

**TESIS**

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN AKIBAT PAJANAN  
MIKROPLASTIK *POLYETHYLENE TEREPHTALATE* (PET) DALAM AIR MINUM ISI  
ULANG DI KELURAHAN TAMANGAPA KOTA MAKASSAR**

*Analysis Of Environmental Health Risks From Exposure To Polyethylene  
Terephtalate (PET) Microplastics In Refilled Drinking Water Tamangapa Village,  
Makassar City*

**Disusun dan diajukan oleh**

**SETIAWAN KASIM  
K012212017**



**PROGRAM STUDI S2 ILMU KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

**ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN AKIBAT PAJANAN  
MIKROPLASTIK *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* (PET) DALAM AIR MINUM ISI  
ULANG DI KELURAHAN TAMANGAPA KOTA MAKASSAR**

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

**Program Studi S2  
Ilmu Kesehatan Masyarakat**

**Disusun dan diajukan oleh:  
SETIAWAN KASIM**

**Kepada**

**PROGRAM STUDI S2 ILMU KESEHATAN MASYARAKAT  
FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN AKIBAT PAJANAN  
MIKROPLASTIK POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET) DALAM AIR MINUM ISI  
ULANG DI KELURAHAN TAMANGAPA KOTA MAKASSAR

Disusun dan diajukan oleh

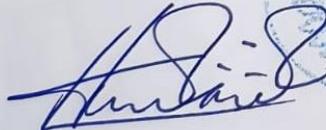
SETIAWAN KASIM  
K012212017

Telah dipertahankan di hadapan Panitia ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Magister Program Studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin pada tanggal 11 Oktober 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan.

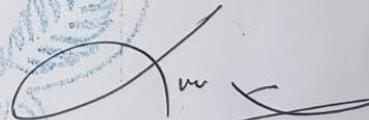
Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



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



Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel., M.Kes  
NIP. 19820803 200812 1 003

Dekan Fakultas  
Kesehatan Masyarakat



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

Ketua Program Studi S2  
Ilmu Kesehatan Masyarakat



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

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Setiawan Kasim  
NIM : K012212017  
Program studi : Ilmu Kesehatan Masyarakat  
Jenjang : S2

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

**“ANALISIS RISIKO KESEHATAN LINGKUNGAN AKIBAT PAJANAN  
MIKROPLASTIK *POLYETHYLENE TEREPHTHALATE* (PET) DALAM AIR  
MINUM ISI ULANG DI KELURAHAN TAMANGAPA KOTA MAKASSAR”**

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, Oktober 2023.  
Yang menyatakan,



Setiawan Kasim

## PRAKATA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatu

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Taufiq dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “**Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan Mikroplastik Polyethylene Terephthalate (Pet) Dalam Air Minum Isi Ulang Di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar**”.

Tesis ini dibuat untuk memenuhi salah satu persyaratan guna mendapatkan gelar Magister Kesehatan Masyarakat bidang Kesehatan Lingkungan program studi Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.

Ucapan yang tak terhingga teruntuk kedua orang tua, Ayahanda **Muhammad Kasim, S.Sos., M.Ap** dan Ibunda tercinta **Nurcaya, SE** yang telah memberikan doa, motivasi, cinta dan kasih sayang, serta materi yang tiada hentinya demi kebutuhan kesuksesan hidup selama penulis menempuh pendidikan.

Dengan rasa hormat penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak **Prof. Dr. Anwar Daud, SKM., M.Kes** sebagai Ketua Komisi Penasehat dan Bapak **Dr. Agus Bintara Birawida, S.Kel., M.Kes** sebagai Anggota Komisi Penasehat atas segala bimbingan dan arahan kepada

penulis selama menjadi dosen pembimbing sehingga penulis bisa ketahap ini. Begitu pula kepada penguji:

**Bapak Prof. Anwar, SKM., M.Sc., Ph.D, Bapak Dr. Muhammad Hatta, ST., M.Si** dan **Bapak Dr. Azri Rasul, SKM., M.Si.,MH** yang telah memberikan saran dan masukan dalam perbaikan tesis ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya.

Dengan segala kerendahan hati penulis juga mengucapkan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Ridwan, SKM., M.Kes.,M.Sc.,PH selaku ketua program studi Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin.
2. Seluruh Dosen beserta staf program studi magister Ilmu Kesehatan Masyarakat terkhusus untuk Dosen dibidang Kesehatan Lingkungan yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat berguna kepada penulis selama menempuh pendidikan Magister.
3. Bapak **Abd. Rahman K, ST** selaku admin prodi magister Ilmu Kesehatan Masyarakat atas segala bantuannya dalam proses pengurusan berkas.
4. Rekan-rekan Mahasiswa (i) Program Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat atas kerjasama dan kekompakannya yang selalu memberikan motivasi dan semangat serta kebersamaan kepada penulis selama menempuh pendidikan.
5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan tesis ini.

Semoga kebaikan begitupun dengan bantuan yang telah diberikan kepada penulis Allah SWT berkenan membalasnya. Serta semoga kita selalu berada dalam lindungan-Nya sehingga dapat melaksanakan tugas dengan sebaik-baiknya. Aamiin.

Makassar, Oktober 2023

Setiawan Kasim

## ABSTRAK

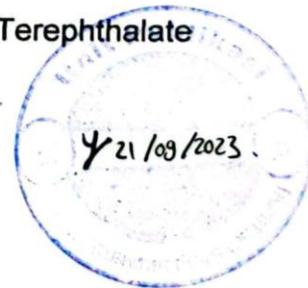
**SETIAWAN KASIM, Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Paparan Mikroplastik Polyethylene Terephthalate (PET) Dalam Air Minum Isi Ulang Di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar (Dibimbing oleh Anwar Daud dan Agus Bintara Birawida)**

Pencemaran mikroplastik ada di mana-mana dalam lingkungan seperti di laut, air limbah, air tawar, pada makanan, udara dan sumber air bahkan pada air minum seperti air minum isi ulang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis risiko kesehatan lingkungan akibat paparan mikroplastik polyethylene terephthalate (pet) dalam air minum isi ulang di kelurahan tamangapa kota makassar.

Penelitian ini merupakan penelitian observasional menggunakan metode Environmental Health Risk Assessment (EHRA) atau Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL). Lokasi penelitian dan tempat pengambilan sampel berada di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar. Sebanyak 100 responden dan sebanyak 20 sampel air minum isi ulang yang diperiksa di laboratorium menggunakan uji FTIR. Analisis data yang dilakukan dengan menghitung nilai intake, RQ. Jika  $RQ > 1$  maka dilakukan manajemen risiko.

Hasil menunjukkan rata rata konsentrasi MPs PET sebesar 0.0052 mg/kg/day, rata-rata laju asupan sebesar 210 mg/kg/day, rata-rata frekuensi paparan sebesar 350 tahun, rata-rata durasi paparan sebesar 30 tahun, rata-rata intake paparan MPs PET  $> 0.0004$ , rata-rata tingkat risiko  $RQ > 1$ . Kesimpulan Rata rata tingkat risiko (Risk quotient) paparan mikroplastik Polyethylene Terephthalate (PET) dalam air minum isi ulang di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar adalah  $RQ > 1$  sehingga dikatakan berisiko terhadap kesehatan.

**Kata Kunci :** Mikroplastik, Analisis Risiko , Polyethylene Terephthalate



## ABSTRACT

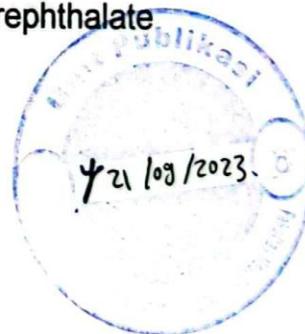
**SETIAWAN KASIM**, Analysis Of Environmental Health Risk Due To Exposure To Polyethylene Terephthalate (PET) Microplastic In Refilled Drinking Water In Tamangapa Village, Makassar City (Supervised by **Anwar Daud** and **Agus Bintara Birawida**)

Microplastics pollution affects all aspects of the environment, including the ocean, wastewater, fresh water, food, air, and water sources. It even affects drinking water, including water that has been refilled. This study looked at the potential health concerns to the environment from drinking water refills containing microplastic polyethylene terephthalate in Tamangapa village, Makassar city.

This research is an observational study using the Environmental Health Risk Analysis. The research location and sampling site are in Tamangapa Village, Makassar City. A total of 100 respondents and 20 samples of refill drinking water were examined in the laboratory using the FTIR test. Data analysis was carried out by calculating the intake value, risk quotient (RQ). If risk quotient (RQ) > 1 then risk management is carried out.

The results average microplastics polyethylene terephthalate concentration of 0.0052 mg/kg/day, average intake rate of 210 mg/kg/day, average exposure frequency of 350 years, average exposure duration of 30 years, average intake exposure to microplastics polyethylene terephthalate > 0.0004, average risk level risk quotient (RQ) > 1.

**Keywords:** Microplastics, Risk Analyzed, Polyethylene Terephthalate





## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TESIS</b> .....	<b>iii</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	8
C. Tujuan Penelitian .....	8
D. Manfaat Penelitian .....	10
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>11</b>
A. Tinjauan Umum Tentang Mikroplastik.....	11
B. Tinjauan Umum Tentang Air Minum Isi Ulang.....	21
C. Tinjauan Umum Tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan .....	23
D. Kerangka Teori.....	31
E. Kerangka Konsep.....	35
F. Definisi Operasional Dan Kriteria Obyektif .....	37
G. Tabel Sintesa .....	39
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>50</b>
A. Jenis Penelitian .....	50
B. Lokasi Dan Waktu Penelitian .....	50

C. Populasi Dan Sampel.....	51
D. Jenis Dan Sumber Data .....	56
E. Bagan Alir Penelitian .....	58
F. Teknik Pengumpulan Data .....	59
G. Pengolahan Dan Analisa Data .....	60
H. Penyajian Data .....	64
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>65</b>
A. Gambaran Lokasi Penelitian .....	65
B. Hasil .....	66
C. Pembahasan .....	85
D. Perspektif Masa Depan .....	110
E. Keterbatasan Penelitian .....	113
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>115</b>
A. Kesimpulan .....	115
B. Saran.....	116
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>No. Tabel</b>	<b>Judul Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1	Klasifikasi Mikroplastik Berdasarkan Bentuknya.....	12
Tabel 2.2	Uraian langkah identifikasi bahaya.....	26
Tabel 2.3	Definisi Operasional dan Kriteria Obyektif.....	35
Tabel 2.4	Tabel Sintesa Penelitian.....	37
Tabel 4.1	Batas Batas Wilayah Kelurahan Tamangapa.....	64
Tabel 4.2	Distribusi Karakteristik Responden Di Kelurahan Tamangapa Kecamatan Manggala Kota Makassar 2023..	64
Tabel 4.3	Distribusi Berat Badan Responden Di Kelurahan Tamangapa Kecamatan Manggala Kota Makassar 2023..	65
Tabel 4.4	Jumlah Mikroplastik Dalam Air Minum Isi Ulang Di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar 2023.....	66
Tabel 4.5	Bentuk Mikroplastik Dalam Air Minum Isi Ulang Di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar 2023.....	67
Tabel 4.6	Warna Mikroplastik Dalam Air Minum Isi Ulang Di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar 2023.....	68
Tabel 4.7	Analisis FTIR Mikroplastik Dalam Air Minum Isi Ulang.....	71
Tabel 4.8	Konsentrasi Mikroplastik Dalam Air Minum Isi Ulang Di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar 2023.....	73
Tabel 4.9	Karakteristik Responden Berdasarkan Berat Badan dan Pola Aktivitas Masyarakat Di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar 2023.....	75

Tabel 4.10	Nilai Min, Max dan Mean Asupan ( <i>Intake</i> ) Non Karsinogenik Responden Untuk Durasi Paparan di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar.....	76
Tabel 4.11	Nilai Min, Max dan Mean <i>Risk Quotient</i> (RQ) di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar.....	79
Tabel 4.12	Nilai Min, Max dan Mean Management Risiko di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar.....	82

## DAFTAR GAMBAR

<b>No. Gambar</b>	<b>Judul Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1	Kerangka Teori Penelitian.....	31
Gambar 2.2	Kerangka Konsep Penelitian.....	33
Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian.....	58
Gambar 4.1	Gambaran Umum Lokasi Penelitian.....	65
Gambar 4.1	Gambar Bentuk dan Warna Mikroplastik.....	70
Gambar 4.2	Hasil Analisis FTIR.....	71
Gambar 4.3	Proyeksi Nilai Mean Mikroplastik Durasi Pajanan 30 Tahun Di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar.....	80
Gambar 4.4	Proyeksi Nilai Mean Risk Quotient (RQ) Mikroplastik Di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar.....	83

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 : Lembar Penjelasan Penelitian
- Lampiran 2 : Lembar Persetujuan Menjadi Responden
- Lampiran 3 : Formulir Persetujuan Informan
- Lampiran 4 : Kuesioner Penelitian
- Lampiran 5 : Permohonan Izin Penelitian
- Lampiran 6 : Persetujuan Etik
- Lampiran 7 : Izin Penelitian
- Lampiran 8 : Hasil Laboratorium
- Lampiran 9 : Output Excel
- Lampiran 10 : Output SPSS
- Lampiran 11 : Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 12 : Biodata Peneliti

## DAFTAR SINGKATAN

PET	Polyethylene Terephthalate
ARKL	Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan
RQ	Risk Quotient
PP	Polypropylene
mm	Millimeter
L	Liter
$\mu\text{m}$	Micrometer
GCMS	Kromatografi Gas Spektrometri Massa
FTIR	Fourier Transform Infra-Merah
HD	High Density
nm	Nanometer
CM	Centimete
Kg	Kilogram
Dt	Duration Time
R	Rate
I	Intake
C	Consentration
Wb	Weight Of Body
T Avg	Average Time Period
RfD	Response Concentration Analysis

%	Persentase
Km <sup>2</sup>	Square Kilometer
HDPE	High Density Polyethylene
PS	Polystirene
LDPE	Low Density Polyethylene
PVC	Polyvinyl Chloride
PE	Polyethylene
Min	Minimal
Max	Maximal

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Plastik merupakan kumpulan senyawa organik sintetis atau buatan manusia yang dapat diubah menjadi berbagai bentuk, ukuran, warna dan kepadatan. Puing-puing plastik yang ditemukan di lautan atau saluran air merupakan sampah konsumen seperti pembungkus makanan, botol minuman plastik, tutup botol plastik, wadah barang dari plastik/busanya, sedotan minuman dan kantong belanjaan. Limbah plastik dapat di daur ulang melalui proses penghancuran, pencucian, penyortiran lebih lanjut dan ekstrusi (Hesselink, Emiel van Duuren, 2019).

Menurut data Plastik Europe (2019), menyebutkan bahwa produk plastik dunia mencapai 360 juta ton. Asia merupakan wilayah dengan pertumbuhan produksi sampah plastik terbesar di dunia yaitu sebesar 51%. Indonesia berada di peringkat kedua dunia penghasil sampah plastik lautan terbesar setelah china yang mencapai 262,9 juta ton plastik per tahun (Monteleone *et al*, 2019). Jumlah ini meningkat dari tahun ke tahun seiring meningkatnya permintaan plastik oleh masyarakat (Hoegh-Guldberg *et al*. 2015).

Pencemaran mikroplastik ada di mana-mana dalam lingkungan seperti di laut, air limbah, air tawar, pada makanan, udara dan sumber air bahkan pada air minum seperti air minum isi ulang dan air kemasan.

Beberapa mikroplastik yang ditemukan dalam air minum dapat berasal dari sistem pengolahan dan distribusi untuk air ledeng atau pembotolan pada air botol (Wagner & Lambert, 2017).

Hasil Penelitian oleh Mason *et al* (2018) dari Fredonia University of Newyork di Amerika Serikat, yang melakukan pengujian pada air minum kemasan sebanyak 259 botol dari 11 merek yang dijual di delapan negara. Hasilnya didapatkan sebanyak 93% air botol yang mengandung mikroplastik. Sampel yang diambil juga ada yang berasal dari indonesia. Salah satu produk yang di ambil dari Indonesia di dapatkan mengandung mikroplastik sebesar 10,390 partikel/L.

Saat ini di Indonesia banyak sampah plastik yang tertumpuk hingga menjadi bukit sampah. Peningkatan penggunaan plastik setiap tahun mengakibatkan pencemaran lingkungan semakin tinggi. Berdasarkan dari penelitian Jambeck *et al* (2015) setiap tahun Indonesia membuang sebanyak 0,48 – 1,29 juta metrik sampah plastik ke laut, jumlah tersebut juga paling tinggi kedua di dunia. Sampah tersebut sampai ke laut karena beberapa hal antara lain disebabkan oleh pengelolaan sampah yang buruk, sehingga sampah masuk ke sungai dan terus mengalir hingga ke laut, atau limbah yang berukuran mikro sehingga tidak tersaring oleh instalasi pengolahan air. Hal tersebut diperparah dengan adanya pembuangan sampah ilegal di pantai, adanya jaring ikan yang hanyut dan

juga dapat disebabkan oleh bencana alam seperti tsunami, banjir, badai sehingga semua sampah tersapu masuk ke laut (Posel *et al*, 2017).

Mikroplastik merupakan bagian terkecil dari plastik yang berukuran kurang lebih 5 mm. Mikroplastik berasal dari sampah plastik yang tidak tertangani dengan baik dan dibuang begitu saja ke lingkungan. Mikroplastik yang masuk ke lingkungan akan terakumulasi di perairan dan tidak mudah untuk dihilangkan karena sifatnya yang persisten. Banyaknya kelimpahan mikroplastik sangat dipengaruhi oleh aktivitas dan sumber pencemarnya (Ayuningtyas *et al*, 2019).

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa air isi ulang menjadi sumber air minum utama yang paling banyak digunakan oleh rumah tangga di Indonesia pada tahun 2020. Terdapat 29.1% rumah tangga yang menggunakan air minum isi ulang untuk dikonsumsi sehari-hari. Sebanyak 19.09% rumah tangga memilih minum air yang berasal dari sumur bor/pompa. Kemudian terdapat 10.23% rumah tangga yang minum dari air kemasan yang bermerek.

Keberadaan mikroplastik di dalam air minum telah banyak dideteksi sejak lama oleh para peneliti. Beberapa risiko yang memperbesar kemungkinannya berada dalam air minum yakni lemahnya pengawasan kualitas air minum selama proses produksi, baik untuk air minum kemasan sekali konsumsi ataupun pada botol yang digunakan secara berulang. Pengawasan yang lemah membuka peluang air minum

terkontaminasi mikroplastik dengan mudah saat melalui tahap-tahap produksi, misalnya saja saat proses sterilisasi kemasan air minum, pencucian kemasan air minum, pembilasan kemasan air minum, dan juga proses penutupan kemasan air minum (Handayani, 2020).

Kota Makassar memiliki depot air minum sebanyak 630 depot air minum isi ulang pada tahun 2011 dan tiap tahunnya pastinya mengalami peningkatan (Khiki, *et al* 2014). Persentase depot air minum isi ulang yang memenuhi syarat kesehatan di Provinsi Sulawesi Selatan pada tahun 2020 khususnya untuk kota Makassar sebesar 87.89%. Sedangkan untuk di Kelurahan Tamangapa berjumlah 21 depot air minum isi ulang. (Dinkes Provinsi Sulsel 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Syarif Machrany 2020 mengenai identifikasi mikroplastik pada air minum isi ulang di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar diperoleh semua sampel pada air minum isi ulang yang diperiksa positif mengandung mikroplastik. Mikroplastik yang ditemukan pada depot air minum isi ulang dengan kelimpahan sebanyak 0.8 partikel/L dengan bentuk line, warna merah, biru dengan ukuran 1.02 – 1.491 mm.

Mikroplastik dapat memasuki lingkungan air tawar melalui berbagai cara seperti berasal dari sampah plastic yang terdegradasi, limbah industri, air limbah serta lokasi yang berdekatan dengan tempat pembuangan akhir (TPA). Sumber kontaminan lainnya dapat berasal dari

sumber rangkaian dalam proses pengolahannya yang menggunakan beberapa peralatan atau pipa yang terbuat dari bahan plastic seperti PVC, PP dan PE. (Isma dan Ira, 2022)

Sumber mikroplastik dalam air minum isi ulang adalah terdapat pada saat pendistribusian air bersih dengan menggunakan sistem jaringan perpipan yang menggunakan pipa jenis PVC yang terbuat dari material plastik dan sumber air lain yang digunakan seperti sumur bor yang lokasinya berada dekat tempat pembuangan akhir (TPA) atau sumber cemaran lainnya. Hal ini diperkuat dengan Hasil penelitian Xianxian Chu *et al* (2022), menunjukkan fragmen mikroplastik yang paling banyak. Dari semua fragmen yang teridentifikasi, jenis *Nylon* dan *Polyvynil Chloride* yang paling dominan ditemukan. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ilias Semmouri, *et al* (2022) kelimpahan mikroplastik dalam sampel DWTP dan TW masing-masing rata-rata  $0,02 \pm 0,03$  MP L<sup>-1</sup> dan  $0,01 \pm 0,02$  MP L<sup>-1</sup>. *Polypropylene* (PP) dan *Polyethylene Terephthalate* (PET) adalah jenis polimer yang paling umum terdeteksi dalam sampel air yang diperiksa.

Secara fisik keberadaan mikroplastik sebagai benda asing umumnya dapat memicu pembengkakan pada saluran pencernaan manusia dan hewan. Mikroplastik bertranslokasi dalam tubuh manusia jika berukuran  $< 150 \mu\text{m}$ . Perkiraan tersebut berpedoman pada studi hewan mamalia seperti anjing dan tikus karena belum ada studi penelitian

mikroplastik yang dilakukan pada manusia.(Machrany, 2021). Estimasi asupan harian (*EDI*) mikroplastik meningkat secara substansial ketika data mikroplastik kecil dimasukkan, menunjukkan bahwa laporan sebelumnya tentang paparan mikoplastik dari air minum mungkin diremehkan, karena hanya mikroplastik besar yang dipertimbangkan.

Hasil penelitian oleh (Isma Nur Faujiah, Danira Ryski Wahyuni 2022) Pada air minum kemasan ditemukan mikroplastik berbentuk fragmen dengan jenis *Polypropylene* (PP) sebanyak 10,4 partikel/L dengan ukuran  $>100 \mu\text{m}$ , 335 partikel/L dengan ukuran 6,5-100  $\mu\text{m}$ . Pada air minum isi ulang ditemukan mikroplastik berbentuk fiber dengan jenis *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), dan *Polyethylene* (PE) sebanyak 159, 130, 67, dan 35 partikel masing-masing berwarna biru, merah, bening, dan kuning. Ditemukan pula mikroplastik pada air minum isi ulang sebanyak 0,8 partikel/L dengan ukuran 1,02-1,49 mm.

Mikroplastik dengan ukuran lebih besar dari 150  $\mu\text{m}$  kemungkinan tidak akan diserap, sedangkan yang lebih kecil dari 150  $\mu\text{m}$  dapat berpindah dari rongga usus ke getah bening dan sistem peredaran darah, serta menyebabkan paparan sistemik. Namun, penyerapan mikroplastik ini diperkirakan akan terbatas ( $\leq 0,3\%$ ). Hanya mikroplastik dengan ukuran  $\leq 20 \mu\text{m}$  yang dapat menembus ke dalam organ sedangkan fraksi terkecil ( $\leq 0,1 \mu\text{m}$ ) akan dapat mengakses semua organ, membran sel, sawar

darah-otak dan plasenta. Pasien dengan peningkatan permeabilitas usus (misalnya, karena penyakit radang usus kronis) kemungkinan lebih rentan terhadap penyerapan mikropartikel dan potensi kerusakan.

Mikroplastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) sebagian besar digunakan untuk keperluan kemasan makanan dan minuman karena kemampuannya yang kuat untuk mencegah oksigen masuk dan merusak produk didalamnya. Meskipun PET biasanya dapat didaur ulang untuk digunakan kembali, namun PET masih dianggap berbahaya bagi kesehatan dalam penggunaannya. Jenis plastik ini mengandung antimon trioksida yang bersifat karsinogen sehingga dapat menyebabkan kanker pada jaringan yang hidup. Jika terpapar panas, maka senyawa tersebut dapat dilepaskan ke dalam isi yang ada didalamnya dan berbahaya untuk dikonsumsi (Nurul Rafiqua, 2020)

Partikel mikroplastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) yang berukuran 50  $\mu\text{m}$  dapat bertranslokasi ke hati atau limpa melalui getah bening, dan di sana berisiko mengalami peradangan dan perubahan proses kekebalan tubuh. Partikel mikroplastik melewati dinding epitel usus dan mencapai cairan tubuh. (Nirmala *et al*, 2022)

Saat ini baru ada sedikit penelitian yang difokuskan pada kontaminasi mikroplastik pada air minum sehingga belum ada cukup data komprehensif yang dapat dijadikan acuan yang akurat untuk penanganan masalah ini. Kebanyakan penelitian lebih banyak terfokus pada wilayah

laut dan kandungan mikroplastik pada ikan tanpa memperhatikan bahwa penelitian pada sumber air minum juga sangat diperlukan karena dapat menimbulkan dampak yang berbahaya terutama pada manusia.

Oleh karena itu berdasarkan dari beberapa penelitian di atas, ternyata air minum yang dikonsumsi masyarakat masih belum aman dari kontaminasi zat berbahaya seperti mikroplastik, serta penelitian sebelumnya hanya mengidentifikasi dan karakteristik mikroplastik pada air minum isi ulang. Hal ini lah yang menjadi acuan peneliti untuk melakukan penelitian mengenai risiko kesehatan pajanan mikroplastik *Polyethylene Terephthalate* (Pet) dalam air minum isi ulang di kelurahan Tamangapa Kota Makassar.

## **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang maka rumusan masalah dalam penelitian adalah “Menganalisis Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Akibat Pajanan Mikroplastik *Polyethylene Terephthalate* (Pet) Dalam Air Minum Isi Ulang Di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar”.

## **C. Tujuan Penelitian**

### **1. Tujuan Umum**

Untuk menganalisis risiko kesehatan lingkungan akibat pajanan mikroplastik *Polyethylene Terephthalate* (Pet) dalam air minum isi ulang di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar.

## 2. Tujuan Khusus

- a. Untuk menghitung konsentrasi, laju asupan, frekuensi pajanan, durasi pajanan, tingkat asupan harian (intake), dan tingkat risiko (*risk quotient*) mikroplastik *Polyethylene Terephthalate* (Pet) dalam air minum isi ulang di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar.
- b. Untuk menganalisis risiko kesehatan yang ditimbulkan akibat pajanan mikroplastik *Polyethylene Terephthalate* (Pet) dalam air minum isi ulang di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar.
- c. Untuk menganalisis manajemen risiko pajanan mikroplastik *Polyethylene Terephthalate* (Pet) dalam air minum isi ulang di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar.

## D. Manfaat Penelitian

### 1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi sumber pengetahuan tambahan bagi pembaca terkait analisis risiko pajanan mikroplastik *Polyethylene Terephthalate* (Pet) dalam air minum isi ulang di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar.

### 2. Manfaat Praktis

#### a. Masyarakat

Melalui penelitian ini diharapkan masyarakat mendapatkan informasi terkait adanya risiko dari pajanan mikroplastik dalam air minum isi ulang sehingga semakin tindakan pencegahan dapat

dilakukan sedini mungkin untuk mengurangi tingkat risiko yang didapatkan.

**b. Peneliti Selanjutnya**

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat menjadi bahan referensi, kajian, landasan ilmiah yang menjadi dasar dalam penelitian lebih lanjut.

**c. Pemerintah**

Melalui penelitian ini, diharapkan kepada instansi pemerintahan dan kesehatan terkait dapat memberikan masukan dalam merumuskan kebijakan yang perlu diambil dalam upaya mencegah dampak dari pencemaran akibat paparan mikroplastik pada air minum isi ulang.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Tinjauan Umum Tentang Mikroplastik

##### 1. Definisi Mikroplastik

Mikroplastik didefinisikan sebagai partikel yang diameternya kurang dari 5 mm dan terdiri dari polimer. Batas bawah dari ukuran mikroplastik belum ditetapkan, namun sebagian besar penelitian meneliti partikel dengan ukuran minimal  $330 \mu\text{m}^3$  dan terbagi menjadi dua kategori yaitu ukuran (1-5 mm) dan kecil ( $<1 \text{ mm}$ ) (Storck, 2015). Mikroplastik berdasarkan sumbernya dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik primer adalah hasil produksi plastik yang dibuat dalam bentuk mikro, seperti microbeads pada produk perawatan kulit. Mikroplastik sekunder merupakan pecahan dari hasil fragmentasi plastik yang lebih besar (Zhang, 2017).

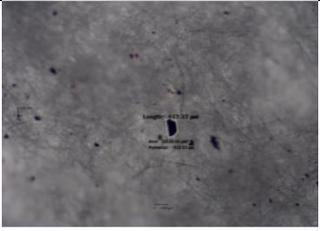
Akumulasi mikroplastik dalam tubuh organisme berdampak negatif pada sistem rantai makanan, yang pada akhirnya bermuara pada manusia sebagai puncak rantai makanan (Widinarko & Hantoro, 2018). Adanya mikroplastik dalam tubuh manusia dapat mengakibatkan berbagai masalah kesehatan karena dapat mempengaruhi imunitas tubuh dan dapat mempengaruhi organ lain dalam tubuh. Dengan adanya bahaya yang ditimbulkan, menjadikan

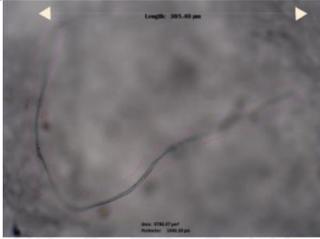
mikroplastik ini sulit untuk diatasi karena ukurannya yang sangat kecil dan tidak mudah terlihat.

## 2. Bentuk Mikroplastik

Mikroplastik diklasifikasikan berdasarkan bentuknya adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.1**  
**Klasifikasi Mikroplastik Berdasarkan Bentuknya**

Deskripsi Lapangan	Deskripsi Alternatif	Karakteristik	Contoh
Fragment	Butiran, serpihan, potongan	Partikel keras berbentuk beraturan tampak teratur dari sampah yang lebih besar	
Foam	Expanded Polystyrene (EPS), Polyurethane (PUR)	Dekat-bola atau partikel granular, yang deformasi mudah di bawah tekanan dan dapat sebagian elastis, tergantung pada pelapukan Negara.	
Film	Lembar	Partikel datar dan fleksibel dengan tepi halus atau bersudut.	

Line	Serat, Fllamen, Untai, Mikrofiber	Bahan berserat panjang yang memiliki panjang jauh lebih panjang daripada lebarnya.	
Pilet	Manik resin, mutiara, biji, bulatan mikro	Partikel keras dengan bentuk bulat, halus atau butiran.	

Sumber:: Gesamp, 2019

Ketika mikroplastik berada di air maka akan mengapung bergantung pada densitas polimernya. Kemampuan mikroplastik mengapung menentukan posisi mikroplastik di air dan interaksinya dengan biota (Wright *et al*, 2013). Mikroplastik memiliki beberapa bentuk yang umum ditemukan di perairan yaitu fiber, fragment dan film (Lusher *et al*, 2017).

### 3. Sumber Mikroplastik

Kegiatan yang terjadi di daratan merupakan sumber utama keberadaan mikroplastik di perairan. Hal tersebut didasarkan pada banyaknya aktivitas manusia yang terjadi di darat. Menurut (Jambeck *et al* 2015), jumlah rata rata limbah yang mengandung plastik yang masuk ke dalam lingkungan adalah sebesar 31.9 juta ton, dan plastik yang berhasil masuk kedalam perairan dari darat adalah sebanyak 4.8-12.7 juta ton setiap tahunnya. Polutan mikroplastik yang ada di

darat seperti limbah hasil kegiatan rumah tangga dan industri, terbawa ke dalam perairan melalui hujan, lalu masuk ke dalam aliran sungai sebelum akhirnya terbang ke lautan. (Defri, 2021)

Sumber sumber yang menjadi indikasi produksi sampah adalah dari aktivitas rumah tangga, perairan, perikanan, transportasi dan industri. Jenis sampah seperti plastik kemasan dan alat rumah tangga merupakan jenis yang sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari dengan sifatnya yang sulit untuk terdegradasi di alam. (Defri, 2021)

Kegiatan pertanian dan perkebunan yang menggunakan plastik untuk menutupi hasil tanamnya serta penggunaan *microbeads* sebagai penyuburan tanaman dan tanah juga menjadi faktor penambah kelimpahan mikroplastik pada perairan. Aktivitas seperti penjelajahan laut sampai dengan kegiatan perikanan tangkap yang dilakukan oleh nelayan juga turut menyumbang keberadaan mikroplastik di perairan. Penggunaan kapal-kapal besar untuk melakukan penjelajahan laut atau alasan komersial lain menyumbang mikroplastik pada perairan setempat lewat saluran pembuangan kapal hasilnya biasa disebut dengan *marine litter pollution*. (Defri, 2021)

#### **4. Polyethylene Terephthalate (PET)**

*Polyethylene terephthalate* (disingkat PET, PETE atau dulu PETP, PET-P) adalah suatu resin polimer plastik termoplast dari

kelompok poliester. PET banyak diproduksi dalam industri kimia dan digunakan dalam serat sintetis, botol minuman dan wadah makanan, aplikasi thermoforming, dan dikombinasikan dengan serat kaca dalam resin teknik. (Chandra dan Rizky, 2018)

PET merupakan salah satu bahan mentah terpenting dalam kerajinan tekstil. PET dapat berwujud padatan amorf (transparan) atau sebagai bahan semi-kristal yang putih dan tidak transparan, tergantung kepada proses dan riwayat termalnya. Monomernya dapat diproduksi melalui esterifikasi asam tereftalat dengan etilen glikol, dengan air sebagai produk sampingnya. (Chandra dan Rizky, 2018)

Monomer PET juga dapat dihasilkan melalui reaksi *transesterifikasietilen glikol* dengan *dimetil tereftalat* dengan metanol sebagai hasil samping. Polimer PET dihasilkan melalui reaksi polimerasi kondensasi dari monomernya. Reaksi ini terjadi sesaat setelah esterifikasi/transesterifikasinya dengan *etilen glikol* sebagai produk samping (dan *etilen glikol* ini biasanya didaur ulang). (Chandra dan Rizky, 2018)

Plastik PET merupakan serat sintesis poliester (darkon) yang transparan dengan daya tahan kuat, tahan terhadap asam, kedap udara, fleksibel, dan tidak rapuh. Dalam hal penggunaannya, plastik PET menempati urutan pertama. (Chandra dan Rizky, 2018)

PET merupakan jenis 1, Tanda ini biasanya tertera logo daur ulang dengan angka 1 di tengahnya serta tulisan PETE atau PET (*polyethylene terephthalate*) di bawah segitiga. Biasa dipakai untuk botol plastik, berwarna jernih/ transparan/tembus pandang seperti botol air mineral, botol jus, dan hampir semua botol minuman lainnya. Botol jenis PET/PETE ini direkomendasikan hanya sekali pakai. Bila terlalu sering dipakai, apalagi digunakan untuk menyimpan air hangat apalagi panas, akan mengakibatkan lapisan polimer pada botol tersebut akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker) dalam jangka panjang (Chandra dan Rizky, 2018)

##### **5. Dampak Mikroplastik Pada Makhluk Hidup**

Masuknya mikroplastik dalam tubuh biota dapat merusak saluran pencernaan, mengurangi tingkat pertumbuhan, menghambat produksi enzim, menurunkan kadar hormon steroid, mempengaruhi reproduksi (Wright and Kelly, 2017). Sampah plastik yang lebih kecil, seperti tutup botol, korek api, dan pellet plastik dapat tertelan oleh organisme perairan dan menyebabkan penyumbatan usus serta potensi keracunan bahan kimia.

Selain itu mikroplastik dapat menjadi faktor pembawa patogen yang dimana mikroplastik dapat mengikat mikroorganisme sehingga berpotensi membawa spesies mikroorganisme ke perairan.

Mikroplastik yang telah mengkontaminasi biota diberbagai tingkat tropik, ada kekhawatiran bahwa puing-puing dari plastik atau bahan kimia yang teradopsi dapat berakumulasi di tingkat tropik yang lebih rendah seperti plankton. Selanjutnya organisme tingkat tropik yang lebih rendah dikonsumsi oleh tropik di atasnya lalu mengalami biomagnifikasi yang berpotensi dikonsumsi oleh tingkat tropik yang lebih tinggi yaitu manusia, ini akan mempengaruhi kesehatan manusia (Rochman, C.M, *et al.*, 2015).

Mikroplastik sangat mudah tertelan oleh mikroorganisme tingkat tropik rendah, sehingga akan terjadi biomagnifikasi pada organisasi tingkat tropik tinggi yang memakan tingkat tropik rendah. Masalah kesehatan manusia dapat dipengaruhi oleh akumulasi mikroplastik dalam rantai makanan tersebut. Zat adiktif kimia yang digunakan dalam pembuatan plastik, serta polutan dan logam organik persisten yang teradopsi pada permukaan mikroplastik kemungkinan juga ikut tertelan oleh organisme laut selama konsumsi mikroplastik sehingga meningkatkan potensi toksik. Tertelan mikroplastik dan potensi meningkatnya konsentrasi berbahaya bahan kimia pada spesies yang diperuntukkan bagi konsumsi manusia, menimbulkan kekhawatiran juga tentang kesehatan manusia. Ketika mikroplastik dicerna, zat adiktif dan bahan kimia yang diserap dapat dilepaskan

dalam cairan pencernaan dan berpotensi transfer ke jaringan yang dapat dimakan (Digka *et al*, 2018).

## **6. Teknik Dalam Mengurangi Mikroplastik**

Berbagai upaya juga dilakukan untuk degradasi polimer plastik sintetik berbahaya yang saat ini menjadi penyumbang terbesar limbah plastik yang membebani lingkungan. Dalam hal ini, biodeteriorasi, biofragmentasi, asimilasi, dan mineralisasi polimer berbasis petrokimia ini dan komponen miniaturnya oleh berbagai aktinomisetes, bakteri, jamur, dan serangga serta berbagai enzim mikroba sedang diselidiki (Amobonye *et al*, 2020).

Selain upaya ilmiah yang telah disebutkan sebelumnya, tindakan mitigasi lainnya berkisar pada pengurangan produksi limbah plastik dan mencegahnya memasuki ekosistem yang berbeda sebanyak mungkin. Salah satu langkah ini melibatkan strategi oleh berbagai pemerintah untuk secara bertahap/langsung melarang penjualan/penggunaan kantong plastik secara umum dan penerapan industri mikroplastik dalam produk kosmetik. Larangan atau/dan pembatasan kantong plastik sekali pakai memiliki larangan tersebut (Ogunola *et al*, 2018). Misalnya, pengenaan pajak kantong plastik di Portugal diperkirakan menghasilkan pengurangan yang luar biasa sebesar 400% dalam jumlah kantong plastik yang dikonsumsi per orang per perjalanan belanja (Martinho *et al*, 2017). Namun, penegak

awal larangan ini sebagian besar berasal dari negara-negara Eropa, terutama Denmark dan Jerman, yang telah memberlakukan larangan ini selama hampir 30 tahun (Xanthos dan Walker, 2017). Namun, beberapa negara berkembang, termasuk India dan beberapa negara Amerika Latin, juga telah mengidentifikasi perlunya pengendalian limbah plastik dan telah memperkenalkan berbagai larangan/pembatasan di berbagai tingkat pemerintahan (Vimal *et al*, 2020). Misalnya pada 2017, ibu kota India Delhi melarang semua bentuk plastik sekali pakai, sementara pada 2016, negara bagian selatan Karnataka juga memberlakukan larangan total terhadap barang plastik sekali pakai (Radha, 2019).

Ekolabel juga telah diidentifikasi sebagai alat proaktif dan tak ternilai untuk mencegah atau mengurangi polusi plastik secara efektif (Anagnosti *et al*, 2021). Tujuan utama dari pendekatan ini adalah untuk meminimalkan dampak lingkungan yang merugikan dari produk dan meningkatkan kesadaran lingkungan konsumen, akibatnya meningkatkan kemungkinan mereka membuat pilihan yang lebih ramah lingkungan.

Studi ilmiah yang berfokus pada penilaian persepsi publik tentang polusi plastik telah menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat tidak mengetahui mikroplastik dan pengaruhnya terhadap

lingkungan, dibandingkan dengan masalah lain seperti perubahan iklim dan pengasaman laut (Ogunola *et al*, 2018).

Oleh karena itu, diyakini bahwa program kesadaran publik dan penjangkauan pendidikan baik oleh organisasi pemerintah maupun non-pemerintah (LSM) akan sangat mempromosikan perubahan perilaku dan kesempurnaan yang pada akhirnya akan mengarah pada pengurangan penggunaan dan pembuangan limbah plastik secara sembarangan. Di sisi industri, diyakini bahwa mengurangi penggunaan manik-manik mikroplastik dalam produk kosmetik dan produk industri lainnya akan membantu mengurangi upaya melawan mikroplastik ini.

Dalam hal ini, penghapusan manik-manik mikroplastik wajib melalui larangan legislatif oleh pemerintah dan badan pengatur mereka akan meningkatkan universalitas dan efektivitas pendekatan ini (Anagnosti *et al*, 2021). Daur ulang juga merupakan pendekatan berkelanjutan untuk mengurangi potensi kerusakan yang timbul dari mikroplastik ini karena sejumlah besar sampah plastik yang dibuang di tempat pembuangan sampah dan habitat alami di seluruh dunia pada satu titik berakhir sebagai mikroplastik. Namun, tingkat daur ulang limbah plastik bervariasi di berbagai negara, sangat rendah di negara berkembang dan jauh lebih tinggi di negara maju. Ini terutama karena produksi plastik daur ulang tidak kompetitif secara ekonomi dan dengan demikian menarik investasi minimal. Namun, tindakan seperti

mengenakan pajak atas penggunaan plastik murni, kesadaran akan manfaat lingkungan dari plastik daur ulang, dan insentif pemerintah terhadap produksinya akan membantu mendorong pasar plastik daur ulang (Calero *et al*, 2021).

## **B. Tinjauan Umum Tentang Air Minum Isi Ulang**

### **1. Definisi Air Minum**

Air minum isi ulang adalah salah satu jenis air minum yang dapat langsung diminum tanpa dimasak terlebih dahulu, karena telah mengalami proses pemurnian baik secara penyinaran ultraviolet, ozonisasi, ataupun keduanya. Era sekarang ini kesadaran masyarakat untuk mendapatkan air yang memenuhi syarat kesehatan semakin meningkat. Seiring dengan hal tersebut maka dewasa ini semakin menjamur pula Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) yang menyediakan air siap minum (Rosita, 2014).

Air minum isi ulang merupakan salah satu pemenuhan kebutuhan air minum masyarakat Indonesia yang murah dan praktis. Hal ini yang menjadi alasan mengapa masyarakat memilih air minum isi ulang untuk dikonsumsi. Akan tetapi, dikarenakan belum adanya standarisasi dalam peraturan untuk proses pengolahan air, depot air minum tidak dapat menjamin bahwa air yang diproduksinya sesuai kualitas standar air minum. Pemilihan depot air minum isi ulang sebagai alternatif air minum menjadi resiko yang dapat

membahayakan kesehatan jika kualitas depot air minum isi ulang masih diragukan, terlebih jika konsumen tidak memperhatikan keamanan dan ke higienisannya (Telan *et al*, 2015).

## **2. Faktor Yang Mempengaruhi Kualitas Air Minum Isi Ulang**

Keberadaan DAMIU di Indonesia semakin meningkat pesat seiring dengan kebutuhan masyarakat walaupun tidak semua produk DAMIU memenuhi syarat air minum dan terjamin keamanannya. Hal ini disebabkan masih kurangnya pengawasan pemerintah terhadap kualitas produk DAMIU yang ada di Indonesia. Mutu air minum isi ulang dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kondisi perlengkapan depot air minum yang tidak steril, depot air minum memiliki daya bunuh kuman yang masih rendah, dan metode penanganan air hasil olahannya yang belum baik. Hal ini menjadi penyebab meningkatnya potensi kontaminasi bakteri pada air minum isi ulang yang dapat mempengaruhi kesehatan manusia jika dikonsumsi (Nuria *et al*, 2009 dalam Mairizki, 2017).

Sehubungan dengan merebaknya isu kandungan mikroplastik pada air minum dalam kemasan, maka BPOM memberikan penjelasan bahwa mikroplastik merupakan isu yang sedang diamati perkembangannya. Lembaga internasional seperti EFSA (European Food Safety Authority), US-Environmental Protection Agency/US-EPA

saat ini sedang mengembangkan pengkajian termasuk metode analisis untuk melakukan penelitian toksikologi terhadap kesehatan manusia. (BPOM, 2018).

Belum ada studi ilmiah yang membuktikan bahaya mikroplastik bagi tubuh manusia. The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA) selaku lembaga pengkaji risiko untuk keamanan pangan dibawah FAO/WHO belum mengevaluasi toksisitas plastic dan komponennya. Oleh karena itu, belum ditetapkan batas aman untuk mikroplastik. Dan Codex, sebagai badan standar pangan dunia dibawah FAO-WHO belum mengatur ketentuan tentang mikroplastik pada pangan (BPOM, 2018).

## **C. Tinjauan Umum Tentang Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan**

### **1. Pengertian Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan**

Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) merupakan suatu pendekatan yang dapat digunakan untuk memperkirakan risiko pada kesehatan manusia, termasuk identifikasi terhadap adanya faktor ketidakpastian, penelusuran paparan tertentu, memperhitungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari target. (Anwar Mallongi, 2021)

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, mengingat pentingnya ADKL dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan yang berwawasan lingkungan dan kesehatan, Menteri Kesehatan pun mengeluarkan Keputusan No.876/Menkes/SK/VIII/2001 tentang pedoman teknik analisis dampak kesehatan lingkungan (ADKL) yang berisi panduan kajian yang harus dilaksanakan bagi suatu kegiatan atau usaha mulai dari perencanaan, pelaksanaan, pelaksanaan dan penilaian, seperti perencanaan rencana kegiatan pembangunan infrastruktur jaringan pipa minyak dan gas bumi beserta infrastuktur pendukungnya koridor Minas, Siak-Duri, Bengkalis-Balam/Bangko, Rokan Hilir-Dumai (Anwar Mallongi, 2021)

## **2. Paradigma Analisis Risiko**

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, assessment atau ARKL dan pengelolaan risiko, didalam prosesnya, analiis 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 agent risiko tersebut.

- b. *Assessment* risiko atau ARKL dilakukan dengan maksud untuk mengidentifikasi bahaya apa saja yang membahayakan, memahami hubungan antara dosis agent 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 *assessment* risiko menetapkan tingkat risiko suatu agen risiko tidak aman atau tidak bias diterima pada suatu populasi tertentu melalui langkah langkah pengembangan opsi regulasi, pemberian rekomendasi teknis serta social-ekonomi-politis dan melakukan tindak lanjut. Pada dasarnya, ARKL hanya mengenal 4 langkah (Basri *et al*, 2014 dalam Anwar Mallongi, 2021) yaitu:

- 1) Identifikasi bahaya

Identifikasi bahaya kimia yaitu suatu cara untuk mempelajari karakteristik bahan tersebut dengan mengamati label bahan kimia kemudian bentuk, warna, bau dan sifatnya. Identifikasi

bahan kimia dilakukan berkaitan dengan penanganan, penyimpanan, dan penggunaan bahan tersebut lebih lanjut, sehingga risiko bahaya dapat dicegah dan dihindari, serta dalam penggunaannya lebih efisien.

Keberadaan mikroplastik di dalam air minum telah banyak dideteksi sejak lama oleh para peneliti. Beberapa risiko yang memperbesar kemungkinannya berada dalam air minum yakni lemahnya pengawasan kualitas air minum selama proses produksi, baik untuk air minum kemasan sekali konsumsi ataupun pada botol yang digunakan secara berulang. Pengawasan yang lemah membuka peluang air minum terkontaminasi mikroplastik dengan mudah saat melalui tahap-tahap produksi, misalnya saja saat proses sterilisasi kemasan air minum, pencucian kemasan air minum, pembilasan kemasan air minum, dan juga proses penutupan kemasan air minum (Handayani, 2020)

Cara mudah mengidentifikasi suatu bahan kimia dapat dilakukan dengan cara mempelajari informasi yang tertera pada label kemasan, jadi identifikasi bahaya adalah tahap awal analisis risiko kesehatan lingkungan untuk mengenali risiko. Tahap ini adalah suatu proses untuk menentukan bahan kimia

yang berpengaruh terhadap kesehatan manusia, misalnya kanker dan cacat lahir.

**Tabel 2.2 Uraian langkah identifikasi bahaya**

Pertanyaan	Uraian
Agen risiko spesifik apa yang berbahaya	Agen risiko bahan kimia jelaskan spesi atau senyawa kimia apa yang berbahaya secara jelas. Contoh: Merkuri (Hg) jelaskan apakah agen risiko berupa elemental mercury, anorganic mercury, atau organic mercury ( <i>methyl mercury</i> ). Agen risiko biologi jelaskan spesiesnya.
Di media lingkungan yang mana agen risiko eksisting	Jelaskan media lingkungan dimana agen risiko eksisting; apakah di udara ambien, air, tanah, sludge, biota, hewan, dll. Contoh: jika merkuri sebagai agen risiko, maka media lingkungan yang terkontaminasi antara lain air bersih, sludge (jika pada pertambangan emas rakyat), ataupun di hewan (ikan yang dikonsumsi).
Seberapa besar kandungan/konsentrasi agen risiko di media lingkungan. Gejala kesehatan apa yang potensial	Jelaskan konsentrasi hasil pengukurannya di media lingkungan. Uraikan gejala kesehatan/gangguan kesehatan apa yang dapat terkait dengan agen risiko

Sumber: Dirjen P2PL Kemenkes, 2012

## 2) Analisis dosis respon

Analisis dosis respon disebut juga *dose-response assessment* atau *toxicity assessment*, yaitu menetapkan nilai-nilai kuantitatif toksisitas risk agent untuk setiap bentuk spesi kimianya. Toksisitas dinyatakan sebagai dosis referensi (*reference dose, RfD*) untuk efek efek nonkarsinogenik dan *Cancer Slope Factor (CSF)* atau *Cancer Unit Risk (CCR)* untuk efek efek karsinogenik. Analisis dosis-respon merupakan tahap yang paling menentukan karena ARKL hanya bias dilakukan untuk risk agent yang sudah ada dosis-responnya, dosis referensi dibedakan untuk pajanan oral atau tertelan (ingesti, untuk makanan dan minuman), 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)*. Berdasarkan standarisasi yang dikeluarkan oleh Badan US-EPA untuk nilai *RfD* Mikroplastik *Polyethylene Terephthalate (PET)* yaitu 0.0004 mg/kg/day.

## 3) Analisis Pemajanan

Analisis pemajanan atau *exposure assessment* yang disebut juga penilaian kontak, bertujuan untuk mengenali jalur

jalur pajanan risk agent agar jumlah asupan yang diterima individu dalam populasi berisiko bisa dihitung, waktu pajanan (tE) harus digali dengan cara menanyakan berapa lama kebiasaan responden sehari-hari berada diluar rumah seperti ke pasar, mengantar dan menjemput anak sekolah dalam hitungan jam. Demikian juga untuk frekuensi pajanan (fE), kebiasaan apa yang dilakukan setiap tahun meninggalkan tempat mukim seperti pulang kampung, mengajak anak berlibur ke rumah orang tua, rekreasi dan sebagainya dalam hitungan hari. Untuk durasi pajanan (Dt), harus diketahui berapa lama sesungguhnya (real time) responden berada di tempat mukim sampai saat survey dilakukan dalam hitungan tahun. Selain durasi pajanan lifetime, durasi pajanan realtime penting untuk dikonfirmasi dengan studi epidemiologi kesehatan lingkungan (EKL) apakah estimasi risiko kesehatan sudah terindikasikan.

#### 4) Karakterisasi Risiko

Karakterisasi risiko kesehatan dinyatakan sebagai *risk quotient* (RQ, tingkat risiko) untuk efek efek nonkarsinogenik dan *excess cancer risk* (ECR), RQ dihitung dengan membagi asupan nonkarsinogenik (*Ink*) risk agent dengan *RfD* atau *RfC*-nya.

Karakteristik risiko untuk non karsinogenik dilakukan dengan membandingkan atau membagi intake dengan dosis atau konsentrasi agen risiko tersebut. Variabel yang digunakan untuk menghitung tingkat risiko adalah intake (yang didapatkan dari analisis pemajanan) dan dosis referensi (RfD) atau konsentrasi referensi (RfC) yang didapat dari literatur yang ada (dapat diakses di situs [www.epa.gov/iris](http://www.epa.gov/iris))

$$RQ = \frac{I}{RfC}$$

Keterangan :

RQ : Karakterisasi risiko (risk characterization)

RfC : Analisis konsentasi respon

I : Intake (pajanan)

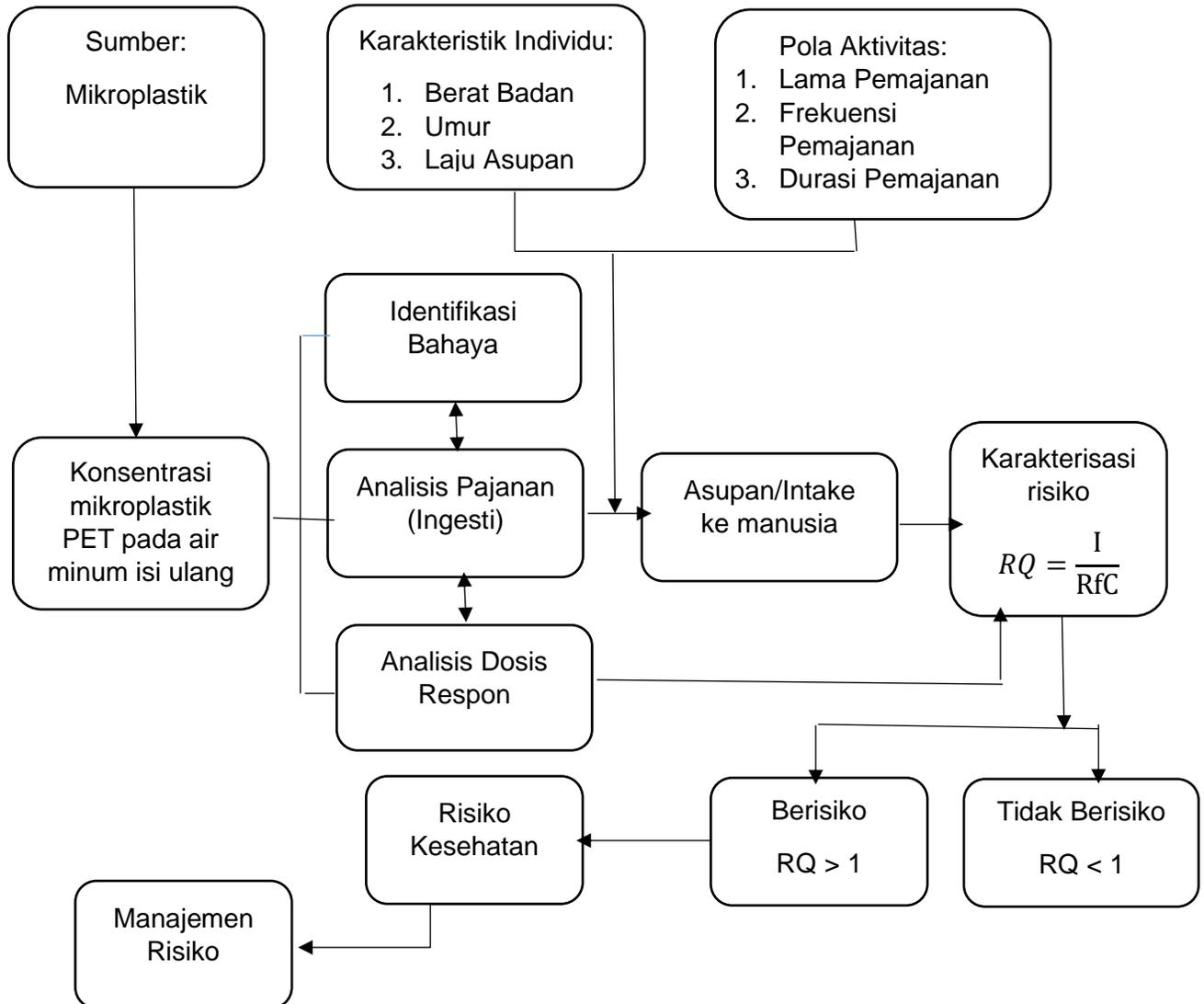
Karakteristik risiko untuk efek karsinogenik dilakukan perhitungan dengan mengkali intake dengan SF (slope factor). Nilai referensi agen risiko dengan efek karsinogenik didapatkan dari situs [www.epa.gov/iris](http://www.epa.gov/iris) .

#### **D. Kerangka Teori**

Teori adalah alur logika atau penalaran, yang merupakan seperangkat konsep, definisi, dan proposisi yang disusun secara sistematis (Sugiyono 2017). Berdasarkan tinjauan pustaka, disusun suatu kerangka teori bagaimana Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan

pajanan mikroplastik pada air minum isi ulang di Kelurahan Tamangapa

Kota Makassar, yang skemanya disajikan pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.1 Kerangka Teori Penelitian

Mikroplastik yang terkandung pada sumber mata air diperkirakan dapat berasal dari hasil degradasi cemaran plastik di lingkungan. Mintenig *et al*, (2019) menemukan bahwa air tanah yang menjadi sumber air minum, tidak terlepas pula dari keberadaan mikroplastik. Cemaran

mikroplastik di lingkungan dan badan air ini sangat erat kaitannya dengan semakin berkembangnya industri plastik (Mason *et al*, 2018).

Secara lebih rinci, terdapat beberapa sumber mikroplastik dari lingkungan yang kemudian berakhir ditemukan dalam badan air. Partikulat plastik yang berasal dari cat pada jalan raya dan gedung-gedung, partikulat dari pemakaian ban kendaraan, serta serat mikroplastik dari tekstil dapat terdispersi di udara dan akhirnya terakumulasi dalam badan air (Lassen *et al*, 2015; Ver - schoor *et al*, 2016). Aktifitas pertanian juga dapat menjadi salah satu sumber mikroplastik melalui penggunaan peralatan plastik dalam proses yang berkaitan dengan pengairan (Horton *et al*, 2017).

Di samping sumber-sumber ini, tentunya penyebab yang paling memberikan dampak besar berasal dari efluen limbah cairan yang mengandung polimer plastik dari industri seperti tekstil dan kosmetik. Ketika partikel makroplastik sudah memasuki badan air, maka adanya radiasi sinar UV (ultraviolet) dan temperatur yang tinggi akan menyebabkan reaksi kimia yang menyebabkan proses degradasi dan fragmentasi makroplastik menjadi partikel mikroplastik (Nair & Laurencin, 2006).

Keberadaan mikroplastik di dalam air minum telah banyak dideteksi sejak lama oleh para peneliti. Beberapa risiko yang memperbesar kemungkinannya berada dalam air minum yakni lemahnya pengawasan

kualitas air minum selama proses produksi, baik untuk air minum kemasan sekali konsumsi ataupun pada botol yang digunakan secara berulang. Pengawasan yang lemah membuka peluang air minum terkontaminasi mikroplastik dengan mudah saat melalui tahap-tahap produksi, misalnya saja saat proses sterilisasi kemasan air minum, pencucian kemasan air minum, pembilasan kemasan air minum, dan juga proses penutupan kemasan air minum (Handayani, 2020).

Meskipun telah diketahui bahwa dalam sumber mata air sudah terdapat mikroplastik, namun kesamaan jenis polimer mikroplastik dengan polimer pada kemasan air mineral merupakan suatu bahan tinjauan yang harus dianalisis lebih lanjut untuk menentukan sumber sesungguhnya dari mikroplastik dalam air minum isi ulang tersebut. Lebih jauh lagi, dengan adanya informasi bahwa mikroplastik juga terdapat dalam sumber air dari alam, maka pemrosesan air mineral kemasan dari sumber airnya penting untuk diperhatikan secara lebih teliti terutama dalam mengeliminasi partikel-partikel mikroplastik secara lebih efektif (*World Health Organization, 2019*).

Mikroplastik dengan ukuran lebih besar dari 150  $\mu\text{m}$  kemungkinan tidak akan diserap, sedangkan yang lebih kecil dari 150  $\mu\text{m}$  dapat berpindah dari rongga usus ke getah bening dan sistem peredaran darah, serta menyebabkan paparan sistemik. Namun, penyerapan mikroplastik ini diperkirakan akan terbatas ( $\leq 0,3\%$ ). Hanya mikroplastik dengan ukuran

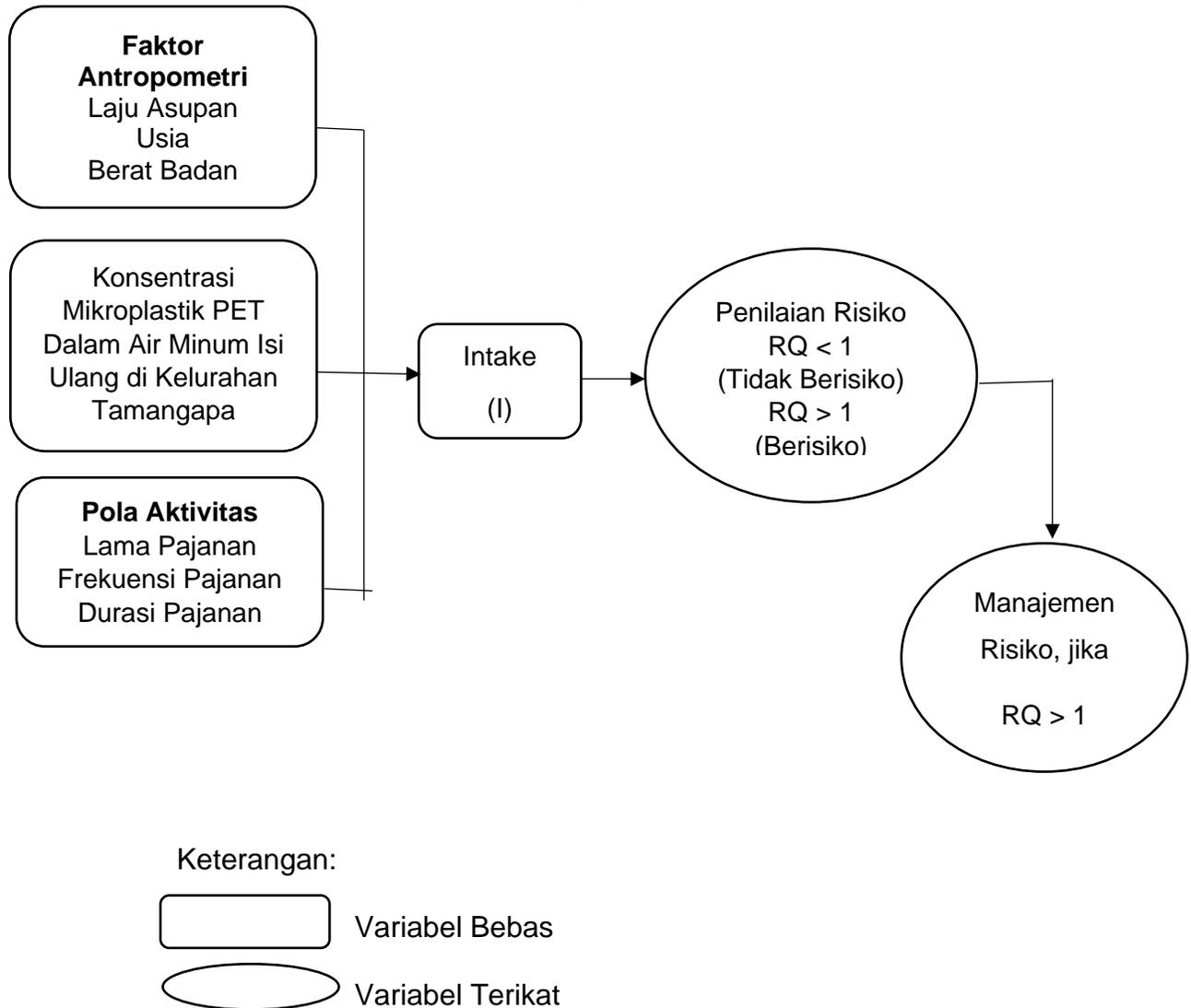
$\leq 20 \mu\text{m}$  yang dapat menembus ke dalam organ sedangkan fraksi terkecil ( $\leq 0,1 \mu\text{m}$ ) akan dapat mengakses semua organ, membran sel, sawar darah-otak dan plasenta. Pasien dengan peningkatan permeabilitas usus (misalnya, karena penyakit radang usus kronis) kemungkinan lebih rentan terhadap penyerapan mikropartikel dan potensi kerusakan.

Analisis risiko kesehatan lingkungan (ARKL) merupakan suatu pendekatan yang dapat digunakan untuk memperkirakan risiko pada kesehatan manusia, termasuk identifikasi terhadap adanya faktor ketidakpastian, penelusuran paparan tertentu, memperhitungkan karakteristik yang melekat pada agen yang menjadi perhatian dan karakteristik dari target.

Pengelolaan/manajemen risiko dilakukan bilamana *assessment* risiko menetapkan tingkat risiko suatu agen risiko tidak aman atau tidak bias diterima pada suatu populasi tertentu melalui langkah langkah pengembangan opsi regulasi, pemberian rekomendasi teknis serta social-ekonomi-politis dan melakukan tindak lanjut.

### E. Kerangka Konsep

Kerangka konsep ini terdiri dari variabel dependen dan variabel independent. Hubungan antara variabel independent dan variabel dependen digambarkan dalam bagan dibawah ini:



**Gambar 2.2**

**Kerangka konsep Penelitian**

Mengidentifikasi jenis dan konsentrasi mikroplastik pada suatu agen risiko yang menyebabkan dampak buruk bagi organisme, sistem, atau sub atau populasi. Setelah melakukan identifikasi bahaya selanjutnya melakukan analisis dosis respon yaitu mencari nilai RfD atau RfC dari agen risiko yang menjadi kajian ARKL, serta memahami efek yang ditimbulkan. Perhitungan analisis paparan menghasilkan nilai intake (I) minimal dan maksimal untuk mencari nilai tingkat risiko kesehatan yang ditimbulkan dari kadar mikroplastik dalam air minum isi ulang. Dikatakan memiliki risiko bagi kesehatan apabila nilai RQ (risk quotient)  $> 1$  dan dikatakan tidak memiliki risiko bagi kesehatan apabila nilai RQ (*risk quotient*)  $< 1$ . Pengelolaan/manajemen risiko dilakukan bilamana *assessment* risiko menetapkan tingkat risiko suatu agen risiko tidak aman atau tidak bias diterima pada suatu populasi tertentu melalui langkah langkah pengembangan opsi regulasi, pemberian rekomendasi teknis serta social-ekonomi-politis dan melakukan tindak lanjut.

### F. Definisi Operasional dan Kriteria Obyektif

No	Variabel	Definisi Operasional	Pengukuran dan Satuan	Skala	Parameter	Kriteria Obyektif
1	<i>Intake (I)</i>	Jumlah konsentrasi/besaran risiko pajanan mikroplastik yang masuk ke dalam tubuh manusia dengan berat badan tertentu (kg) setiap harinya	Melakukan perhitungan berdasarkan pajanan mikroplastik dengan rumus : $I = \frac{C \times R \times fE \times Dt}{Wb \times t \text{ avg}}$ Dengan satuan mg/kg/day	Nominal	-	-
2	<i>Consentration (C)</i>	Konsentrasi besaran risiko pajanan mikroplastik	Menggunakan metode FTIR, dengan satuan mg/L	Rasio	-	-
3	<i>Rate (R)</i>	Laju Konsumsi atau banyaknya volume air yang masuk /dikonsumsi setiap hari	Wawancara dan kuesioner, dengan satuan L/day	Rasio	-	-
4	<i>Frekuensi of Exposure (fE)</i>	Lama atau jumlah hari (hari/tahun) terjadinya pajanan mikroplastik setiap tahunnya (350 hari/tahun untuk nilai	Wawancara dan kuesioner, dengan satuan day/year	Rasio	-	-

		default residensial)					
5	<i>Duration Time (Dt)</i>	Durasi pajanan mikroplastik. Pajanan lifetime: 30 tahun untuk nilai default residensial, pajanan realtime berdasarkan lama responden mengonsumsi air minum isi ulang tersebut	Wawancara dan Kuesioner, dengan satuan (tahun)	Rasio	-	-	
6	<i>Weight of Body (Wb)</i>	Berat badan responden yang dinyatakan dalam satuan (Kg)	Pengukuran dengan Timbangan berat badan (dalam Kg)	Rasio	-	-	
7	<i>Time Average (t avg)</i>	Periode waktu rata-rata (hari) untuk efek karsinogenik (70 tahun x 365 hari/tahun) dan efek non-karsinogenik (30 tahun x 365 hari/tahun)	Dalam jam/hari	Rasio	-	-	
8	<i>Risk Quotient (RQ)</i>	Tingkat risiko efek non karsinogenik (Risk	Penentuan risiko non karsinogen dengan	Rasio	1. Memiliki risiko non	1. Berisiko jika RQ > 1	

Quotient)	rumus: $RQ = \frac{I}{RfC}$	karsinogenik 2. Tingkat risiko dapat diterima	2. Tidak berisiko jika $RQ < 1$
	Penentuan risiko karsinogen dengan $ECR = I \times SF$		

### G. Tabel Sintesa

No	Nama/Tahun	Judul Penelitian	Tujuan	Hasil
1	Hamze Sharif, Hossein Movahedian Attar 2022	Identification, Quantification, and Evaluation of Microplastiks Removal Efficiency in a Water Treatment Plant (A Case Study in Iran)	Untuk menyelidiki keberadaan MP dalam air minum mentah dan olahan serta mengevaluasi efisiensi penyisihan MP dalam air minum.	Konsentrasi Mikroplastik di influen, efluen clarifier, dan efluen DWTP masing-masing adalah $1597.7 \pm 270.3$ , $676.2 \pm 69.0$ , dan $260.5 \pm 48.9$ MPs/L. Total efisiensi DWTP dalam penghilangan Mikroplastik adalah 83,7%, dimana tahap klarifikasi dan filtrasi menghilangkan 57,7%, dan 26,0% dari total bagian mikroplastik, masing-masing. Polimer yang paling banyak diidentifikasi adalah PP, PE, dan PET.
2	Lara Dronjak, <i>et al</i>	Screening of microplastiks in water and sludge lines of	Untuk menyelidiki konsentrasi, morfologi,	Ditemukan di semua DWTP sampel, dengan konsentrasi

2021	a drinking water treatment plant in Catalonia, Spain	dan komposisi MP, karena antara 20 µm dan 5 mm, di instalasi pengolahan air minum (DWTP) yang berlokasi dekat dengan Barcelona (Catalonia, NE Spanyol).	dari 4,23 ± 1,26 MPs/L hingga 0,075 ± 0,019 MPs/L dalam influen dan efluen tanaman, masing-masing. Efisiensi penghilangan keseluruhan pabrik adalah 98,3%. Morfologi yang paling dominan adalah serat diikuti oleh fragmen dan film. Dua puluh dua jenis polimer yang berbeda diidentifikasi dan sel sintetik lulose, poliester, poliamida, polipropilen, polietilen, poliuretan, dan poliakrilonitril adalah yang umum paling banyak.	
3	Maocai Shen, <i>et al</i> 2021	Presence of microplastiks in drinking water from freshwater sources: the investigation in Changsha, China	Untuk menentukan kelimpahan dan karakteristik mikroplastik pada air minum sumber air tawar	Kelimpahan Mikroplastik masing-masing adalah 2173–3998 (rata-rata = 2753), 338–400 (rata-rata = 351,9), dan 267–404 (rata-rata = 343,5) partikel L-1 dalam air tawar, air olahan, dan air keran. Berserat dan fragmen merupakan mayoritas (> 70%) di semua sampel air, dan sebagian besar polimer terdiri dari <i>polietilen</i> , <i>polipropilen</i> , dan <i>polietilen tereftalat</i> .

4	Ilias Semmouri, <i>et al</i> 2022	Presence of microplastiks in drinking water from different freshwater sources in Flanders (Belgium), an urbanized region in Europe	Untuk menentukan kelimpahan dan karakteristik mikroplastik dalam air minum dari berbagai sumber air tawar di Flanders (Belgia), wilayah perkotaan di Eropa	Kelimpahan Mikroplastik dalam sampel DWTP dan TW masing-masing rata-rata $0,02 \pm 0,03$ MP L-1 dan $0,01 \pm 0,02$ MP L-1. <i>Polypropylene</i> (PP) dan <i>polyethylene terephthalate</i> (PET) adalah jenis polimer yang paling umum terdeteksi dalam sampel. Berdasarkan standar konsumsi dua liter air minum per hari yang dikombinasikan dengan konsentrasi terukur dalam penelitian ini, orang mengonsumsi 0,02 Mikroplastik per kapita per hari melalui air minum.
5	Yuet-Tung Tse, Sidney Man-Ngai Chan, and Eric Tung-Po Sze 2022	Quantitative Assessment of Full Size Microplastiks in Bottled and Tap Water Samples in Hong Kong	Untuk mengukur kadar mikroplastik dari sembilan merek air kemasan menggunakan mikroskop fluoresensi dan flow cytometry untuk MP dengan ukuran $\geq 50 \mu\text{m}$ dan ukuran $< 50 \mu\text{m}$ .	Kelimpahan rata-rata Mikroplastik dengan ukuran $\geq 50 \mu\text{m}$ pada sampel air kemasan ditemukan berkisar antara 8–50 partikel L-1, sedangkan Mikroplastik dengan ukuran $< 50 \mu\text{m}$ ditemukan sebesar 1570–17.817 partikel L-1, dimana kelimpahan Mikroplastik dari sampel air mineral secara signifikan lebih dari sampel air suling dan mata

				air. Ukuran modal dan bentuk Mikroplastik ditemukan masing-masing pada 1 $\mu\text{m}$ dan fragmen. Estimasi asupan harian (EDI) Mikroplastik meningkat secara substansial ketika data Mikroplastik kecil dimasukkan, menunjukkan bahwa laporan sebelumnya tentang paparan Mikroplastik dari air minum mungkin diremehkan, karena hanya Mikroplastik besar yang dipertimbangkan.
6	Inga V. Kirstein, <i>et al</i> 2020	Quantification and qualification of Microplastik in drinking Water distribution systems by $\mu\text{FTIR}$ And Py-GCMS	Untuk mengetahui Kuantifikasi dan kualifikasi mikroplastik dalam sistem distribusi air minum oleh $\mu\text{FTIR}$ dan Py-GCMS	Sebagian besar Mikroplastik yang terdeteksi lebih kecil dari 150 $\mu\text{m}$ , dan 32% lebih kecil dari 20 $\mu\text{m}$ . Hasil kami menunjukkan potensi serapan tahunan kurang dari satu Mikroplastik per orang, menunjukkan bahwa produksi air minum yang dapat diminum di pabrik pengolahan air minum berkinerja tinggi mewakili rendahnya resiko bagi kesehatan manusia.
7	Arif lukman, <i>et al</i>	Microplastik Contamination in Human Stools, Foods,	Untuk menganalisis Kontaminasi	Mikroplastik ditemukan pada lebih dari 50% sampel yang

2021	and Drinking Water Associated with Indonesian Coastal Population	Mikroplastik pada Tinja, Makanan, dan Air Minum Manusia Terkait dengan Penduduk Pesisir Indonesia	dianalisis dengan konsentrasi berkisar antara 3,33 hingga 13,99 $\mu\text{g}$ mikroplastik per gram feses ( $\mu\text{g}/\text{g}$ ). HDPE diamati sebagai jenis mikroplastik yang paling umum, dengan konsentrasi rata-rata 9.195 $\mu\text{g}/\text{g}$ dalam sampel positif. Berbagai jenis mikroplastik juga terdeteksi pada makanan laut, makanan pokok, air minum, garam meja, dan pasta gigi	
8	Junjie Zhang, <i>et al</i> 2021	Occurrence of <i>Polyethylene Terephthalate</i> and <i>Polycarbonate</i> Microplastiks in Infant and Adult Feces	Untuk menganalisis keberadaan Mikroplastik <i>Polyethylene Terephthalate</i> dan <i>Polycarbonate</i> pada Feses Bayi dan Dewasa	Mikroplastik jenis PET dan PC ditemukan pada beberapa sampel mekonium (pada rentang konsentrasi dari di bawah batas kuantifikasi [ $<\text{LOQ}$ ] hingga 12.000 dan $<\text{LOQ}$ –110 ng/g berat kering, masing-masing) dan semua spesimen tinja bayi (PET: 5700–82.000 ng/g, median, 36.000 ng/g; PC: 49–2100 ng/g, median, 78 ng/g). Mereka juga ditemukan di sebagian besar (PET) atau semua (PC) sampel tinja orang dewasa tetapi pada konsentrasi urutan besarnya lebih rendah daripada bayi

				untuk PET Mikroplastik (<LOQ–16.000 ng/g, median, 2600 ng/g). Perkiraan paparan harian rata-rata dari diet bayi ke PET dan PC Mikroplastik masing-masing adalah 83.000 dan 860 ng/kg berat badan per hari, yang secara signifikan lebih tinggi daripada orang dewasa (PET: 5800 ng/kg-bb/hari; PC : 200 ng/kg-bb/h).
9	Atyaf Umi Faizah, <i>et al</i> 2021	A Comparative Study About The Amount Of Microplastik In Polyethylene Terephthalate (Pet) Drinking Water That Was Exposed And Not Exposed By Sun At Environmental Health Laboratory Of Poltekkes Kemenkes Semarang At The Year 2020	Untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan jumlah mikroplastik pada kemasan PET kemasan yang terpapar dan tidak terpapar sinar matahari.	Terdapat mikroplastik dalam kemasan botol PET yang terpapar dan tidak terpapar sinar matahari. Sampel PET kemasan yang terpapar sinar matahari memiliki jumlah mikroplastik sebanyak 175 partikel/liter. Sedangkan AMDK yang tidak terkena sinar matahari memiliki jumlah mikroplastik sebanyak 132,25 partikel/liter. Independent t-test menunjukkan nilai Sig (2-tailed) sebesar 0,023. Nilai ini kurang dari $\alpha = 0,05$ . Jadi, kita dapat mengatakan bahwa ada perbedaan di antara keduanya.
10	Zabihollah	Evaluation of exposure to	Untuk mengetahui	Konsentrasi Mikroplastik rata-

Yousefi, <i>et al</i> 2019	phthalate esters through the use of various brands of drinking water bottled in <i>polyethylene terephthalate</i> (PET) containers under different storage conditions	faktor risiko penggunaan berbagai merek botol air minum dalam wadah polietilen tereftalat (PET) dalam kondisi penyimpanan yang berbeda.	rata ester <i>ftalat</i> (DEHP, DBP, DIBP, DEP, dan DMP) setelah 5 dan 15 hari penyimpanan pada suhu inkubator 42°C, dan setelah 15, 45, dan 75 hari pada incubator temperatur 25°C dengan menaikkan kondisi level awal menjadi 7.28, 8.99, 1.78, 5.6, 6.45, dan 8,55 ppb, masing-masing. Faktor risiko efek phthalates non-karsinogenik bagi konsumen adalah rendah dan dapat diabaikan (HQ<1). Juga, risiko kanker tambahan karena adanya <i>diethylhexyl phthalate</i> (DEHP) dalam air kemasan sangat rendah ( $4,8551 \times 10^{-6}$ ).
11 Mar'atusholihah, Yulinah Trihadiningrum, dan Arlini Dyah Radityaningrum, 2020	Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada IPAM Karangpilang III Kota Surabaya	Untuk menentukan kelimpahan dan karakteristik mikroplastik (MP) pada air baku dan air produksi di IPAM Karangpilang III dan menentukan efisiensi penyisihan mikroplastik pada setiap unit di IPAM Karangpilang III	Kelimpahan Mikroplastik selama proses pengolahan air minum menurun dari 54,4 partikel/L di air baku menjadi 13 partikel/L di air produksi (efisiensi penyisihan 76,1%). Bentuk Mikroplastik didominasi oleh serat 94,1% di air baku dan 81,5% di air produksi. Mikroplastik didominasi oleh partikel berukuran 351 – 1000

				Kota Surabaya	<p><math>\mu\text{m}</math> 42,3% di air baku dan 35,4% di air produksi). Partikel Mikroplastik didominasi oleh warna hitam (53,7 % di air baku) dan biru (33,8% di air produksi). Kelimpahan Mikroplastik berbeda pada setiap unit operasi. Tingkat penurunan kelimpahan Mikroplastik adalah 62,17% di unit aerator, 33,33% di unit prasedimentasi, dan 75,1% di unit desinfeksi.</p>
12	Isma Nur Faujiah, Danira Ryski Wahyuni 2022	Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Minum serta Potensi Dampaknya terhadap Kesehatan Manusia	dan	Untuk merangkum keberadaan polutan mikroplastik di dalam air minum baik air minum kemasan maupun airminum isi ulang dan bagaimana dampak yang dihasilkan jika terakumulasi di dalam tubuh	<p>Pada air minum kemasan ditemukan mikroplastik berbentuk fragmen dengan jenis <i>polypropylene</i> (PP) sebanyak 10,4 partikel/L dengan ukuran <math>&gt;100 \mu\text{m}</math>, 335 partikel/L dengan ukuran 6,5-100 <math>\mu\text{m}</math>. Pada air minum isi ulang ditemukan mikroplastik berbentuk fiber dengan jenis <i>High Density Polyethylene</i> (HDPE), <i>Polyvinyl Chloride</i> (PVC), dan <i>Polyethylene</i> (PE) sebanyak 159, 130, 67, dan 35 partikel masing-masing berwarna biru, merah, bening,</p>

				dan kuning. Ditemukan pula mikroplastik pada air minum isi ulang sebanyak 0,8 partikel/L dengan ukuran 1,02-1,49 mm
13	Abdulloh, Muhammad Nashruddin, 2020	Identifikasi Kandungan Mikroplastik Pada Air Minum Isi Ulang Di Kecamatan Gunung Anyar Surabaya	Untuk mengetahui kandungan mikroplastik pada air minum isi ulang Di Kecamatan Gunung Anyar Surabaya	Seluruh sampel mengandung mikroplastik, menurut jenisnya diketahui 25 sampel mengandung mikroplastik jenis HDPE, 13 sampel mengandung mikroplastik jenis PVC dan 11 sampel mengandung mikroplastik jenis PE. Menurut bentuk dan warna diketahui terdapat 159 partikel fiber berwarna biru, 130 partikel fiber berwarna merah, 67 partikel fiber bening dan 35 partikel fiber kuning
14	Syarif, Machrany, 2020	Identifikasi Mikroplastik Pada Air Minum Isi Ulang Di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar	Untuk mengetahui kandungan, bentuk, warna dan ukuran mikroplastik serta proses pengolahan, penampungan air baku, filtrasi dan desinfeksi pada air minum isi ulang di kelurahan Tamangapa Kota Makassar	pada identifikasi pemeriksaan mikroplastik dalam air minum isi ulang di Kelurahan Tamangapa Kota Makassar didapatkan hasil semua sampel pada air minum isi ulang yang diperiksa positif mengandung mikroplastik. Mikroplastik pada air minum isi ulang di rumah warga paling banyak di temukan di rumah warga 3, dengan kelimpahan

					sebanyak 1,4 partikel/L dengan bentuk line dan fragment, warna merah, biru, hijau, ukuran 0,84 –1,262 mm. Mikroplastik yang di temukan pada air minum isi ulang di warung paling banyak di temukan di warung 1, dengan kelimpahan sebanyak 1,3 partikel/L dengan bentuk line dan fragment, warna merah, biru, ungu, ukuran 0,5 – 1,663 mm. Mikroplastik yang di temukan pada depot air minum isi ulang paling banyak ditemukan pada depot 3, dengan kelimpahan sebanyak 0,8 pertikel/L dengan bentuk line, warna merah, biru ukuran 1,02 – 1,491 mm.
15	Amaludin, Amaludin 2022	Gambaran Frekuensi Pencucian Galon Dengan Mesin Sikat Terhadap Kandungan Mikroplastik Air Minum Isi Ulang (Amiu) Tahun 2022	Untuk mengetahui gambaran frekuensi pencucian galon terhadap kelimpahan mikroplastik pada AMIU galon Depot Rahmi water Kelurahan Tamalanrea Indah, Kota Makassar Tahun	Dari pemeriksaan 9 sampel, ternyata seluruhnya positif mengandung mikroplastik. Jumlah mikroplastik yang didapatkan berkisar antara 2-12 item/L, bentuk partikel yang ditemukan berupa line/fiber dan fragment, dan ukuran partikel mikroplastik yang ditemukan	

---

2022	berkisar antara 0,064 – 1,944 mm. Rata-rata nilai kelimpahan mikroplastik pencucian 1 kali, 50 kali dan 100 kali secara berturut-turut yakni 5,33, 8,33 , dan 5 item/L.
------	---

---