadatan mikroplastik dalam sampel pasir di antara lokasi dalam cagar. Uji korelasi Pearson dilakukan untuk mengeksplorasi hubungan antara akumulasi mikroplastik	plastik / g. Kepadatan mikroplastik pada permukaan dua spesies makroalga yang berbeda secara morfologis adalah $2,34 \pm 2,19$ plastik / g (<i>Pelvetiopsis limitata</i>) dan $8,65 \pm 6,44$ plastik / g (<i>Endocladia muricata</i>). Kepadatan tertinggi pada siput herbivora, <i>Tegula nebralis</i> yaitu $9,91 \pm 6,31$ plastik / g, berpotensi karena bioakumulasi.	(2015),
6.	Huayue Nie, Jun Wang , Kaihang Xu, Youjia Huang, Muting Yan (Tahun 2019)	<i>Microplastic Pollution In Water And Fish Samples Around Nanxun Reef In Nansha Islands, South China Sea</i>	Pengambilan sampel secara sampling, ekstraksi mikroplastik, dan identifikasi mikroplastik. Analisis data dilakukan oleh SPSS ver. 20.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, AMERIKA SERIKAT).	Dalam sampel air permukaan, <i>microbeads</i> biru adalah jenis utama dari mikroplastik, terhitung 76,5% dari semua partikel yang terdeteksi. Ukuran utama dari mikroplastik adalah 0,5 mm dari air dan sampel ikan.	Kertas saringan mikroplastik dengan lapisan filter 0,45 μ m, <i>Spectroscopy</i>

			Perbedaan dalam konsumsi mikroplastik antara kedua kelompok (spesies herbivora dan karnivora) dianalisis menggunakan uji-t Student. $P < 0,05$ dianggap mengindikasikan signifikansi statistik. Analisis jenis polimer melalui FT-IR		
7.	Jian Lua, Yuxuan Zhanga Jun Wuc , Yongming Luoa (Tahun 2019)	<i>E Ffects Of Microplastics On Distribution Of Antibiotic Resistance Genes In Recirculating Aquaculture System</i>	Pegambilan sampel dengan metode sampling, identifikasi karkteristik fisik dan kimia sampel, Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan <i>Origin 2019 (Origin Lab Corporation, USA)</i> dan SPSS 19.0 (IBM, USA). Analisis jenis polimer menggunakan FT-IR	Mikroplastik terdeteksi di semua sampel air dengan kelimpahan mulai dari 58 hingga 72 item / m ³ . Komunitas mikroba mikroplastik dan air menunjukkan perbedaan yang signifikan pada tingkat filum dan genus.	Kertas saringan mikroplastik, <i>spectroscopy</i>
