

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran lingkungan oleh mikroplastik saat ini menjadi isu yang menarik bagi ilmu pengetahuan. Dalam beberapa tahun terakhir, banyak peneliti yang mengkonsentrasikan studinya pada pencemaran plastik dan dampaknya terhadap lingkungan, khususnya mikroplastik dan nanoplastik. Sampah plastik diperkirakan merupakan jenis pencemar paling banyak yang terdapat di wilayah perairan dengan jumlah sekitar 62,31% (Hahladakis et al. 2017). Selama tahun 2019, secara global diperkirakan sebanyak 22 metrik ton (Mt) material plastik terlepas ke lingkungan dengan jumlah mayoritas berupa makroplastik (19,4%) (Campanale et al. 2020). Indonesia diperkirakan menghasilkan sekitar 6,8 juta ton sampah plastik dengan angka pertumbuhan rata-rata sekitar 5% per tahun. Dari total tersebut, jumlah sampah plastik yang terbangun ke lingkungan perairan terus meningkat sekitar 30% untuk rentang waktu tahun 2017 sampai 2025, dari 620.000 ton per tahun menjadi sekitar 780.000 ton per tahun (NPAP 2020).

Partikel plastik berada dalam bentuk ukuran yang lebih kecil di lingkungan, baik berupa mikroplastik (MP) maupun nanoplastik (NP) (Thushari et al. 2020). Mikroplastik adalah suatu susunan yang beragam dari partikel polimer sintesis yang bervariasi dalam komposisi kimia, ukuran (dari skala mikrometer sampai ukuran antara 1 nm – 5 mm), densitas dan bentuknya (Eriksen et al. 2014; A. Koelmans et al. n.d.; Sobhani et al. 2020). Mikroplastik secara global menyumbang sebanyak 12% dari total plastik di lingkungan, dimana sebagian besar mencapai lingkungan dari keausan ban dan marka jalan, terlepasnya pelet plastik secara tidak sengaja dan pencucian serat tekstil sintesis (Campanale et al. 2020).

Penelitian mikroplastik pada wilayah perairan Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa plastik telah menjadi kontaminan dalam sedimen, air laut dan biota laut. Pemeriksaan kandungan MP dalam air laut di Pulau Kodingareng ditemukan 19 partikel/liter pada kondisi pasang dan surut (Tang, Wang, Huang, -, et al. 2020). Di Pulau Sanrobeni Kabupaten Takalar, ditemukan dengan kelimpahan rata-rata 0,280 partikel/liter air laut (Mawaddha et al. 2020). Di Pulau Baranglombo, air laut (N=30) mengandung plastik dengan rata-rata 6920 ± 3411 partikel/m³ pada zona dalam (*inner zone*) dan 7713 ± 3821 partikel/m³ pada zona luar Pulau Baranglombo (*outer zone*) (Wander et al. 2021). Di Perairan Maccini Baji Kabupaten Pangkep, konsentrasi MP dalam air rata-rata 1,0848 partikel/m³ (Natalia Taruk Linggi et al. 2021).

Pemeriksaan Ikan Teri dari Pelabuhan Makassar ditemukan total partikel MP sebesar $95 \pm 2,65$ partikel/ekor berupa polimer HDPE, PS dan PA (Ningrum et al. 2022), Ikan Mujair dari Sungai Tallo memiliki rata-rata kelimpahan MP (N=15) sebesar $2,47 \pm 1,685$ (Bahri et al. 2020). Pemeriksaan Ikan laut di Pulau Kodingareng

Makassar, juga ditemukan adanya kandungan MP (n=46). Ikan Kelinci *Siganus canaliculatus* dan Ikan Biddy Perak *Gerres longirostris* merupakan jenis ikan dengan kandungan MP tertinggi (Tang et al, 2020). Bulu Babi dari Pulau Barang Lompo juga terbukti telah terkontaminasi MP (n=10) dengan konsentrasi berkisar antara $23,70 \pm 2,99$ partikel/ekor (Sawalman et al. 2021).

Partikel plastik secara fisik bisa mengancam kehidupan alamiah karena dapat memasuki rantai makanan dan secara potensial menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia melalui konsumsi makanan laut yang telah terkontaminasi plastik (Carbery et al. 2018; Eriksen et al. 2014; Smith et al. 2018). Berbagai penelitian sebagaimana yang diuraikan di atas telah mengidentifikasi keberadaan mikroplastik di lingkungan perairan di Indonesia (M R Cordova et al. 2018; Muhammad Reza Cordova et al. 2019; Suteja et al. 2021) seperti pada sedimen (Alam et al. 2019; Asadi et al. 2019; Falahudin et al. 2020), Air Sungai (Alam et al. 2019; Buwono et al. 2021; Lestari et al. 2020), Air (M R Cordova et al. 2018; Suteja et al. 2021), Ikan Tuna (Lessy et al. 2021), Ikan Teri (Ningrum et al. 2022), dan Ikan Gambusia (Buwono et al. 2021). Sedangkan penelitian pada perairan pesisir di Sulawesi Selatan juga menunjukkan kontaminasi MP baik pada sedimen (Mawaddha et al. 2020; Sawalman et al. 2021; Wicaksono et al. 2021), air sungai (Wicaksono et al. 2021), air laut (Mawaddha et al. 2020; Tang, Wang, Huang, al -, et al. 2020; Wander et al. 2021), dan juga pada biota seperti kerang hijau (Mawaddha et al. 2020; Tamrin et al. 2021), ikan Teri (Ningrum et al. 2022), ikan Mujair (Bahri et al. 2020), Ikan Bandeng (Amelinda et al. 2021), dan Bulu Babi (Sawalman et al. 2021).

Kepingan kecil plastik diperkirakan telah ditelan manusia sebanyak 50.000 keping per tahun (Campanale et al. 2020). Keberadaan MP dan NP juga ditemukan dalam makanan komersial seperti seafood, madu, bir, garam, dan air mineral botol, telah menjadi jalur intake MP dalam tubuh manusia (Rai et al. 2021) Diperkirakan asupan mikroplastik per orang dalam satu tahun dari kerang, air kran dan garam masing-masing sebanyak 11.000 gram, 5.800 gram dan 1.000 gram. Air botolan juga dapat menjadi kontributor kuat untuk konsumsi mikroplastik, dengan rata-rata 118 hingga 325 partikel per liter (Campanale et al. 2020).

Tren konsumsi protein dari sumber ikan/udang/cumi/kerang yang cenderung meningkat setiap tahun (Hakiki 2018), sehingga konsumsi protein yang sumbernya berasal dari laut/perairan menjadi isu keamanan pangan yang penting untuk ditelaah lebih jauh. Polusi plastik di laut diperkirakan telah mempengaruhi 3,7 juta orang Indonesia yang bermata pencaharian sebagai nelayan serta lebih dari seratus juta orang yang memperoleh kebutuhan proteinnya dari ikan yang ditangkap oleh nelayan (Indonesia Global Marine, 2022)

Pada tahun 2015, angka konsumsi protein dari sumber makanan laut secara nasional mencapai angka 7,4 gram/orang/hari. Angka ini cenderung meningkat, dari 7,17 gram (2016); 8,23 gram (2017); 8,31 gram (2018); 8,54 gram (2019); 8,43 (2020) dan menjadi 8,74 gram pada tahun 2021 (Hakiki 2018). Konsumsi ikan/udang/cumi/kerang merupakan sumber protein terbesar ketiga setelah padi-

padian sebesar 18,84 gram per orang per hari dan makanan-minuman jadi sebesar 16,58 gram per orang per hari pada tahun 2021. Rata-rata konsumsi protein nasional dari jenis komoditas ikan/udang/cumi/kerang mencapai 8.74 gram/orang/hari dan rata-rata konsumsi kalori per kapita per hari masyarakat Sulawesi Selatan mencapai angka rata-rata 13,77 gram/orang/hari (Hakiki 2018).

University of Vienna di Austria berhasil mengidentifikasi adanya mikroplastik jenis *polypropilen* dan *polyethilen* dalam tinja manusia dengan jumlah rata-rata 20 keping mikroplastik dengan ukuran 50 sampai 500 μm dalam setiap 10 gram tinja manusia (Campanale et al. 2020). Kandungan MP ditemukan pada tinja pada lebih dari separuh sampel (N=11) dengan total konsentrasi berkisar antara 3,33 – 13,99 $\mu\text{g}/\text{gram}$ pada komunitas nelayan yang tinggal di wilayah pesisir Kenjeran, Surabaya (Luqman et al. 2021). Penelitian di wilayah Pesisir Desa Pa'alakkang, Kecamatan Galesong, Kabupaten Takalar ditemukan bukti bahwa nelayan yang mengonsumsi kerang dan ikan laut memiliki konsentrasi rata-rata mikroplastik sebanyak 31 partikel/gram dalam tinjanya (Daud et al, 2022). Data ini bisa menjadi indikasi bahwa tingginya kandungan MP pada feses penduduk di pesisir dapat dikaitkan dengan tingginya konsumsi makanan laut (yang mengandung mikroplastik).

Bahaya mikroplastik secara umum dapat dikaitkan dengan jenis polimernya. Jenis polimer mikroplastik yang paling banyak ditemukan di lingkungan adalah *Polietilen Terephthalates*, *High density polyetilen (HDPE)*, *Polyvinyl Chloride (PVC)*, *Low Density Poyietilen (LDP)*, *Polypropilen (PP)*, *Polystiren (PS)* (Okunola A et al. 2019). Terdapat 7 jenis plastik yang umum diketahui memiliki efek pada kesehatan manusia yaitu *bisphenol*, *alkylphenol*, *phtalate*, *perfluorinated compounds*, *Brominated Flame Retardants (BFRS)*, *dioxin*, *UV Stabilizer* (IPEN 2020).

Selain itu, bahaya atau efek yang ditimbulkan mikroplastik pada makhluk hidup, termasuk manusia, juga dapat dikaitkan dengan peran mikroplastik sebagai vektor untuk berbagai bahan kimia (Sheng et al. 2021), bahan organik (Polidoro et al. 2022), maupun logam (liang Liao, yan Yang, et al. 2020; S. Liu et al. 2020). Mikroplastik dengan ukuran 20 μm dapat masuk ke dalam organ dan hanya MP dengan ukuran sekitar 10 μm yang dapat masuk ke dalam sel dan menembus membran sel (Schirinz et al. 2017a; Xu et al. 2019a), menembus plasenta (Graffmueller et al. 2015; Poulsen et al. 2015) dan mungkin bisa mencapai liver, otot dan bahkan hati (Ogonowski et al. 2018; Stock et al. 2019; Verla et al. 2019; Yong et al. 2020). Secara fisik, mikroplastik memiliki kemampuan untuk melewati sel hidup menuju ke dalam limpa dan sistem peredaran darah manusia (Kowalski et al. 2016; US EPA 2015).

Uji laboratorium yang dilakukan untuk melihat pengaruh paparan MP berukuran 2 μm dengan konsentrasi antara $5,7 \times 10^4$ – $5,7 \times 10^4$ partikel/ml, terhadap *cell line* saluran pencernaan manusia (Caco-2), dengan dua kondisi, ada dan tidak adanya garam empedu (seperti kondisi alamiah), menunjukkan adanya bukti translokasi mikroplastik dalam sel. Dari hasil pengamatan, MP memang tidak melewati sel, tetapi melewati celah antar sel. Satu jam setelah pemberian partikel MP, teramati

translokasi partikel sebanyak 0,02 – 0,16% dan setelah 24 jam, translokasi partikel meningkat menjadi 0,08-0,52%. Dengan dasar tersebut, maka jika konsumsi kerang rata-rata orang eropa berkisar antara 1.800 – 11.000 partikel mikroplastik pertahun, maka diperkirakan sebanyak 3-60 mikroplastik akan mengalami translokasi ke dalam sistem peredaran darah setiap tahun (Janssen et al. 2012)

Data-data mikroplastik yang disajikan sebelumnya di atas adalah data pada perairan laut yang disebut Kawasan Spermonde yaitu suatu kawasan perairan laut yang mendapatkan pengaruh dari pergerakan air laut dari Samudera Pasifik menuju Samudera Hindia dengan daerah-daerah yang meliputi bagian selatan Kabupaten Takalar, Makassar, Pangkep dan bagian barat Sulawesi Selatan (Kabupaten Barru). Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk melihat bagaimana kondisi pencemaran mikroplastik pada perairan di Sulawesi Selatan untuk melengkapi pengetahuan tentang pencemaran mikroplastik di kawasan perairan Sulawesi Selatan secara lebih utuh karena penilaian risiko kesehatan akibat paparan mikroplastik pada kawasan pesisir Sulawesi Selatan masih sangat terbatas.

Kecamatan Tamalatea, Kecamatan Bangkala dan Kecamatan Bangkala Barat adalah Kecamatan merupakan daerah Kabupaten Jeneponto yang dominan berada di kawasan pesisir dan dihuni oleh penduduk yang berprofesi sebagai nelayan dan juga sekaligus mengkonsumsi ikan atau biota laut lain yang mereka tangkap. Data statistik Kabupaten Jeneponto tahun 2023 menunjukkan bahwa pada 3 kecamatan tersebut terdapat 4.361 rumah tangga (54,65%) yang melakukan aktivitas usaha perikanan dari total 7.980 rumah tangga yang melakukan usaha perikanan di Kabupaten Jeneponto (BPS 2023).

Beberapa mikroplastik baik dalam bentuk polimer maupun mikroplastik sebagai vektor bahan kimia telah terbukti menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan. Paparan berbagai bahan kimia dalam komponen plastik seperti *Dibutyl phthalate* (DBP) terbukti telah meningkatkan kematian (US EPA, 1987), *Diethyl phthalate* (DEP) menyebabkan terjadinya penurunan laju pertumbuhan, penurunan nafsu makan dan perubahan berat organ (US EPA 1987) sedangkan paparan DEP telah menyebabkan peningkatan berat liver secara relative (IRIS 1987). Sedangkan jenis plastik seperti *Polyvinyl Chloride* (PVC) menyebabkan terjadinya polimorfisme sel hati (US EPA 2022), PCBs menyebabkan terjadinya adenoma hepatoseluler hati, karsinoma, *cholangioma*, atau *cholangiocarcinomas* (Polidoro et al. 2022a) dan Bisphenol A terbukti telah menyebabkan terjadinya penurunan berat badan pada manusia (Epa et al. 1988).

Efek paparan plastik pada kesehatan lebih banyak dikaitkan dengan ukuran partikelnya. Plastik yang berukuran > 150 µm tidak dapat diadsorpsi dalam jaringan, akan tetapi plastik dengan ukuran yang lebih kecil dari 150 µm diyakini dapat mengalami translokasi di dalam jaringan tubuh makhluk hidup. Hasil studi laboratorium (*in vitro*) menunjukkan bahwa mikroplastik dapat masuk ke dalam saluran pencernaan dan kemudian melalui proses metabolisme tubuh, mikroplastik dapat masuk ke dalam sistem peredaran darah (Hussain et al. 2001).

Ada beberapa skenario yang mungkin dialami oleh MPs saat masuk dalam saluran intestinal (Jin et al. 2021). Pertama, mikroplastik tetap tinggal di dalam lumen usus, lalu menimbulkan gangguan pada lapisan sel usus, menyebabkan iritasi lokal pada jaringan usus, dan bertindak sebagai “depot” lokal untuk polutan yang lain. Kedua, partikel yang berukuran lebih kecil (nanoplastik) melintasi epitel melalui rute *para* seluler (melalui persimpangan sel atau presorpsi/melewati celah antar epitel khusus). Ketiga, partikel diambil dari *enterocyte* epitel usus dan secara potensial melintasi penghalang usus dengan meninggalkan sisi sel basolateral. Keempat, partikel dapat diadsorpsi oleh jenis sel usus selain enterosi dan dengan demikian dapat mencepai sisi basolateral. Atau kelima, partikel tetap tinggal di dalam sel usus dan kemudian hilang seiring dengan berakhirnya umur sel.

Penilaian risiko adalah proses dari memperkirakan dampak potensial dari bahaya kimia dan fisik pada populasi manusia atau sistem ekologi tertentu dibawah seperangkat kondisi tertentu dan untuk jangka waktu tertentu (Department of Health and Ageing 2002; Mbabazi 2011). Penilaian risiko paparan mikroplastik memerlukan pendekatan komprehensif, setidaknya dengan menerapkan empat paradigma (Noventa et al. 2021) yaitu: 1. Analisis sampel untuk identifikasi mikroplastik (MP) harus mencakup partikel dengan berbagai ukuran, serta memastikan prosedur pengambilan dan ekstraksi sampel bebas dari kontaminasi silang; 2. MP sangat bervariasi dalam kombinasi fisik, kimia dan mikrobiologinya, sehingga secara praktis penilaian risikonya perlu dilakukan dengan mempertimbangkan keragaman tersebut; 3. Dinamika profil kimia, fisik dan mikrobiologi MP menjadi tantangan dalam pemodelan paparan, terutama untuk ukuran $<10\ \mu\text{m}$ dan submikron yang meningkatkan ketidakpastian pemodelan risiko; 4. Manajemen pengelolaan risiko kesehatan paparan MP perlu melibatkan berbagai pemangku kepentingan untuk mengoptimalkan pengelolaan risiko.

Penilaian intake mikroplastik telah diterapkan pada berbagai penelitian dengan metode yang berbeda-beda antaralain bahwa Intake mikroplastik dihitung sebagai rata-rata jumlah MP dalam daging ikan (MP item/gram) dikalikan dengan standar intake ikan per orang (gram) (Barboza et al. 2020) atau Intake mikroplastik dihitung sebagai hasil kali jumlah konsumsi ikan dan kerang dalam setahun dengan jumlah mikroplastik yang ditemukan dalam biota (Tanaviyutpakdee et al. 2023a). Penilaian risiko kesehatan belum banyak dilakukan karena belum ada standar penilaian konsentrasi mikroplastik pada biota. Konsentrasi mikroplastik dihitung berdasarkan jumlahnya dalam saluran pencernaan ikan (Ziino et al. 2021), daging ikan (Simionov et al. 2023), atau jaringan biota secara keseluruhan kecuali tulang (Lu et al. 2021). Belum ada dosis acuan khusus untuk setiap polimer mikroplastik. Keragaman karakteristik fisik seperti bentuk, warna dan ukuran mikroplastik (Lu et al. 2021; Montero et al. 2023; Polidoro et al. 2022; Ziino et al. 2021) membuat penilaian intake atau konsumsi aktual menjadi sulit dilakukan

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan penilaian risiko paparan mikroplastik terhadap kesehatan melalui identifikasi karakteristik fisik mikroplastik dan jenis

polimer mikroplastik dalam ikan dan kerang yang dikonsumsi dan menyusun manajemen risiko untuk dapat mencegah munculnya efek kesehatan pada penduduk pesisir.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah kelimpahan, karakteristik fisik dan kimia mikroplastik dalam ikan dan kerang di wilayah pesisir Kabupaten Jeneponto?
2. Berapa tingkat konsumsi ikan dan kerang pada penduduk pesisir Kabupaten Jeneponto?
3. Bagaimana nilai tingkat risiko kesehatan (*Hazard Quotient/HQ*) paparan mikroplastik pada penduduk wilayah pesisir Kabupaten Jeneponto?
4. Bagaimana nilai Hazard Indeks kesehatan (*Hazard Indeks/HI*) paparan mikroplastik pada penduduk wilayah pesisir Kabupaten Jeneponto?
5. Bagaimana strategi manajemen risiko kesehatan yang harus ditempuh untuk mencegah munculnya efek kesehatan paparan mikroplastik pada penduduk wilayah pesisir Kabupaten Jeneponto?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk menilai risiko kesehatan akibat paparan mikroplastik dari konsumsi ikan dan kerang serta menyusun strategi manajemen risiko kesehatan untuk mencegah terjadinya efek kesehatan pada penduduk pesisir Kabupaten Jeneponto.

1.3.2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan identifikasi kelimpahan, jenis polimer mikroplastik dalam ikan dan kerang dari wilayah pesisir Kabupaten Jeneponto
2. Menilai tingkat konsumsi ikan dan kerang pada penduduk pesisir Kabupaten Jeneponto
3. Melakukan analisis tingkat risiko kesehatan (HQ) paparan mikroplastik pada penduduk wilayah pesisir Kabupaten Jeneponto
4. Melakukan analisis tingkat bahaya kesehatan (HI) paparan mikroplastik pada penduduk wilayah pesisir Kabupaten Jeneponto
5. Merancang strategi manajemen risiko kesehatan untuk mengurangi efek kesehatan paparan mikroplastik pada penduduk wilayah pesisir Kabupaten Jeneponto

1.4. Kebaharuan (Novelty) Penelitian

Penelusuran artikel untuk tinjauan sistematik literatur dilakukan pada tiga basis data elektronik yaitu *PubMed*, *Google Scholar* dan *Science Direct*. Kata kunci untuk pencarian adalah “*Health risk assessment for microplastics exposure*”. Hasil penelusuran diperoleh total 203 artikel yang bersumber dari *Google Scholars* sebanyak 59 artikel, *Science Direct* sebanyak 33 artikel dan *Pubmed* sebanyak 111 artikel. Dari total tersebut diperoleh 7 jurnal yang *eligible* untuk proses tinjauan literatur.

Berdasarkan hasil literatur review diketahui bahwa identifikasi mikroplastik pada biota laut masih menggunakan metode pengambilan sampel yang berbeda-beda, antara lain pengambilan langsung dari nelayan (Montero et al. 2023), sampel yang ditangkap dengan jaring (Lu et al. 2021), dan sampel diperoleh langsung dari pasar ikan (Barboza et al. 2020; Tanaviyutpakdee et al. 2023; Ziino et al. 2021). Kami menemukan bahwa penilaian risiko kesehatan belum banyak dilakukan karena belum ada standar penilaian konsentrasi mikroplastik pada biota. Konsentrasi mikroplastik dalam biota dihitung dengan pendekatan yang berbeda-beda yaitu melalui identifikasi dan perhitungan jumlah mikroplastik dalam saluran pencernaan ikan (Ziino et al. 2021), daging ikan (Simionov et al. 2023), seluruh jaringan biota (kecuali tulang) (Lu et al. 2021). Belum adanya dosis acuan yang secara spesifik untuk setiap polimer mikroplastik dan keragaman karakteristik fisik seperti bentuk, warna, dan ukuran mikroplastik (Lu et al. 2021; Montero et al. 2023; Polidoro et al. 2022; Ziino et al. 2021), membuat penilaian konsumsi aktual menjadi sulit dilakukan.

Berdasarkan tinjauan literatur yang telah dilakukan, belum ada penelitian terkait penilaian risiko kesehatan masyarakat akibat paparan kumulatif mikroplastik dari dua atau lebih polimer mikroplastik yang ditemukan dalam beberapa biota perairan yang dikonsumsi penduduk. Penelitian sebelumnya hanya melakukan analisis risiko paparan mikroplastik pada satu jenis biota misalnya dari konsumsi moluska (Polidoro et al. 2022) dan ikan serta kerang (Fang et al. 2019), dengan fokus pada jenis polimer yang ditemukan dengan presentase identifikasi polimer dari total temuan mikroplastik yang relatif kecil yaitu hanya sebesar 10-30% dari total polimer plastik yang ditemukan.

Kebaharuan penelitian ini ada pada setiap tahapan analisis risiko kesehatan lingkungan yaitu pada proses pengambilan sampel biota, pada penentuan jumlah sampel untuk analisis polimer mikroplastik dan jumlah biota yang menjadi sumber intake mikroplastik.

Pertimbangan dinamika perairan (laut) menjadi dasar penentuan lokasi sampel dalam pengambilan sampel ikan dan kerang dimana sampel kerang diambil langsung dari areal laut pada kondisi surut tertinggi pada jarak sekitar 250 m dari garis pantai sedangkan sampel ikan diperoleh melalui nelayan yang menangkap ikan pada jarak 0,5 – 2 km dari surut terendah. Pertimbangan dinamika perairan pada lokasi sampel ini menjadi penjelasan terkait pola sebaran pencemar di perairan

dan potensi sumber mikroplastik yang dikonsumsi ikan dan kerang. Sedangkan penilaian intake mikroplastik untuk menilai risiko kesehatan paparan mikroplastik diperoleh dari 4 jenis biota yang paling sering dikonsumsi oleh penduduk berdasarkan hasil identifikasi jenis polimer pada lebih dari 50% (> 50%) mikroplastik yang ditemukan pada ikan dan kerang.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini dapat diperoleh baik bagi kepentingan ilmiah, pemerintah, masyarakat, maupun pengembangan penelitian terkait mikroplastik.

1.5.1. Manfaat Ilmiah

Penelitian ini dapat memperkaya pengetahuan dalam bidang ilmu kesehatan masyarakat khususnya terkait dengan risiko kesehatan yang dikaitkan dengan paparan mikroplastik termasuk bagaimana menyusun manajemen risiko yang dapat mencegah/mengurangi potensi efek buruk mikroplastik pada kesehatan masyarakat.

1.5.2. Manfaat Praktis

Penelitian ini dapat memberikan referensi solusi bagi upaya penanggulangan efek kesehatan masyarakat akibat paparan mikroplastik.

1.5.3. Manfaat Untuk Pemerintah

Penelitian ini dapat memberikan masukan bagi pemerintah/instansi terkait dalam upaya pengendalian pencemaran mikroplastik di lingkungan, khususnya di wilayah pesisir.

REFERENSI

- Alam, Firdha Cahya, Emenda Sembiring, Barti Setiani Muntalif, and Veinardi Suendo. 2019. "Microplastic Distribution in Surface Water and Sediment River around Slum and Industrial Area (Case Study: Ciwalengke River, Majalaya District, Indonesia)." *Chemosphere* 224: 637–45. doi:10.1016/J.CHEMOSPHERE.2019.02.188.
- Amelinda, C., S. Werorilangi, A. I. Burhanuddin, and A. Tahir. 2021. "Occurrence of Microplastic Particles in Milkfish (*Chanos Chanos*) from Brackishwater Ponds in Bonto Manai Village, Pangkep Regency, South Sulawesi, Indonesia." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 763(1): 012058. doi:10.1088/1755-1315/763/1/012058.
- An, Xianjin, Yanling Wang, Muhammad Adnan, Wei Li, and Yaqin Zhang. 2024. "Natural Factors of Microplastics Distribution and Migration in Water: A Review." *Water* 2024, Vol. 16, Page 1595 16(11): 1595. doi:10.3390/W16111595.
- Asadi, Muhammad Arif, Defri Yona, Muhammad A Asadi, Yody A P Ritonga, and Asus M S Hertika. 2019. "Nature Environment and Pollution Technology An International Quarterly Scientific Journal Original Research Paper Vertical Distribution of Microplastics in Coastal Sediments of Bam... Article in Nature Environment and Pollution Technology." 18: 1169–76. www.neptjournal.com.
- Bahri, A Rizki Syamsul, Muhammad Ikhtiar, Alfina Baharuddin, and Hasriwiani Habo Abbas. 2020. "Identification of Microplastic in Tilapia Fish (*Oreochromis Mossambicus*) at Tallo River in Macassar." *International Journal of Science and Healthcare Research* 5(3): 406–11. www.ijshr.com.
- Barboza, Luis Gabriel A., Clara Lopes, Patricia Oliveira, Filipa Bessa, Vanessa Otero, Bruno Henriques, Joana Raimundo, et al. 2020. "Microplastics in Wild Fish from North East Atlantic Ocean and Its Potential for Causing Neurotoxic Effects, Lipid Oxidative Damage, and Human Health Risks Associated with Ingestion Exposure." *Science of the Total Environment* 717. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134625.
- Basri, S. K., A. Daud, A. B. Birawida, M. Maming, H. J. Mukono, and D. S. Arsyad. 2024. "Microplastic Polymers in Shellfish and Fish in the Coastal Area." *Global Journal of Environmental Science and Management* 10(4): 1477–1500. doi:10.22034/gjesm.2024.04.01.
- Bonanomi, Marcella, Noemi Salmistraro, Danilo Porro, Annalisa Pinsino, Anna Maria Colangelo, and Daniela Gaglio. 2022. "Polystyrene Micro and Nano-Particles Induce Metabolic Rewiring in Normal Human Colon Cells: A Risk Factor for Human Health." *Chemosphere* 303: 134947. doi:10.1016/J.CHEMOSPHERE.2022.134947.
- BPS. 2023. "Hasil Pencacahan Lengkap Sensus Pertanian 2023." BPS Kabupaten Jenepono
- BPS. 2024. "Jenepono Dalam Angka 2024." : 442. (October 13, 2024).
- Buwono, Nanik Retno, Yenny Risjani, and Agoes Soegianto. 2021. "Distribution of Microplastic in Relation to Water Quality Parameters in the Brantas River, East Java, Indonesia." *Environmental Technology & Innovation* 24: 101915. doi:10.1016/J.ETI.2021.101915.
- California Environmental Protection Agency. 2011. "Office of Environmental Health Hazard Assessment Page 1." 25705: 1–15.
- Campanale, Claudia, Carmine Massarelli, Ilaria Savino, Vito Locaputo, and Vito Felice Uricchio. 2020. "A Detailed Review Study on Potential Effects of

- Microplastics and Additives of Concern on Human Health." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(4). doi:10.3390/ijerph17041212.
- Carbery, Maddison, Wayne O'Connor, and Thavamani Palanisami. 2018. "Trophic Transfer of Microplastics and Mixed Contaminants in the Marine Food Web and Implications for Human Health." *Environment International* 115(December 2017): 400–409. doi:10.1016/j.envint.2018.03.007.
- Chen, Guanglong, Zhilu Fu, Huirong Yang, and Jun Wang. 2020. "An Overview of Analytical Methods for Detecting Microplastics in the Atmosphere." *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 130: 115981. doi:10.1016/J.TRAC.2020.115981.
- Cordova, M R, and U E Hernawan. 2018. "Microplastics in Sumba Waters, East Nusa Tenggara." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 162(1): 12023. doi:10.1088/1755-1315/162/1/012023.
- Cordova, Muhammad Reza, Anna Ida Sunaryo Purwiyanto, and Yulianto Suteja. 2019. "Abundance and Characteristics of Microplastics in the Northern Coastal Waters of Surabaya, Indonesia." *Marine Pollution Bulletin* 142: 183–88. doi:10.1016/J.MARPOLBUL.2019.03.040.
- Cox, Kieran D., Garth A. Covernton, Hailey L. Davies, John F. Dower, Francis Juanes, and Sarah E. Dudas. 2019. "Human Consumption of Microplastics." *Environmental Science and Technology* 53(12): 7068–74. doi:10.1021/acs.est.9b01517.
- De-la-Torre, Gabriel Enrique. 2020. "Microplastics: An Emerging Threat to Food Security and Human Health." *Journal of Food Science and Technology* 57(5): 1601–8. doi:10.1007/s13197-019-04138-1.
- Dehaut, Alexandre, Anne Laure Cassone, Laura Frère, Ludovic Hermabessiere, Charlotte Himber, Emmanuel Rinnert, Gilles Rivière, et al. 2016. "Microplastics in Seafood: Benchmark Protocol for Their Extraction and Characterization." *Environmental Pollution* 215: 223–33. doi:10.1016/J.ENVPOL.2016.05.018.
- Department of Health and Ageing. 2002. "Environmental Health Risk Assessment. Guidelines for Assessing Human Health Risks from Environmental Hazards."
- El, Nano Hajra, Anwar Daud, Akbar Tahir, Anwar Mallongi, Hasnawati Amqam, and Abdul Salam. 2020. "Microplastic Exposure through Mussels Consumption in the Coastal Area Community of Pa'alakkang Village, Galesong, Takalar District." *South Asian Research Journal of Biology and Applied Biosciences* 2(5): 109–13. doi:10.36346/sarjbab.2020.v02i05.003.
- El, N H, A Daud, A Tahir, ... A Mallongi - South Asian Res. J, and undefined 2020. "Microplastic Exposure through Mussels Consumption in the Coastal Area Community of Pa'alakkang Village, Galesong, Takalar District." *sarpublication.com*. doi:10.36346/sarjbab.2020.v02i05.003.
- EPA. 1989. "Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A)." I(December): 289. doi:EPA/540/1-89/002.
- EPA. 1995. "Fish Sampling and Analysis." *Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories* 1(4305): 485.
- EPA. 2011. "Chapter 8: Body Weight Studies." *Exposure Factors Handbook* (September): 1–56.
- Epa, Us, and Integrated Risk Information System Division. 1988. "Bisphenol A. (CASRN 80-05-7) | IRIS | US EPA." *Us Epa*: 1–7.
- Eriksen, Marcus, Laurent C.M. Lebreton, Henry S. Carson, Martin Thiel, Charles J. Moore, Jose C. Borerro, Francois Galgani, Peter G. Ryan, and Julia Reisser.

2014. "Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea." *PLoS ONE* 9(12): 1–15. doi:10.1371/journal.pone.0111913.
- Falahudin, Dede, Muhammad Reza Cordova, Xiaoxia Sun, Deny Yogaswara, Ita Wulandari, Dwi Hindarti, and Zainal Arifin. 2020. "The First Occurrence, Spatial Distribution and Characteristics of Microplastic Particles in Sediments from Banten Bay, Indonesia." *Science of The Total Environment* 705: 135304. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.135304.
- Fang, Chao, Ronghui Zheng, Hongzhe Chen, Fukun Hong, Longshan Lin, Hui Lin, Huige Guo, et al. 2019. "Comparison of Microplastic Contamination in Fish and Bivalves from Two Major Cities in Fujian Province, China and the Implications for Human Health." *Aquaculture* 512. doi:10.1016/J.AQUACULTURE.2019.734322.
- Forte, Maurizio, Giuseppina Iachetta, Margherita Tussellino, Rosa Carotenuto, Marina Prisco, Maria De Falco, Vincenza Laforgia, and Salvatore Valiante. 2016. "Polystyrene Nanoparticles Internalization in Human Gastric Adenocarcinoma Cells." *Toxicology in Vitro* 31: 126–36. doi:10.1016/j.tiv.2015.11.006.
- Friot, Damien, and Julien Boucher. 2017. *Primary Microplastics in the Oceans* | IUCN Library System. <https://portals.iucn.org/library/node/46622>.
- Global Plastics Outlook. 2022. Global Plastics Outlook doi:10.1787/de747aef-en.
- Grafmueller, Stefanie, Pius Manser, Liliane Diener, Pierre André Diener, Xenia Maeder-Althaus, Lionel Maurizi, Wolfram Jochum, et al. 2015. "Bidirectional Transfer Study of Polystyrene Nanoparticles across the Placental Barrier in an Ex Vivo Human Placental Perfusion Model." *Environmental Health Perspectives* 123(12): 1280–86. doi:10.1289/ehp.1409271.
- Hahladakis, John N. 2020. "Delineating the Global Plastic Marine Litter Challenge: Clarifying the Misconceptions." *Environmental Monitoring and Assessment* 192(5): 1–11. doi:10.1007/S10661-020-8202-9/FIGURES/3.
- Hahladakis, John N., Costas A. Velis, Roland Weber, Eleni Iacovidou, and Phil Purnell. 2017. "An Overview of Chemical Additives Present in Plastics: Migration, Release, Fate and Environmental Impact during Their Use, Disposal and Recycling." *Journal of Hazardous Materials* 344: 179–99. doi:10.1016/J.JHAZMAT.2017.10.014.
- Hakiki, Gaib. 2018. "Konsumsi Kalori Dan Protein Penduduk Indonesia." Subdirektorat Statistik Rumah Tangga.
- Hung, Charlotte, Natasha Klasios, Xia Zhu, Meg Sedlak, Rebecca Sutton, and Chelsea M. Rochman. 2021. "Methods Matter: Methods for Sampling Microplastic and Other Anthropogenic Particles and Their Implications for Monitoring and Ecological Risk Assessment." *Integrated Environmental Assessment and Management* 17(1): 282–91. doi:10.1002/IEAM.4325.
- Hussain, Nasir, Vikas Jaitley, and Alexander T. Florence. 2001. "Recent Advances in the Understanding of Uptake of Microparticulates across the Gastrointestinal Lymphatics." *Advanced drug delivery reviews* 50(1–2): 107–42. doi:10.1016/S0169-409X(01)00152-1.
- Hwang, Jangsun, Daheui Choi, Seora Han, Se Yong Jung, Jonghoon Choi, and Jinkee Hong. 2020. "Potential Toxicity of Polystyrene Microplastic Particles." *Scientific Reports* 2020 10:1 10(1): 1–12. doi:10.1038/s41598-020-64464-9.
- Indonesia Global Marine. 2022." <https://globalmarinecommodities.org/en/indonesia-2/> (September 7, 2022).

- IPEN. 2020. "International Pollutants Elimination Network. 7 Harmful Chemical Types in Plastics."
- IRIS. 1987. "Chemical Assessment Summary for Di(2-Ethylhexyl)Phthalate (DEHP); CASRN 117-81-7." *US. EPA Washington, DC*: 1–13.
- Janssen, C, and Dean G Ir Van Huylenbroeck Rector A De Paepe. 2012. *Promoter Prof.*
- Jin, Haibo, Tan Ma, Xiaoxuan Sha, Zhenyu Liu, Yuan Zhou, Xiannan Meng, Yabing Chen, Xiaodong Han, and Jie Ding. 2021. "Polystyrene Microplastics Induced Male Reproductive Toxicity in Mice." *Journal of Hazardous Materials* 401(May 2020): 123430. doi:10.1016/j.jhazmat.2020.123430.
- Kik, Kinga, Bożena Bukowska, and Paulina Sicińska. 2020. "Polystyrene Nanoparticles: Sources, Occurrence in the Environment, Distribution in Tissues, Accumulation and Toxicity to Various Organisms." *Environmental Pollution* 262: 114297. doi:10.1016/J.ENVPOL.2020.114297.
- Koelmans, AA, NHM Nor, E Hermsen, M Kooi - Water research, and undefined 2019. "Microplastics in Freshwaters and Drinking Water: Critical Review and Assessment of Data Quality." *Elsevier*. (August 11, 2023).
- Koelmans, Albert A., Adil Bakir, G. Allen Burton, and Colin R. Janssen. 2016. "Microplastic as a Vector for Chemicals in the Aquatic Environment: Critical Review and Model-Supported Reinterpretation of Empirical Studies." *Environmental Science and Technology* 50(7): 3315–26. doi:10.1021/acs.est.5b06069.
- Kowalski, Nicole, Aurelia M. Reichardt, and Joanna J. Waniek. 2016. "Sinking Rates of Microplastics and Potential Implications of Their Alteration by Physical, Biological, and Chemical Factors." *Marine Pollution Bulletin* 109(1): 310–19. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.05.064.
- Kudzin, Marcin H., Dominika Piwowarska, Natalia Festinger, and Jerzy J. Chruściel. 2023. "Risks Associated with the Presence of Polyvinyl Chloride in the Environment and Methods for Its Disposal and Utilization." *Materials* 2024, Vol. 17, Page 173 17(1): 173. doi:10.3390/MA17010173.
- Lessy, Mohammad Ridwan, and Mesrawaty Sabar. 2021. "Microplastics Ingestion by Skipjack Tuna (*Katsuwonus Pelamis*) in Ternate, North Maluku - Indonesia." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1125(1): 012085. doi:10.1088/1757-899X/1125/1/012085.
- Lestari, Prieskarinda, Yulinah Trihadiningrum, Bagas Ari Wijaya, Khalda Ardelia Yunus, and Muhammad Firdaus. 2020. "Distribution of Microplastics in Surabaya River, Indonesia." *Science of The Total Environment* 726: 138560. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2020.138560.
- liang Liao, Yu, and Jin yan Yang. 2020. "Microplastic Serves as a Potential Vector for Cr in an In-Vitro Human Digestive Model." *Science of the Total Environment* 703. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.134805.
- Lithner, D. 2011. Ph.D. thes Department of Plant and Environmental Sciences *Environmental and Health Hazards of Chemicals in Plastic Polymers and Products*.
- Liu, Lingchen, Mingjie Xu, Yuheng Ye, and Bin Zhang. 2022. "On the Degradation of (Micro)Plastics: Degradation Methods, Influencing Factors, Environmental Impacts." *Science of The Total Environment* 806: 151312. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2021.151312.
- Liu, Su, Xiaomei Wu, Weiqing Gu, Jing Yu, and Bing Wu. 2020. "Influence of the Digestive Process on Intestinal Toxicity of Polystyrene Microplastics as

- Determined by in Vitro Caco-2 Models." *Chemosphere* 256: 127204. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127204.
- Lorenzoni, Giuseppa, Rita Melillo, Alessandro Graziano Mudadu, Gabriella Piras, Simona Cau, Katia Usai, Luisa Corda, et al. 2022. "Identification and Quantification of Potential Microplastics in Shellfish Harvested in Sardinia (Italy) by Using Transillumination Stereomicroscopy." *Italian journal of food safety* 11(4): 10738. doi:10.4081/ijfs.2022.10738.
- Lozano, Yudi M., Timon Lehnert, Lydia T. Linck, Anika Lehmann, and Matthias C. Rillig. 2021. "Microplastic Shape, Polymer Type, and Concentration Affect Soil Properties and Plant Biomass." *Frontiers in Plant Science* 12(February): 1–14. doi:10.3389/fpls.2021.616645.
- Lu, I. Cheng, How Ran Chao, Wan Nurdiyana Wan Mansor, Chun Wei Peng, Yi Chyun Hsu, Tai Yi Yu, Wei Hsiang Chang, and Lung Ming Fu. 2021. "Levels of Phthalates, Bisphenol-a, Nonylphenol, and Microplastics in Fish in the Estuaries of Northern Taiwan and the Impact on Human Health." *Toxics* 9(10). doi:10.3390/toxics9100246.
- Luqman, Arif, Husna Nugrahapraja, Ruri Agung Wahyuono, Izzatul Islami, Muhammad Husain Haekal, Yasri Fardiansyah, Balqis Qonita Putri, et al. 2021. "Microplastic Contamination in Human Stools, Foods, and Drinking Water Associated with Indonesian Coastal Population." *Environments - MDPI* 8(12): 138. doi:10.3390/ENVIRONMENTS8120138/S1.
- "Manajemen Risiko | US EPA." <https://www.epa.gov/risk/risk-management#tab-2> (February 2, 2025).
- Mawaddha, Ramdha, and Akbar Tahir. 2020. "Studies of Micro Plastics Contamination on Mussels, Seawater, and Sediment at Sanrobenji Island of South Sulawesi." *Advances in Environmental Biology* 14(2): 12–17. doi:10.22587/aeb.2020.14.2.2.
- Mbabazi, Jolocam. 2011. "Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food." *International Journal of Environmental Studies* 68(2): 251–52. doi:10.1080/00207233.2010.549617.
- Montero, Virginia, Yarenis Chinchilla, Luis Gómez, Adrián Flores, Alejandro Medaglia, Rossy Guillén, and Ernesto Montero. 2023. "Human Health Risk Assessment for Consumption of Microplastics and Plasticizing Substances through Marine Species." *Environmental research* 237(Pt 1). doi:10.1016/J.ENVRES.2023.116843.
- Moshinsky, Marcos. 1959. "No Title." *Nucl. Phys.* 13(1): 104–16.
- Muringayil Joseph, Tomy, Seithkan Azat, Zahed Ahmadi, Omid Moini Jazani, Amin Esmaeili, Ehsan Kianfar, Józef Haponiuk, and Sabu Thomas. 2024. "Polyethylene Terephthalate (PET) Recycling: A Review." *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 9: 100673. doi:10.1016/J.CSCEE.2024.100673.
- Namira, Nurhayati, Anwar Daud, Anwar Mallongi, Hasnawati Amqam, Atjo Wahyu, and Irwandy. 2023. "Risk Analysis of Microplastic Exposure Through Consumption of Anadara Granosa at Coastal Area." *Pharmacognosy Journal* 15(4): 558–62. doi:10.5530/pj.2023.15.119.
- Natalia Taruk Linggi, Gita, Khushnul Yaqin, Basse Siang Parawansa, Liestiaty Fachruddin, Budiman Yunus, and Sri Wahyuni Rahim. 2021. "The Concentration of Microplastics in Epibiont of Green Mussel (*Perna Viridis*) from Maccini Baji Waters, Pangkajene Kepulauan." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 860(1). doi:10.1088/1755-1315/860/1/012099.

- Ningrum, Endar W., and Mufti P. Patria. 2022. "Microplastic Contamination in Indonesian Anchovies from Fourteen Locations." *Biodiversitas* 23(1): 125–34. doi:10.13057/biodiv/d230116.
- Nisticò, Roberto. 2020. "Polyethylene Terephthalate (PET) in the Packaging Industry." *Polymer Testing* 90: 106707. doi:10.1016/J.POLYMERTESTING.2020.106707.
- Noventa, Seta, Matthew S. P. Boyles, Andreas Seifert, Simone Belluco, Aracaeli Sánchez Jiménez, Helinor J. Johnston, Lang Tran, et al. 2021. "Paradigms to Assess the Human Health Risks of Nano- and Microplastics." *Microplastics and Nanoplastics* 1(1): 1–27. doi:10.1186/S43591-021-00011-1.
- NPAP. 2020. "Radically Reducing Plastic Pollution in Indonesia: A Multistakeholder Action Plan." *Npap* (April): 44. https://globalplasticaction.org/wp-content/uploads/NPAP-Indonesia-Multistakeholder-Action-Plan_April-2020.pdf.
- "OEHHA - Office of Environmental Health Hazard Assessment." <https://oehha.ca.gov/> (February 1, 2025).
- Ogonowski, Martin, Zandra Gerdes, and Elena Gorokhova. 2018. "What We Know and What We Think We Know about Microplastic Effects – A Critical Perspective." *Current Opinion in Environmental Science and Health* 1: 41–46. doi:10.1016/j.coesh.2017.09.001.
- Okunola A, Alabi, Ologbonjaye Kehinde I, Awosolu Oluwaseun, and Alalade Olufiropo E. 2019. "Public and Environmental Health Effects of Plastic Wastes Disposal: A Review." *Journal of Toxicology and Risk Assessment* 5(2). doi:10.23937/2572-4061.1510021.
- Oliveri Conti, Gea, Margherita Ferrante, Mohamed Banni, Claudia Favara, Ilenia Nicolosi, Antonio Cristaldi, Maria Fiore, and Pietro Zuccarello. 2020. "Micro- and Nano-Plastics in Edible Fruit and Vegetables. The First Diet Risks Assessment for the General Population." *Environmental Research* 187(April): 109677. doi:10.1016/j.envres.2020.109677.
- Polidoro, Beth, Tiffany Lewis, and Cassandra Clement. 2022. "A Screening-Level Human Health Risk Assessment for Microplastics and Organic Contaminants in near-Shore Marine Environments in American Samoa." *Heliyon* 8(3): e09101. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e09101.
- Poulsen, Marie Sonnegaard, Tina Mose, Lisa Leth Maroun, Line Mathiesen, Lisbeth Ehler Knudsen, and Erik Rytting. 2015. "Kinetics of Silica Nanoparticles in the Human Placenta." *Nanotoxicology* 9(S1): 79–86. doi:10.3109/17435390.2013.812259.
- Prata, Joana Correia, João P. da Costa, Isabel Lopes, Armando C. Duarte, and Teresa Rocha-Santos. 2020. "Environmental Exposure to Microplastics: An Overview on Possible Human Health Effects." *Science of the Total Environment* 702: 134455. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134455.
- Prunet, G., F. Pawula, G. Fleury, E. Cloutet, A. J. Robinson, G. Hadziioannou, and A. Pakdel. 2021. "A Review on Conductive Polymers and Their Hybrids for Flexible and Wearable Thermoelectric Applications." *Materials Today Physics* 18: 100402. doi:10.1016/J.MTPHYS.2021.100402.
- Rai, Prabhat Kumar, Jechan Lee, Richard J.C. C Brown, and Ki Hyun Kim. 2021. "Environmental Fate, Ecotoxicity Biomarkers, and Potential Health Effects of Micro- and Nano-Scale Plastic Contamination." *Journal of Hazardous Materials* 403(July 2020): 123910. doi:10.1016/J.JHAZMAT.2020.123910.
- Rakesh, P., Patel. Charmi, and K.S Rajesh. 2014. "Quantitative Analytical

- Applications of FTIR Spectroscopy in Pharmaceutical and Allied Areas." *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research* 4(2): 145–57.
- Response, Emergency, and United States. 2005. "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities Final This Page Deliberately Left Blank." *Environmental Protection* (September).
- Ribba, Laura, Mary Lopretti, Gabriela Montes De Oca-Vásquez, Diego Batista, Silvia Goyanes, and José Roberto Vega-Baudrit. 2022. "Biodegradable Plastics in Aquatic Ecosystems: Latest Findings, Research Gaps, and Recommendations." *Environmental Research Letters* 17(3). doi:10.1088/1748-9326/ac548d.
- Sarkar, Sumon, Hanin Diab, and Jonathan Thompson. 2023. "Microplastic Pollution: Chemical Characterization and Impact on Wildlife." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20(3). doi:10.3390/IJERPH20031745.
- Sawalman, R., S. Werorilangi, M. Ukkas, S. Mashoreng, I. Yasir, and A. Tahir. 2021. "Microplastic Abundance in Sea Urchins (*Diadema Setosum*) from Seagrass Beds of Barranglompo Island, Makassar, Indonesia." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 763(1): 012057. doi:10.1088/1755-1315/763/1/012057.
- Schirinzi, Gabriella F., Ignacio Pérez-Pomeda, Josep Sanchís, Cesare Rossini, Marinella Farré, and Damià Barceló. 2017. "Cytotoxic Effects of Commonly Used Nanomaterials and Microplastics on Cerebral and Epithelial Human Cells." *Environmental Research* 159(August): 579–87. doi:10.1016/j.envres.2017.08.043.
- Sheng, Yingfei, Xueying Ye, Ying Zhou, and Ruojia Li. 2021. "Microplastics (MPs) Act as Sources and Vector of Pollutants-Impact Hazards and Preventive Measures." *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 2021 107:4 107(4): 722–29. doi:10.1007/S00128-021-03226-3.
- Simionov, Ira Adeline, Mădălina Călmuc, Cătălina Iticescu, Valentina Călmuc, Puiu Lucian Georgescu, Caterina Faggio, and Ștefan Mihai Petrea. 2023. "Human Health Risk Assessment of Potentially Toxic Elements and Microplastics Accumulation in Products from the Danube River Basin Fish Market." *Environmental Toxicology and Pharmacology* 104(September). doi:10.1016/j.etap.2023.104307.
- Smith, Madeleine, David C. Love, Chelsea M. Rochman, and Roni A. Neff. 2018. "Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health." *Current environmental health reports* 5(3): 375–86. doi:10.1007/s40572-018-0206-z.
- Sobhani, Zahra, Xian Zhang, Christopher Gibson, Ravi Naidu, Mallavarapu Megharaj, and Cheng Fang. 2020. "Identification and Visualisation of Microplastics/Nanoplastics by Raman Imaging (i): Down to 100 Nm." *Water Research* 174. doi:10.1016/J.WATRES.2020.115658.
- Stock, Valerie, Linda Böhmert, Elisa Lisicki, Rafael Block, Julia Cara-Carmona, Laura Kim Pack, Regina Selb, et al. 2019. "Uptake and Effects of Orally Ingested Polystyrene Microplastic Particles in Vitro and in Vivo." *Archives of Toxicology* 93(7): 1817–33. doi:10.1007/s00204-019-02478-7.
- Suteja, Yulianto, Agus Saleh Atmadipoera, Etty Riani, I. Wayan Nurjaya, Dwiyo Nugroho, and Muhammad Reza Cordova. 2021. "Spatial and Temporal Distribution of Microplastic in Surface Water of Tropical Estuary: Case Study in Benoa Bay, Bali, Indonesia." *Marine Pollution Bulletin* 163: 111979. doi:10.1016/J.MARPOLBUL.2021.111979.

- Tamrin, Sarnila, Khusnul Yaqin, Sri Wahyuni Rahim Dwi Fajriyati Inaku, and Moh Tuhid Umar. 2021. "Microplastic Concentration in Asiatic Hard Clam *Meretrix Meretrix* (Linnaeus, 1758) from Lemo Beach, Burau District, Luwu Timur Regency, South Sulawesi." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 763(1): 0–12. doi:10.1088/1755-1315/763/1/012062.
- Tanaviyutpakdee, Pharrunrat, and Weeraya Karnpanit. 2023. "Exposure Assessment of Heavy Metals and Microplastic-like Particles from Consumption of Bivalves." *Foods* 12(16). doi:10.3390/foods12163018.
- Tang, Baitian, Yue Wang, Ruoyun Huang, al -, Chengyuan Li, A Tahir, D A Soeprapto, et al. 2020a. "Microplastic Assessment in Seagrass Ecosystem at Kodingareng Lompo Island of Makassar City." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 564(1): 012032. doi:10.1088/1755-1315/564/1/012032.
- Tang, Baitian, Yue Wang, Ruoyun Huang, al -, Chengyuan Li, A Tahir, D A Soeprapto, et al. 2020. "Microplastic Assessment in Seagrass Ecosystem at Kodingareng Lompo Island of Makassar City." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 564(1): 12032. doi:10.1088/1755-1315/564/1/012032.
- Thushari, G. G.N., and J. D.M. Senevirathna. 2020. "Plastic Pollution in the Marine Environment." *Heliyon* 6(8): e04709. doi:10.1016/J.HELİYON.2020.E04709.
- US Environmental Protection Agency. 1987. "Dibutyl Phthalate (CASRN 84-74-2) | IRIS | US EPA." : 1–10.
- US EPA. 1987. "Diethyl Phthalate ; CASRN 84-66-2." : 1–10.
- US EPA. 2015. "Summary of Expert Discussion Forum on Possible Human Health Risks from Microplastics in the Marine Environment." *EPA Forum Convened on April 23, 2014. Marine Pollution Control Branch*.
- US EPA. 2022. "Vinyl Chloride; CASRN 75-01-4." *Chemical Assessment Summary*: 1–63. https://iris.epa.gov/ChemicalLanding/&substance_nmbr=1001.
- US EPA Technical Panel. 1997. "Guiding Principles for Monte Carlo Analysis." *Us Epa* (March): 1–35.
- Verla, Andrew Wirnkor, Christian Ebere Enyoh, Evelyn Ngozi Verla, and Kieran Oharley Nwarnorh. 2019. "Microplastic–Toxic Chemical Interaction: A Review Study on Quantified Levels, Mechanism and Implication." *SN Applied Sciences* 1(11). doi:10.1007/s42452-019-1352-0.
- Wander, L, L Lommel, K Meyer, Z H Wang, X J Sun, Elke Brandes, Martin Henseler, et al. 2021. "Spatial and Temporal Distribution of Microplastics in the Surface Waters of Barranglompo Island, Makassar." 860(1): 012098. doi:10.1088/1755-1315/860/1/012098.
- Wang, Qing, Xiaopeng Zhu, Chaowei Hou, Yuchen Wu, Jia Teng, Chen Zhang, Haili Tan, et al. 2021. "Microplastic Uptake in Commercial Fishes from the Bohai Sea, China." *Chemosphere* 263: 127962. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127962.
- Wicaksono, EA Ega Adhi, Shinta Werorilangi, Tamara S TS Tamara S. Galloway, Akbar Tahir, Diana Campos, A Tahir - Toxics, undefined 2021, and Akbar Tahir. 2021. "Distribution and Seasonal Variation of Microplastics in Tallo River, Makassar, Eastern Indonesia." *Toxics* 2021, Vol. 9, Page 129 9(6): 129. doi:10.3390/TOXICS9060129.
- World Health Organization. 2019. *Microplastics in Drinking-Water*.
- Wright, Stephanie L., and Frank J. Kelly. 2017. "Plastic and Human Health: A Micro Issue?" *Environmental Science and Technology* 51(12): 6634–47.

- doi:10.1021/acs.est.7b00423.
- Wu, Fengrun, Steven C. Pennings, Chunfu Tong, and Yutian Xu. 2020. "Variation in Microplastics Composition at Small Spatial and Temporal Scales in a Tidal Flat of the Yangtze Estuary, China." *Science of The Total Environment* 699: 134252. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.134252.
- Xu, Mingkai, Gulinare Halimu, Qianru Zhang, Yubo Song, Xuanhe Fu, Yongqiang Li, Yansheng Li, and Huiwen Zhang. 2019. "Internalization and Toxicity: A Preliminary Study of Effects of Nanoplastic Particles on Human Lung Epithelial Cell." *The Science of the total environment* 694. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.133794.
- Yong, Cheryl Qian Ying, Suresh Valiyaveetil, and Bor Luen Tang. 2020. "Toxicity of Microplastics and Nanoplastics in Mammalian Systems." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(5): 1–24. doi:10.3390/ijerph17051509.
- Zhou, Xue jun, Jin Wang, Hong yan Li, Hui min Zhang, Hua-Jiang, and Dong Lei Zhang. 2021. "Microplastic Pollution of Bottled Water in China." *Journal of Water Process Engineering* 40: 101884. doi:10.1016/J.JWPE.2020.101884.
- Ziino, Graziella, Luca Nalbone, Filippo Giarratana, Beatrice Romano, Fabrizio Cincotta, and Antonio Panebianco. 2021. "Microplastics in Vacuum Packages of Frozen and Glazed Icefish (*Neosalanx* Spp.): A Freshwater Fish Intended for Human Consumption." *Italian Journal of Food Safety* 10(4): 59–65. doi:10.4081/ijfs.2021.9974.

BAB II

TINJAUAN SISTEMATIK DAN ANALISIS BIBLIOMETRIK PROSES PENILAIAN RISIKO KESEHATAN PAPARAN MIKROPLASTIK MELALUI KONSUMSI BIOTA LAUT

2.1. Abstrak

Keragaman karakteristik fisik dan kimiawi mikroplastik di lingkungan telah menyebabkan penilaian risiko kesehatan belum banyak dilakukan. Artikel ini bertujuan untuk melakukan tinjauan terhadap langkah-langkah penilaian risiko akibat paparan mikroplastik terhadap kesehatan manusia melalui konsumsi biota laut serta menjelaskan perkembangan penelitian penilaian risiko kesehatan telah dilakukan. Penelusuran artikel untuk tinjauan sistematik ini dilakukan pada tiga basis data elektronik yaitu *PubMed*, *Google Scholar* dan *Science Direct*. Kata kunci pencarian adalah "*Health risk assessment for microplastics exposure*". Proses penelusuran literatur menggunakan 3 kriteria yaitu *free full text*, *research article*, dan tahun publikasi 2019-2023. Manajemen basis data dilakukan dengan Mendeley Desktop 1.19.8 dan hasil penelusuran artikel selanjutnya dianalisis secara bibliometrik dengan menggunakan *VOSviewer*. Sebanyak 203 artikel diperoleh dari *basis data* dan 7 artikel yang *eligible* untuk tinjauan literatur. Penilaian risiko belum dapat dilaksanakan menurut prosedur analisis risiko kesehatan karena belum bakunya penentuan konsentrasi mikroplastik dalam biota, dosis referensi spesifik untuk setiap polimer mikroplastik yang masih terbatas dan bervariasi karakteristik fisik seperti bentuk, warna dan ukuran mikroplastik sehingga penilaian asupan aktual sulit dilakukan. Hasil penilaian bibliometrik menunjukkan bahwa penelitian terhadap risiko kesehatan paparan mikroplastik secara langsung masih sangat sedikit dilakukan. Penilaian paparan mikroplastik pada manusia membutuhkan pendekatan yang dapat digunakan secara konsisten meliputi proses pengambilan sampel yang representatif di lingkungan, metode identifikasi dan penentuan konsentrasi mikroplastik, penilaian asupan aktual, dan penilaian risiko kesehatan yang spesifik berdasarkan polimer mikroplastik yang ditemukan.

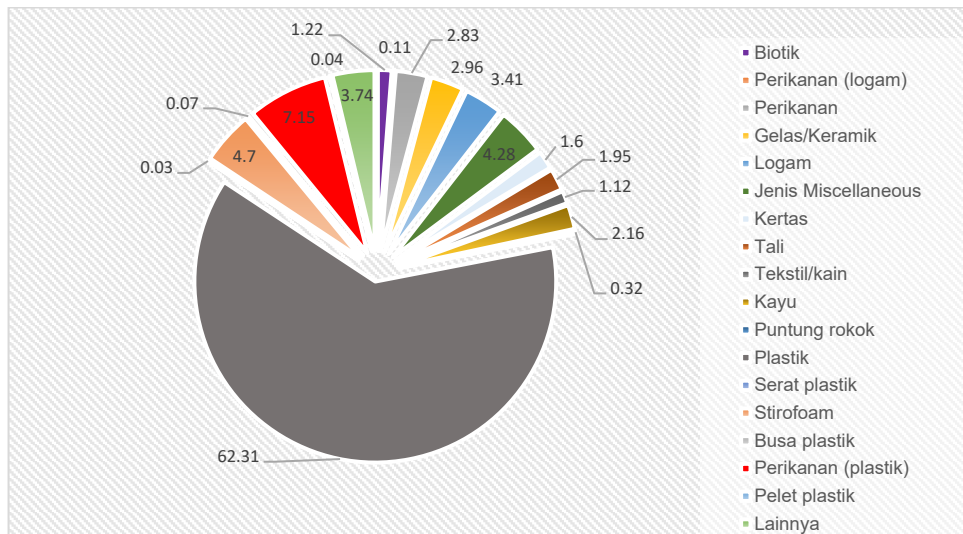
Kata kunci: mikroplastik, analisis risiko kesehatan, biota laut, ingestion

2.2. Pendahuluan

Sampah plastik diperkirakan menjadi jenis pencemar paling banyak terdapat di perairan dengan jumlah sekitar 62,31% (Hahladakis et al. 2017). Diperkirakan sebanyak 22 juta ton plastik terbuang ke lingkungan (Glob. Plast. Outlook 2022) dan sebanyak 0,8 – 2,5 mton/tahun mikroplastik terbuang ke samudera (Friot et al. 2017).

Mikroplastik secara global menyumbang sebanyak 12% dari total plastik di lingkungan (Campanale et al. 2020). Mikroplastik adalah suatu susunan yang beragam dari partikel polimer sintesis yang bervariasi dalam komposisi kimia, ukuran (dari skala mikrometer sampai ukuran antara 1 nm – 5 mm), densitas dan bentuknya (Eriksen et al. 2014). Partikel plastik yang berukuran kecil yang ditemukan di

lingkungan secara umum bentuk mikroplastik (MP) dan nanoplastik (NP) (Thushari et al. 2020).



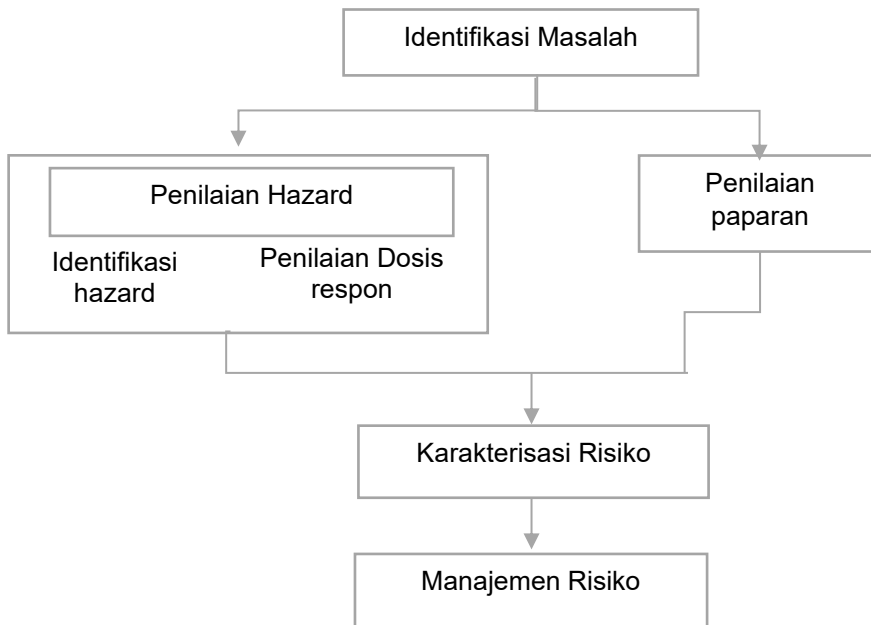
Gambar 2. 1 Prakiraan komposisi sampah plastik secara global sampai tahun 2025 (Hahladakis 2020)

Terdapat 12 jenis mikroplastik sekunder dengan 4 bentuk mikroplastik: serat, film, busa, dan fragmen, serta delapan jenis polimer yaitu PES, PA, polipropilen (PP), polietilen densitas rendah (LDPE), polietilen tereftalat (PET), PU, polistiren (PS), dan polikarbonat (PC) (Lozano et al. 2021; Okunola A et al. 2019). Berbagai penelitian pada perairan dan pesisir menunjukkan kontaminasi mikroplastik dengan tingkat kelimpahan yang beragam seperti pada kerang hijau (Mawaddha et al. 2020; Tamrin et al. 2021) ikan teri (Ningrum et al. 2022), Ikan mujair (Bahri et al. 2020), Ikan bandeng (Amelinda et al. 2021), Bulu babi (Sawalman et al. 2021).

Partikel plastik dapat mengancam kehidupan alamiah karena dapat memasuki rantai makanan dan secara potensial menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia melalui konsumsi makanan laut yang telah terkontaminasi plastik (Rai et al. 2021). Efek yang ditimbulkan mikroplastik pada makhluk hidup, termasuk manusia juga dikaitkan dengan peran mikroplastik sebagai vektor untuk berbagai bahan kimia (Sheng et al. 2021), bahan organik (Polidoro et al. 2022), maupun logam (S. Liu et al. 2020).

Mikroplastik yang sangat bervariasi dalam kombinasi komposisi fisiknya (bentuk, ukuran dan warna), komposisi kimiawinya dan perannya sebagai vektor bagi berbagai bahan kimia dan mikroorganisme, sehingga secara praktis penilaian/karakterisasi risiko perlu mempertimbangkan keragaman ini. Berdasarkan paradigma EHRA, ada 4 kerangka kerja penilai risiko kesehatan yaitu identifikasi

hazard, penilaian dosis respon, penilaian paparan dan karakterisasi risiko (Department of Health and Ageing 2002).



Gambar 2.2 Paradigma analisis risiko (Department of Health and Ageing 2002)

Artikel ini disusun dalam rangka melakukan review terhadap langkah-langkah penilaian analisis risiko kesehatan paparan mikroplastik melalui konsumsi biota laut yang telah dilaksanakan sepanjang periode 2019-2023 dan memberikan penjelasan tentang sejauhmana penelitian penilaian risiko kesehatan telah dilakukan.

Identifikasi mikroplastik pada biota menggunakan metode pengambilan sampel beragam, seperti pengambilan langsung dari nelayan (Montero et al. 2023), sampel ditangkap dengan menggunakan jaring (Lu et al. 2021), dan sampel diperoleh dari pasar (Barboza et al. 2020; Tanaviyutpakdee et al. 2023; Ziino et al. 2021). Analisis risiko kesehatan belum banyak dilakukan karena belum ada standar penilaian konsentrasi mikroplastik pada biota dimana konsentrasi mikroplastik dihitung berdasarkan jumlahnya dalam saluran pencernaan ikan (Ziino et al. 2021), daging ikan (Simionov et al. 2023), atau jaringan biota secara keseluruhan kecuali tulang (Lu et al. 2021). Dosis referensi untuk penilaian risiko kesehatan setiap polimer mikroplastik masih sangat terbatas padahal karakteristik fisik seperti bentuk, warna dan ukuran mikroplastik (Lu et al. 2021; Montero et al. 2023; Polidoro et al. 2022; Ziino et al. 2021) sangat bervariasi membuat penilaian intake atau konsumsi aktual menjadi sulit dilakukan.

Saat ini belum ada protokol standar untuk pengambilan sampel mikroplastik yang akurat yang dapat mewakili konsentrasi mikroplastik lingkungan. Faktor-faktor

seperti dinamika perairan yang mempengaruhi distribusi mikroplastik di ekosistem akuatik dan biota, konsentrasi yang beragam di antara spesies berbeda, serta karakteristik mikroplastik beragam (bentuk, ukuran, warna dan jenis polimer) juga berkontribusi terhadap masih belum idealnya proses penilaian risiko kesehatan paparan mikroplastik.

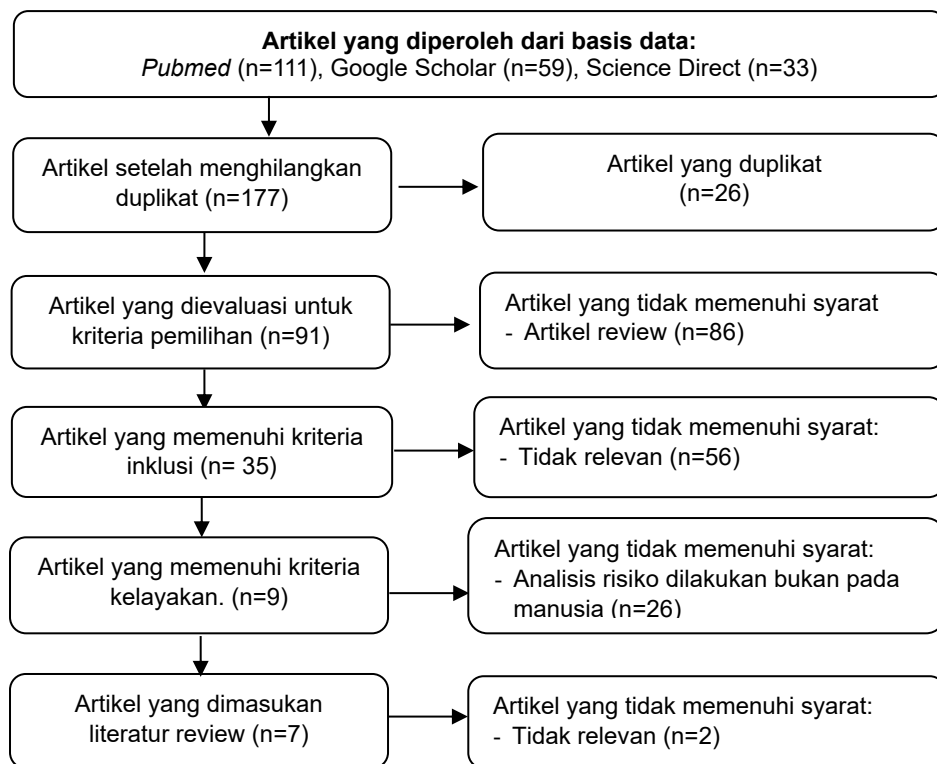
2.3. Metode

Penelusuran artikel untuk tinjauan sistematik ini dilakukan pada tiga basis data elektronik yaitu *PubMed*, *Google Scholar* dan *Science Direct*. Kata kunci untuk pencarian adalah “**Health risk assessment for microplastics exposure**”. Proses penelusuran literatur menggunakan 3 kriteria yaitu **free full text, research article** dan tahun publikasi 2019-2023. Manajemen basis data dilakukan dengan Mendeley Desktop 1.19.8 dengan kriteria eksklusi mencakup **article review** dan **risk assessment by inhalation**. Kriteria inklusi yang digunakan dalam tinjauan literatur ini adalah **ingestion, food, human health risk assessment**.

Setelah menghilangkan duplikat referensi melalui mendeley, sebanyak 177 artikel hasil penelusuran dianalisis secara bibliometrik dengan menggunakan *VOSviewer* untuk menganalisis penelitian untuk penilaian risiko paparan mikroplastik yang telah dilakukan (**Gambar 2.4 dan Gambar 2.5**). Pada tahap akhir proses tinjauan literatur ini, diperoleh 7 artikel yang *eligible* untuk menilai perkembangan atau kemajuan penelitian yang secara spesifik melakukan penilaian risiko paparan mikroplastik pada manusia melalui konsumsi biota laut.

2.4. Hasil

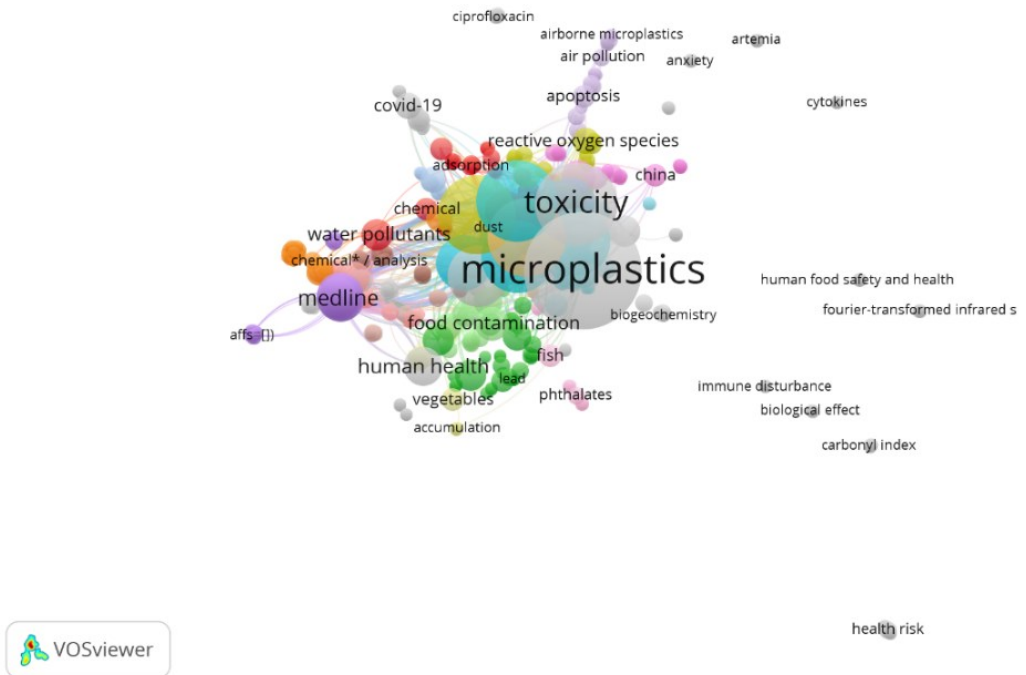
Hasil penelusuran diperoleh total 203 artikel yang bersumber dari Google Scholars sebanyak 59 artikel, Science direct sebanyak 33 artikel dan Pubmed sebanyak 111 artikel. Dari total tersebut, diperoleh 7 jurnal yang *eligible* untuk proses tinjauan literatur sebagaimana yang disajikan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Bagan proses tinjauan sistematis

2.4.1. Analisis Bibliometrik

Untuk menilai kemajuan penelitian dan teori terkini mengenai mekanisme proses penilaian risiko paparan mikroplastik dari konsumsi biota perairan, kami melakukan penilaian pada 177 artikel hasil penelusuran terkait mekanisme penilaian analisis risiko kesehatan (Gambar 2.4). Berdasarkan Gambar 2.4. Tampak bahwa penelitian untuk melihat keterkaitan mikroplastik dengan risiko kesehatan masih sangat terbatas.

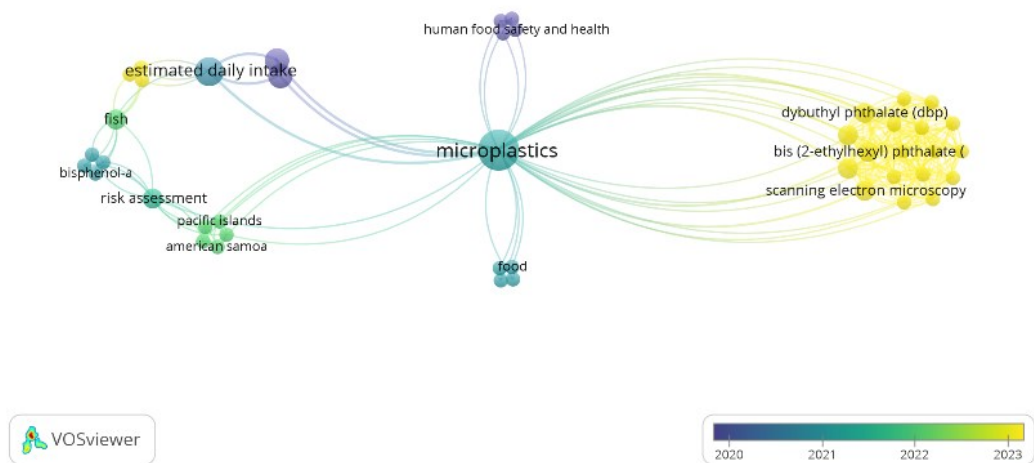


Gambar 2.4 Visualisasi keterkaitan untuk seluruh jurnal

Gambar 2.4. menunjukkan bahwa penelitian yang mengkaji mikroplastik dikaitkan dengan penilaian intake harian dan isu keamanan pangan dan belum secara langsung melakukan penilaian risiko kesehatan. Pada **Gambar 2.5**, tampak bahwa selama tahun 2023 penelitian terkait mikroplastik difokuskan pada penilaian intake harian, khususnya untuk beberapa polimer mikroplastik seperti dybuthyl phthalate (DBP), Bisphenol-A dan Bis (2-ethylhexyl) phthalate.



Gambar 2.5 Visualisasi keterkaitan untuk jurnal 2019-2023 yang memenuhi kriteria literatur review network



Gambar 2.6 Visualisasi overlay jurnal penelitian 2019-2023 hasil tinjauan sistematis

2.4.2. Identifikasi Mikroplastik dan Jenis Polimernya

Identifikasi mikroplastik adalah tahapan pertama yang dilakukan untuk menilai potensi paparan mikroplastik pada manusia. Hasil penelusuran literatur menunjukkan bahwa proses identifikasi mikroplastik pada biota dilakukan dengan beberapa metode yaitu pengambilan sampel lingkungan seperti ikan dan kerang atau moluska diambil langsung dari nelayan (Montero et al. 2023), ditangkap dengan menggunakan jaring (Lu et al. 2021) maupun diperoleh dari pasar/retail (Barboza et al. 2020; Tanaviyutpakdee et al. 2023; Ziino et al. 2021).

Sampel biota laut diambil dari beberapa lokasi (Tanaviyutpakdee et al. 2023a) atau berdasarkan spesies biota (Barboza et al. 2020) atau berdasarkan musim penangkapan (Tanaviyutpakdee et al. 2023) dengan tujuan untuk membandingkan kondisi kontaminasi mikroplastik pada biota perairan (Lu et al. 2021) dan pilihan jenis ikan yang dipilih mempertimbangkan jumlah konsumsi masyarakat di daerah penelitian (Tanaviyutpakdee et al. 2023) (**Tabel 2.1**). Lokasi penelitian dan pengambilan sampel dipilih dengan mempertimbangkan pengaruh kondisi perairan terhadap biota seperti jarak dari garis pantai, zona pasang surut, dan muara sungai (Polidoro et al. 2022).

Beberapa penelitian telah melakukan penilaian kelimpahan mikroplastik berdasarkan jumlah temuan pada biota perairan (Simionov et al. 2023; Ziino et al. 2021) atau berdasarkan jumlah mikroplastik per gram berat basah biota (Montero et al. 2023; Ziino et al. 2021), atau berat kering (Lu et al. 2021). Secara dominan, uji polimer dilakukan dengan menggunakan FT-IR dan *Raman spectroscopy* (**Tabel 2.2**). Perbedaan

ukuran dan berat mikroplastik akan mempengaruhi kapasitas penyerapannya pada biota laut (Ribba et al. 2022).

Tabel 2.1. Metode sampling biota perairan untuk pemeriksaan mikroplastik

Lokasi	Jenis sampel	Metode sampel untuk identifikasi mikroplastik	Referensi
Calabria dan Cicilia, Italia	Ikan	Diambil secara langsung dari pasar	(Ziino et al. 2021)
Teluk Nicoya, Kosta Rika	Kerang, Ikan dan Kepiting	Diambil dari nelayan secara langsung.	(Montero et al. 2023)
Lembah Sungai Danube Bawah Romania	Ikan	Diambil dari berbagai retail.	(Simionov et al. 2023)
Muara sungai Taiwan Utara	Ikan	Ditangkap menggunakan jaring ikan.	(Lu et al. 2021)
Teluk Thailand	Kerang	Sampel diperoleh dari 5 pasar ikan terbesar, sampling acak dengan 3 kali pengambilan berdasarkan musim	(Tanaviyutpakdee et al. 2023)
Samudera Atlantik Timur Laut	Ikan	Sampel diperoleh dari 3 lokasi pasar. Ikan dipilih berdasarkan spesiesnya.	(Barboza et al. 2020)
Tutuila, American Samoa	Moluska	Lokasi sampel mempertimbangkan garis pantai, zona pasang surut, dan muara sungai.	(Polidoro et al. 2022)

2.4.3. Penilaian Paparan Mikroplastik

Hasil tinjauan literatur menunjukkan bahwa penilaian paparan mikroplastik pada manusia dihitung berdasarkan hasil identifikasi jumlah mikroplastik pada biota (Tanaviyutpakdee et al. 2023). Penilaian asupan mikroplastik mengacu pada kandungan mikroplastik yang terdapat pada daging (jaringan otot) atas dasar asumsi bahwa daging ikan-lah yang dikonsumsi manusia (Simionov et al. 2023). Penelitian lain menunjukkan bahwa mikroplastik pada saluran pencernaan adalah yang terbanyak dibandingkan dengan yang terdapat pada insan dan daging (Barboza et al. 2020) (**Tabel 2.3**).

Tabel 2. 2. Metode Pemeriksaan Mikroplastik dan Pemeriksaan Polimer Mikroplastik pada Biota Perairan

Biota	Sampel tubuh ikan	karakteristik fisik yang dominan	Kelimpahan mikroplastik	Sampel untuk uji polimer	Metode uji polimer	Jenis polimer	Polimer terbanyak	Referensi
Ikan	Saluran pencernaan	Line, biru, 201-500 μm	Mean $0,37 \pm 0,288$ g per berat basah	20% dari jumlah mikroplastik yang ditemukan	FT-IR	PP, PE, PET, PS	PP	(Ziino et al. 2021)
Kerang, Ikan dan Kepiting	-	Partikel, ungu. 30-500 μm	• Kepiting, 4.0 ± 1.0 mikroplastik/g • Kerang bakau, 3.3 ± 2.9 mikroplastik/g; • Ikan Stolzman, 2.4 ± 1.3 mikroplastik/g	30% dari jumlah mikroplastik yang ditemukan	Raman spectroscopy	DEHP, BPA dan DBP	DEHP	(Montero et al. 2023)
Ikan	daging	Fiber, 3500 μm	1 item mikroplastik	Penyaringan dengan ukuran pori 1 μm dan diameter 47 mm.	FT-IR	PS	PS	(Simionov et al. 2023)
Ikan	Seluruh jaringan lunak ikan (homogenisasi dengan blender) kecuali tulang	-	• Rata-rata 0.163 ± 0.305 $\mu\text{g/g}$ berat kering. (ikan bantik) • Rata-rata 2.40 ± 0.366 $\mu\text{g/g}$ berat basah (ikan pelagis) • Rata-rata 0.0927 ± 0.135 $\mu\text{g/g}$ berat kering. (ikan migrasi)	Penyaringan sehingga diperoleh mikroplastik ukuran 5 mm – 50 μm	FT-IR	DEP, DEHP, dan DINP	DEP	(Lu et al. 2021)
Kerang	kerang, remis dan kerang laut	Fiber, oranye, >100-500 μm	• Rata-rata 0- 1,2 item//g berat basah • Rata-rata 0-4,3 item/individu	-	-	-	-	(Tanaviyutpakdee et al. 2023)
Ikan	Saluran pencernaan, insang, daging.	Fiber, biru, 501-500 μm (in gills)	• Saluran pencernaan (mean) $1,3 \pm 2,5$ item/individu • Insang: (mean) $0,8 \pm 1,4$ item/individu • Dorsal: $0,4 \pm 0,7$	-	-	-	-	(Barboza et al. 2020)
Moluska	Seluruh jaringan tubuh	fiber	15 – 17 partikel/ekor	10 % dari jumlah mikroplastik yang ditemukan	Raman spectroscopy	PET, PAE, pestisida dan PCBs	PET	(Polidoro et al. 2022)

Tabel 2.3. Metode penilaian paparan mikroplastik pada manusia berdasarkan hasil penelitian periode 2019-2023

Jenis sampel	Jenis polimer	Metode penilaian paparan	Metode penilaian risiko	Referensi
Ikan	Polipropilena	-	-	(Ziino et al. 2021)
Kerang, Ikan dan Kepiting	DEHP, BPA dan DBP	<i>Dietary exposure per portion</i> ($\mu\text{g/kg/bw/d}$) dihitung sebagai Jumlah konsumsi (kg) dikalikan dengan konsentrasi mikroplastik ($\mu\text{g/kg}$) per berat badan (mg/kg berat badan/hari)	Penilaian risiko dilakukan dengan membandingkan porsi konsumsi mikroplastik dengan <i>Total daily intake</i> (TDI) yang telah ditetapkan	(Montero et al. 2023)
Ikan	mikroplastik sebagai bagian dari PTEs (<i>Potential Toxic Elements</i>)	EDI dihitung sebagai hasil bagi antara perkalian frekuensi paparan, durasi paparan, <i>ingestion rate</i> , konsentrasi dengan berat badan dan rata rata paparan	Tingkat risiko non karsinogenik dinilai dengan membandingkan intake harian dengan dosis referensi	(Simionov et al. 2023)
Ikan	PAE, BPA, NP, dan mikroplastik	Intake kronis harian (CDI) dihitung sebagai jumlah konsumsi harian dikali dengan frekuensi paparan pertahun (hari/tahun) dan durasi paparan (tahun) dibagi dengan rata-rata paparan (angka harapan hidup/AT) dikali jumlah hari dalam setahun (365 hari)	Tingkat risiko non karsinogenik dinilai dengan membandingkan intake kronis harian dengan dosis referensi	(Lu et al. 2021)
Kerang	Mikroplastik	Paparan (item/orang/hari) dihitung sebagai konsumsi biota dikalikan dengan jumlah mikroplastik	Tidak dapat dinilai karena HBGV (<i>health-based guidance value</i>) belum tersedia	(Tanaviyutpa kdee et al. 2023)
Ikan	Mikroplastik	Intake dihitung sebagai rata-rata jumlah mikroplastik dalam daging ikan (mikroplastik item/gram) dikalikan dengan standar intake ikan per orang (g).	-	(Barboza et al. 2020)
Gastropoda dan tiram batu	PETs, phtalate, pesetisida dan PCBs	Paparan (<i>item/person/day</i>) dihitung sebagai konsumsi biota dikalikan dengan jumlah mikroplastik	Tingkat risiko dinilai dengan membandingkan intake dengan dosis referensi (RfD)	(Polidoro et al. 2022)

Penelitian untuk mengidentifikasi jaringan ikan untuk dijadikan dasar dalam penilaian paparan, menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan untuk temuan mikroplastik dalam ikan berdasarkan panjang dan berat ikan (Barboza et al. 2020). Saluran pencernaan memiliki kandungan mikroplastik yang tertinggi dibandingkan dengan insang dan dorsal ikan, dimana kandungan mikroplastik pada saluran pencernaan (mean) sebesar $1,2 \pm 2,0$ item/individu, insang sebesar (mean) $0,7 \pm 1,2$ item/individu dorsal sebesar $0,54 \pm 0,099$ (Barboza et al. 2020).

Kepingan kecil plastik diperkirakan telah ditelan manusia sebanyak 50.000 keping per tahun (Campanale et al. 2020). Jumlah asupan mikroplastik melalui biota air dipengaruhi oleh lokasi geografis tempat tinggal, pilihan gaya hidup, dan tingkat konsumsi ikan (Barboza et al. 2020). Mikroplastik dengan ukuran $20 \mu\text{m}$ dapat masuk ke dalam organ dan mikroplastik dengan ukuran sekitar $10 \mu\text{m}$ yang dapat masuk ke dalam sel dan menembus membran sel (Xu et al. 2019a), menembus plasenta (Grafmueller et al. 2015) dan liver, otot dan bahkan hati (Ogonowski et al. 2018; Stock et al. 2019; Verla et al. 2019; Yong et al. 2020). Secara fisik, mikroplastik memiliki kemampuan untuk melewati sel hidup menuju ke dalam limpa dan sistem peredaran darah manusia (Kowalski et al. 2016b)

2.4.4. Penilaian Dosis Respon

Penilaian dosis-respon dilakukan untuk memperkirakan bagaimana tingkat paparan bahan kimia yang berbeda dapat mempengaruhi kemungkinan dan tingkat keparahan efek kesehatan. Hubungan dosis-respons seringkali berbeda untuk banyak bahan kimia yang menyebabkan kanker daripada yang menyebabkan jenis masalah kesehatan lainnya (California Environmental Protection Agency 2011).

Dalam *literatur review* ini, penilaian dosis responden paparan mikroplastik dilakukan melakukan perhitungan total intake harian mikroplastik (TDI). Hasil perhitungan intake mikroplastik selanjutnya dibandingkan dengan standar asupan yang ditetapkan oleh lembaga-lembaga yang berwenang. Belum ada penilaian risiko kesehatan sampai pada penentuan tingkat risiko karena belum adanya dosis referensi paparan mikroplastik (**Tabel 2.4.**)

Tabel 2. 4. Nilai dosis respon untuk penelitian risiko kesehatan paparan mikroplastik untuk penelitian tahun 2019-2023

Jenis Sampel	Jenis Polimer	Dosis Respon	Referensi
Ikan	Polipropilen	-	(Ziino et al. 2021)
Kerang, Ikan dan Kepiting	DEHP, BPA dan DBP	TDI untuk perempuan hamil: BPA $0.33 \mu\text{g/kg/bw/d}$ (ANSES, 2014); $0,004 \mu\text{g/kg/bw/d}$ (EFSA), sedangkan TDI untuk DEHP dan DBP belum ada	(Montero et al. 2023)

Bersambung pada hal berikutnya....

Jenis Sampel	Jenis Polimer	Dosis Respon	Referensi
Ikan	Polipropilen	-	(Ziino et al. 2021)
Kerang, Ikan dan Kepiting	DEHP, BPA dan DBP	TDI untuk perempuan hamil: BPA 0.33 $\mu\text{g/kg/bw/d}$ (ANSES, 2014); 0,004 $\mu\text{g/kg/bw/d}$ (EFSA), sedangkan TDI untuk DEHP dan DBP belum ada	(Montero et al. 2023)
Ikan	mikroplastik sebagai bagian dari PTEs	Tidak ada	(Simionov et al. 2023)
Ikan	PAE, BPA, NP, dan mikroplastik	RfD untuk DEP, DBP, DEHP, BPA, DIBP dan DINP 0.8, 0.1, 0.02, dan 0.05, 0.100, 0.059 mg/kg/hari <i>Case Slope Factor (CSF)</i> untuk DEHP 0.014 (paparan oral)	(Lu et al. 2021)
Kerang	Mikroplastik	Tidak ada	(Tanaviyutpakdee et al. 2023)
Ikan	Mikroplastik	Tidak ada	(Barboza et al. 2020)
Gastropoda dan tiram batu	PET, phthalate, pestisida dan PCBs	Dibutyl phthalate 0,1; diethyl phthalate 0,8; di-ethylhexyl phthalate (DEHP) 0,02; dan PCBs 0,00002	(Polidoro et al. 2022)

2.4.5. Karakterisasi Risiko Paparan Mikroplastik

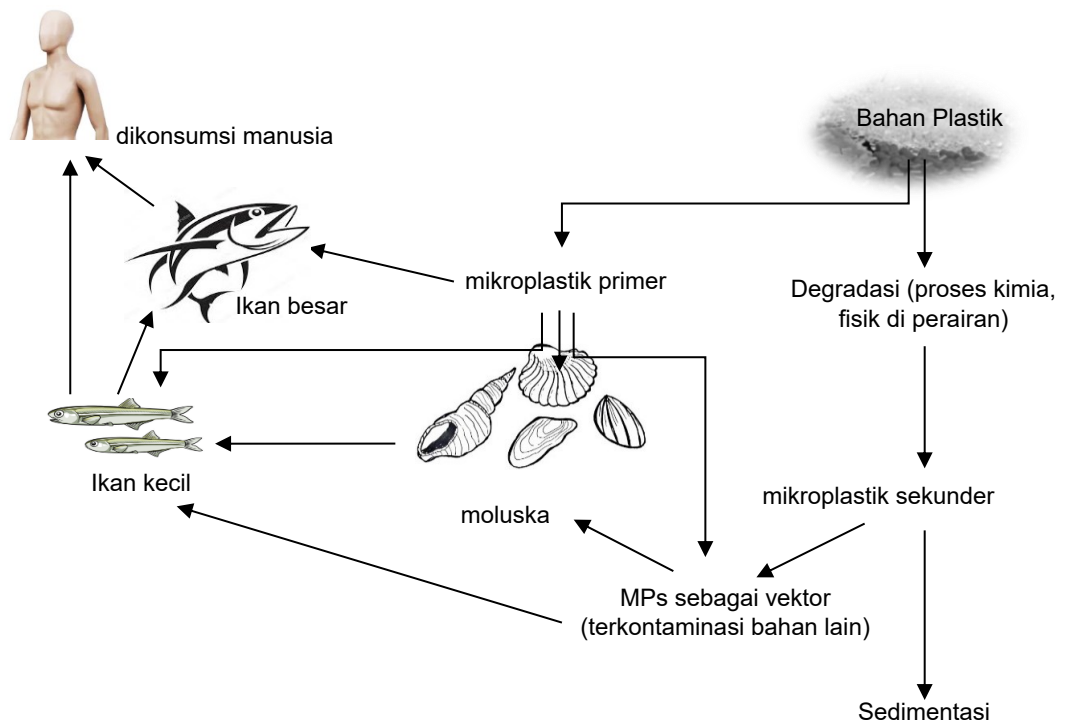
Penilaian paparan mikroplastik dilakukan melalui estimasi jumlah mikroplastik yang dikonsumsi oleh setiap kelompok umur khususnya dengan kategori jumlah konsumsi pada anak-anak dan dewasa (Oliveri Conti et al. 2020). Sedangkan proses karakterisasi risikonya tidak dilakukan karena masih belum adanya efek spesifik mikroplastik terhadap manusia. Sedangkan pendekatan lain yang digunakan adalah melakukan penilaian paparan kumulatif berbagai PTEs (*Potential toxic elements*) berupa logam berat termasuk mikroplastik (Simionov et al. 2023).

2.5. Pembahasan

Faktor-faktor lingkungan seperti suhu, penyinaran matahari, degradasi mikroorganisme dan hidrolisis mempengaruhi proses penguraian plastik di lingkungan menjadi ukuran yang lebih kecil, baik yang berukuran mikroplastik maupun nanoplastik (Hahladakis et al. 2017; Prata et al. 2020). Mikroplastik ada yang bersifat primer artinya sejak proses pembuatan/produksinya sudah berukuran mikro dan ada yang bersifat sekunder artinya berasal dari pemecahan plastik yang berukuran lebih besar (Prata et al. 2020; Rai et al. 2021). Partikel plastik dapat dapat memasuki rantai makanan atau terkontaminasi zat lain dan berperan sebagai vektor untuk berbagai bahan kimia (Sheng et al. 2021), bahan organik (Polidoro et al.

2022), maupun logam (S. Liu et al. 2020) dan secara potensial dapat menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia (Rai et al. 2021).

Proses identifikasi polimer mikroplastik diperlukan untuk menilai potensi efek spesifik berdasarkan mikroplastik. Risiko kesehatan yang mungkin terjadi pada manusia dikaitkan dengan dosis, jenis polimer, ukuran, komposisi kimia (liang Liao and yan Yang 2020) dan sifat hidrofobiknya (Campanale et al. 2020; Okunola A et al. 2019; Smith et al. 2018). Terdapat beberapa teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan mikroplastik di lingkungan, salah satunya yang umum adalah dengan pemeriksaan spektrum IR dengan uji FTIR (Rakesh et al. 2014).



Gambar 2.7 Transfer mikroplastik pada perairan

Tahap selanjutnya adalah melakukan penilaian paparan. Hal ini mencakup penilaian durasi paparan, laju asupan dan konsentrasi mikroplastik yang dikonsumsi (Department of Health and Ageing 2002). Data diet dibutuhkan untuk penilaian paparan (Ziino et al. 2021) akan tetapi berdasarkan protokol analisis risiko kesehatan manusia (HHRAP) bahwa hanya makanan yang diproduksi di lokasi paparan yang terkontaminasi oleh zat atau bahan kimia dari bahan yang dinilai. Makanan yang tidak diproduksi pada titik paparan tidak dianggap terkontaminasi, dan tidak relevan dengan penilaian (Response et al. 2005). Durasi paparan adalah

lamanya waktu reseptor terpapar melalui jalur paparan tertentu sampai reseptor tidak lagi terpapar agen risiko melalui jalur paparan (Response et al. 2005)

Ukuran, bentuk, dan jenis plastik merupakan faktor yang sangat penting dalam menjelaskan efek mikroplastik. Mikroplastik dengan ukuran 20 μm dapat masuk ke dalam organ dan hanya mikroplastik dengan ukuran sekitar 10 μm yang dapat masuk ke dalam sel dan menembus membran sel (Schirizzi et al. 2017; Xu et al. 2019), menembus plasenta (Graefmueller et al. 2015; Poulsen et al. 2015) dan mungkin bisa mencapai liver, otot dan bahkan hati (Ogonowski et al. 2018; Stock et al. 2019; Verla et al. 2019; Yong et al. 2020). Secara fisik, mikroplastik memiliki kemampuan untuk melewati sel hidup menuju ke dalam limpa dan sistem peredaran darah manusia (Kowalski et al. 2016; US EPA 2015). Hanya mikroplastik dengan ukuran di bawah 150 μm yang dapat melalui epitel usus dan menyebabkan paparan sistemik.

Toksistas kimia mikroplastik dapat terjadi karena proses pencucian/eliminasi komponen monomer, *endogenous additives* dan polutan lingkungan yang teradsorpsi (Lithner 2011; World Health Organization 2019; Wright et al. 2017). Sedangkan dari segi fisik, paparan mikroplastik potensial menyebabkan terjadinya peradangan karena tidak bisa diuraikan dalam proses metabolisme tubuh dan potensial meningkatkan risiko neoplasia (De-la-Torre 2020)

Hasil studi *in vitro* untuk menguji pengaruh paparan mikroplastik dalam saluran pencernaan menunjukkan bahwa proses pencernaan telah meningkatkan ukuran rata-rata PS-mikroplastik dari 100 μm menjadi 440,2 μm . Proses pencernaan juga telah meningkatkan nilai potensial zeta untuk partikel ukuran 50 μm dari 40,8 eV menjadi 34,4 eV. Partikel PS-mikroplastik yang berukuran 100 μm meningkat dari 31,4 eV menjadi 39,1 eV, menyebabkan terjadinya penurunan pelepasan LDH, dan menurunkan kerusakan transportasi usus. Bioavailabilitas dan toksistas mikroplastik juga menurun setelah proses dalam saluran pencernaan, meningkatkan efek pro-inflamasi. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa efek toksik gabungan antara mikroplastik & Arsen (As) dapat didegradasi oleh proses dalam saluran pencernaan (S. Liu et al. 2020).

2.6. Kesimpulan

Dinamika perairan menjadi salah satu aspek yang perlu dipertimbangkan dalam upaya menjelaskan bagaimana mikroplastik menyebar di lingkungan dan menjadi dasar untuk menentukan pengambil sampel yang representatif untuk proses identifikasi mikroplastik pada biota perairan. Daging ikan dan kerang dipandang sebagai bagian yang paling relevan untuk menilai asupan mikroplastik pada manusia karena daging yang dikonsumsi oleh manusia.

Dalam proses penilaian paparan mikroplastik telah terbukti bahwa seluruh jaringan tubuh ikan ditemukan kandungan mikroplastik dengan berbagai ukuran, komposisi kimiawi yang beragam dan termasuk berbagai kontaminan lainnya, sehingga perlu dipertimbangkan untuk melakukan pemeriksaan polimer mikroplastik

secara keseluruhan pada seluruh jaringan biota juga sekaligus menjadi dasar untuk penilaian risiko secara total mengingat komponen mikroplastik yang sangat beragam baik dari karakteristik fisik, komposisi kimiawi maupun peran mikroplastik sebagai vektor bagi zat/bahan lain. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk menilai ambang batas paparan mikroplastik sampai menimbulkan efek kimia dan fisik (sekaligus) dari setiap jenis polimer atau keseluruhan mikroplastik yang dikonsumsi oleh manusia melalui biota laut.

REFERENSI

- Alam, Firdha Cahya, Emenda Sembiring, Barti Setiani Muntalif, and Veinardi Suendo. 2019. "Microplastic Distribution in Surface Water and Sediment River around Slum and Industrial Area (Case Study: Ciwalengke River, Majalaya District, Indonesia)." *Chemosphere* 224: 637–45. doi:10.1016/J.CHEMOSPHERE.2019.02.188.
- Amelinda, C., S. Werorilangi, A. I. Burhanuddin, and A. Tahir. 2021. "Occurrence of Microplastic Particles in Milkfish (*Chanos Chanos*) from Brackishwater Ponds in Bonto Manai Village, Pangkep Regency, South Sulawesi, Indonesia." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 763(1): 012058. doi:10.1088/1755-1315/763/1/012058.
- An, Xianjin, Yanling Wang, Muhammad Adnan, Wei Li, and Yaqin Zhang. 2024. "Natural Factors of Microplastics Distribution and Migration in Water: A Review." *Water* 2024, Vol. 16, Page 1595 16(11): 1595. doi:10.3390/W16111595.
- Asadi, Muhammad Arif, Defri Yona, Muhammad A Asadi, Yody A P Ritonga, and Asus M S Hertika. 2019. "Nature Environment and Pollution Technology An International Quarterly Scientific Journal Original Research Paper Vertical Distribution of Microplastics in Coastal Sediments of Bam... Article in Nature Environment and Pollution Technology." 18: 1169–76. www.neptjournal.com.
- Bahri, A Rizki Syamsul, Muhammad Ikhtiar, Alfina Baharuddin, and Hasriwiani Habo Abbas. 2020. "Identification of Microplastic in Tilapia Fish (*Oreochromis Mossambicus*) at Tallo River in Macassar." *International Journal of Science and Healthcare Research* 5(3): 406–11. www.ijshr.com.
- Barboza, Luís Gabriel A., Clara Lopes, Patrícia Oliveira, Filipa Bessa, Vanessa Otero, Bruno Henriques, Joana Raimundo, et al. 2020. "Microplastics in Wild Fish from North East Atlantic Ocean and Its Potential for Causing Neurotoxic Effects, Lipid Oxidative Damage, and Human Health Risks Associated with Ingestion Exposure." *Science of the Total Environment* 717. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134625.
- Basri, S. K., A. Daud, A. B. Birawida, M. Maming, H. J. Mukono, and D. S. Arsyad. 2024. "Microplastic Polymers in Shellfish and Fish in the Coastal Area." *Global Journal of Environmental Science and Management* 10(4): 1477–1500. doi:10.22034/gjesm.2024.04.01.
- Bonanomi, Marcella, Noemi Salmistraro, Danilo Porro, Annalisa Pinsino, Anna Maria Colangelo, and Daniela Gaglio. 2022. "Polystyrene Micro and Nano-Particles Induce Metabolic Rewiring in Normal Human Colon Cells: A Risk Factor for Human Health." *Chemosphere* 303: 134947. doi:10.1016/J.CHEMOSPHERE.2022.134947.
- BPS. 2023. "Hasil Pencacahan Lengkap Sensus Pertanian 2023." *BPS Kabupaten Jeneponto*
- BPS JENEPONTO. 2024. "Jeneponto Dalam Angka 2024." : 442. <https://jenepontokab.bps.go.id/id/publication/2024/02/28/f310fcb8f2f851818727580f/kabupaten-jeneponto-dalam-angka-2024.html> (October 13, 2024).
- Buwono, Nanik Retno, Yenny Risjani, and Agoes Soegianto. 2021. "Distribution of Microplastic in Relation to Water Quality Parameters in the Brantas River, East Java, Indonesia." *Environmental Technology & Innovation* 24: 101915. doi:10.1016/J.ETI.2021.101915.
- California Environmental Protection Agency. 2011. "Office of Environmental Health Hazard Assessment Page 1." 25705: 1–15.

- Campanale, Claudia, Carmine Massarelli, Ilaria Savino, Vito Locaputo, and Vito Felice Uricchio. 2020. "A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(4). doi:10.3390/ijerph17041212.
- Carbery, Maddison, Wayne O'Connor, and Thavamani Palanisami. 2018. "Trophic Transfer of Microplastics and Mixed Contaminants in the Marine Food Web and Implications for Human Health." *Environment International* 115(December 2017): 400–409. doi:10.1016/j.envint.2018.03.007.
- Chen, Guanglong, Zhilu Fu, Huirong Yang, and Jun Wang. 2020. "An Overview of Analytical Methods for Detecting Microplastics in the Atmosphere." *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 130: 115981. doi:10.1016/J.TRAC.2020.115981.
- Cordova, M R, and U E Hernawan. 2018. "Microplastics in Sumba Waters, East Nusa Tenggara." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 162(1): 12023. doi:10.1088/1755-1315/162/1/012023.
- Cordova, Muhammad Reza, Anna Ida Sunaryo Purwiyanto, and Yulianto Suteja. 2019. "Abundance and Characteristics of Microplastics in the Northern Coastal Waters of Surabaya, Indonesia." *Marine Pollution Bulletin* 142: 183–88. doi:10.1016/J.MARPOLBUL.2019.03.040.
- Cox, Kieran D., Garth A. Covernton, Hailey L. Davies, John F. Dower, Francis Juanes, and Sarah E. Dudas. 2019. "Human Consumption of Microplastics." *Environmental Science and Technology* 53(12): 7068–74. doi:10.1021/acs.est.9b01517.
- De-la-Torre, Gabriel Enrique. 2020. "Microplastics: An Emerging Threat to Food Security and Human Health." *Journal of Food Science and Technology* 57(5): 1601–8. doi:10.1007/s13197-019-04138-1.
- Dehaut, Alexandre, Anne Laure Cassone, Laura Frère, Ludovic Hermabessiere, Charlotte Himber, Emmanuel Rinnert, Gilles Rivière, et al. 2016. "Microplastics in Seafood: Benchmark Protocol for Their Extraction and Characterization." *Environmental Pollution* 215: 223–33. doi:10.1016/J.ENVPOL.2016.05.018.
- Department of Health and Ageing. 2002. "Environmental Health Risk Assessment. Guidelines for Assessing Human Health Risks from Environmental Hazards."
- El, Nano Hajra, Anwar Daud, Akbar Tahir, Anwar Mallongi, Hasnawati Amqam, and Abdul Salam. 2020. "Microplastic Exposure through Mussels Consumption in the Coastal Area Community of Pa'alakkang Village, Galesong, Takalar District." *South Asian Research Journal of Biology and Applied Biosciences* 2(5): 109–13. doi:10.36346/sarjbab.2020.v02i05.003.
- EPA. 1989. "Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A)." I(December): 289. doi:EPA/540/1-89/002.
- EPA. 1995. "Fish Sampling and Analysis." *Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories* 1(4305): 485.
- EPA. 2011. "Chapter 8: Body Weight Studies." *Exposure Factors Handbook* (September): 1–56.
- Epa, Us, and Integrated Risk Information System Division. 1988. "Bisphenol A. (CASRN 80-05-7) | IRIS | US EPA." *Us Epa*: 1–7.
- Eriksen, Marcus, Laurent C.M. Lebreton, Henry S. Carson, Martin Thiel, Charles J. Moore, Jose C. Borerro, Francois Galgani, Peter G. Ryan, and Julia Reisser. 2014. "Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea." *PLoS ONE* 9(12): 1–15.

- doi:10.1371/journal.pone.0111913.
- Falahudin, Dede, Muhammad Reza Cordova, Xiaoxia Sun, Deny Yogaswara, Ita Wulandari, Dwi Hindarti, and Zainal Arifin. 2020. "The First Occurrence, Spatial Distribution and Characteristics of Microplastic Particles in Sediments from Banten Bay, Indonesia." *Science of The Total Environment* 705: 135304. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.135304.
- Fang, Chao, Ronghui Zheng, Hongzhe Chen, Fukun Hong, Longshan Lin, Hui Lin, Huige Guo, et al. 2019. "Comparison of Microplastic Contamination in Fish and Bivalves from Two Major Cities in Fujian Province, China and the Implications for Human Health." *Aquaculture* 512. doi:10.1016/J.AQUACULTURE.2019.734322.
- Forte, Maurizio, Giuseppina Iachetta, Margherita Tussellino, Rosa Carotenuto, Marina Prisco, Maria De Falco, Vincenza Laforgia, and Salvatore Valiante. 2016. "Polystyrene Nanoparticles Internalization in Human Gastric Adenocarcinoma Cells." *Toxicology in Vitro* 31: 126–36. doi:10.1016/j.tiv.2015.11.006.
- Friot, Damien, and Julien Boucher. 2017. *Primary Microplastics in the Oceans* | IUCN Library System. <https://portals.iucn.org/library/node/46622>.
- Global Plastics Outlook. 2022. Global Plastics Outlook doi:10.1787/de747aef-en.
- Grafmueller, Stefanie, Pius Manser, Liliane Diener, Pierre André Diener, Xenia Maeder-Althaus, Lionel Maurizi, Wolfram Jochum, et al. 2015. "Bidirectional Transfer Study of Polystyrene Nanoparticles across the Placental Barrier in an Ex Vivo Human Placental Perfusion Model." *Environmental Health Perspectives* 123(12): 1280–86. doi:10.1289/ehp.1409271.
- Hahladakis, John N. 2020. "Delineating the Global Plastic Marine Litter Challenge: Clarifying the Misconceptions." *Environmental Monitoring and Assessment* 192(5): 1–11. doi:10.1007/S10661-020-8202-9/FIGURES/3.
- Hahladakis, John N., Costas A. Velis, Roland Weber, Eleni Iacovidou, and Phil Purnell. 2017. "An Overview of Chemical Additives Present in Plastics: Migration, Release, Fate and Environmental Impact during Their Use, Disposal and Recycling." *Journal of Hazardous Materials* 344: 179–99. doi:10.1016/J.JHAZMAT.2017.10.014.
- Hakiki, Gaib. 2018. "Konsumsi Kalori Dan Protein Penduduk Indonesia." *Subdirektorat Statistik Rumah Tangga*.
- Hung, Charlotte, Natasha Klasios, Xia Zhu, Meg Sedlak, Rebecca Sutton, and Chelsea M. Rochman. 2021. "Methods Matter: Methods for Sampling Microplastic and Other Anthropogenic Particles and Their Implications for Monitoring and Ecological Risk Assessment." *Integrated Environmental Assessment and Management* 17(1): 282–91. doi:10.1002/IEAM.4325.
- Hussain, Nasir, Vikas Jaitley, and Alexander T. Florence. 2001. "Recent Advances in the Understanding of Uptake of Microparticulates across the Gastrointestinal Lymphatics." *Advanced drug delivery reviews* 50(1–2): 107–42. doi:10.1016/S0169-409X(01)00152-1.
- Hwang, Jangsun, Daheui Choi, Seora Han, Se Yong Jung, Jonghoon Choi, and Jinkee Hong. 2020. "Potential Toxicity of Polystyrene Microplastic Particles." *Scientific Reports* 2020 10:1 10(1): 1–12. doi:10.1038/s41598-020-64464-9.
- Indonesia Global Marine, 2022." <https://globalmarinecommodities.org/en/indonesia-2/> (September 7, 2022).
- IPEN. 2020. "International Pollutants Elimination Network. 7 Harmful Chemical Types in Plastics."

- IRIS. 1987. "Chemical Assessment Summary for Di(2-Ethylhexyl)Phthalate (DEHP); CASRN 117-81-7." *US. EPA Washington, DC*: 1–13.
- Janssen, C, and Dean G Ir Van Huylenbroeck Rector A De Paepe. 2012. *Promoter Prof.*
- Jin, Haibo, Tan Ma, Xiaoxuan Sha, Zhenyu Liu, Yuan Zhou, Xiannan Meng, Yabing Chen, Xiaodong Han, and Jie Ding. 2021. "Polystyrene Microplastics Induced Male Reproductive Toxicity in Mice." *Journal of Hazardous Materials* 401(May 2020): 123430. doi:10.1016/j.jhazmat.2020.123430.
- Kik, Kinga, Bożena Bukowska, and Paulina Sicińska. 2020. "Polystyrene Nanoparticles: Sources, Occurrence in the Environment, Distribution in Tissues, Accumulation and Toxicity to Various Organisms." *Environmental Pollution* 262: 114297. doi:10.1016/J.ENVPOL.2020.114297.
- Koelmans, AA, NHM Nor, E Hermesen, M Kooi - Water research, and undefined 2019. "Microplastics in Freshwaters and Drinking Water: Critical Review and Assessment of Data Quality." *Elsevier*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135419301794> (August 11, 2023).
- Koelmans, Albert A., Adil Bakir, G. Allen Burton, and Colin R. Janssen. 2016. "Microplastic as a Vector for Chemicals in the Aquatic Environment: Critical Review and Model-Supported Reinterpretation of Empirical Studies." *Environmental Science and Technology* 50(7): 3315–26. doi:10.1021/acs.est.5b06069.
- Kowalski, Nicole, Aurelia M. Reichardt, and Joanna J. Waniek. 2016. "Sinking Rates of Microplastics and Potential Implications of Their Alteration by Physical, Biological, and Chemical Factors." *Marine Pollution Bulletin* 109(1): 310–19. doi:10.1016/j.marpolbul.2016.05.064.
- Kudzin, Marcin H., Dominika Piwowarska, Natalia Festinger, and Jerzy J. Chruściel. 2023. "Risks Associated with the Presence of Polyvinyl Chloride in the Environment and Methods for Its Disposal and Utilization." *Materials* 2024, Vol. 17, Page 173 17(1): 173. doi:10.3390/MA17010173.
- Lessy, Mohammad Ridwan, and Mesrawaty Sabar. 2021. "Microplastics Ingestion by Skipjack Tuna (*Katsuwonus Pelamis*) in Ternate, North Maluku - Indonesia." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1125(1): 012085. doi:10.1088/1757-899X/1125/1/012085.
- Lestari, Prieskarinda, Yulinah Trihadiningrum, Bagas Ari Wijaya, Khaldi Ardelia Yunus, and Muhammad Firdaus. 2020. "Distribution of Microplastics in Surabaya River, Indonesia." *Science of The Total Environment* 726: 138560. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2020.138560.
- liang Liao, Yu, and Jin yan Yang. 2020. "Microplastic Serves as a Potential Vector for Cr in an In-Vitro Human Digestive Model." *Science of the Total Environment* 703. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.134805.
- liang Liao, Yu, Jin yan Yang, Yu liang Liao, Jin yan Yang, Yu liang Liao, and Jin yan Yang. 2020. "Microplastic Serves as a Potential Vector for Cr in an In-Vitro Human Digestive Model." *Science of the Total Environment* 703: 134805. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.134805.
- Lithner, D. 2011. Ph.D. thes Department of Plant and Environmental Sciences *Environmental and Health Hazards of Chemicals in Plastic Polymers and Products*.
- Liu, Lingchen, Mingjie Xu, Yuheng Ye, and Bin Zhang. 2022. "On the Degradation of (Micro)Plastics: Degradation Methods, Influencing Factors, Environmental

- Impacts." *Science of The Total Environment* 806: 151312. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2021.151312.
- Liu, Su, Xiaomei Wu, Weiqing Gu, Jing Yu, and Bing Wu. 2020. "Influence of the Digestive Process on Intestinal Toxicity of Polystyrene Microplastics as Determined by in Vitro Caco-2 Models." *Chemosphere* 256: 127204. doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127204.
- Lorenzoni, Giuseppa, Rita Melillo, Alessandro Graziano Mudadu, Gabriella Piras, Simona Cau, Katia Usai, Luisa Corda, et al. 2022. "Identification and Quantification of Potential Microplastics in Shellfish Harvested in Sardinia (Italy) by Using Transillumination Stereomicroscopy." *Italian journal of food safety* 11(4): 10738. doi:10.4081/ijfs.2022.10738.
- Lozano, Yudi M., Timon Lehnert, Lydia T. Linck, Anika Lehmann, and Matthias C. Rillig. 2021. "Microplastic Shape, Polymer Type, and Concentration Affect Soil Properties and Plant Biomass." *Frontiers in Plant Science* 12(February): 1–14. doi:10.3389/fpls.2021.616645.
- Lu, I. Cheng, How Ran Chao, Wan Nurdiana Wan Mansor, Chun Wei Peng, Yi Chyun Hsu, Tai Yi Yu, Wei Hsiang Chang, and Lung Ming Fu. 2021. "Levels of Phthalates, Bisphenol-a, Nonylphenol, and Microplastics in Fish in the Estuaries of Northern Taiwan and the Impact on Human Health." *Toxics* 9(10). doi:10.3390/toxics9100246.
- Luqman, Arif, Husna Nugrahapraja, Ruri Agung Wahyuono, Izzatul Islami, Muhammad Husain Haekal, Yasri Fardiansyah, Balqis Qonita Putri, et al. 2021. "Microplastic Contamination in Human Stools, Foods, and Drinking Water Associated with Indonesian Coastal Population." *Environments - MDPI* 8(12): 138. doi:10.3390/ENVIRONMENTS8120138/S1.
- "Manajemen Risiko | US EPA." <https://www.epa.gov/risk/risk-management#tab-2> (February 2, 2025).
- Mawaddha, Ramdha, and Akbar Tahir. 2020. "Studies of Micro Plastics Contamination on Mussels, Seawater, and Sediment at Sanrobengi Island of South Sulawesi." *Advances in Environmental Biology* 14(2): 12–17. doi:10.22587/aeb.2020.14.2.2.
- Mbabazi, Jolocam. 2011. "Principles and Methods for the Risk Assessment of Chemicals in Food." *International Journal of Environmental Studies* 68(2): 251–52. doi:10.1080/00207233.2010.549617.
- Montero, Virginia, Yarenis Chinchilla, Luis Gómez, Adrián Flores, Alejandro Medaglia, Rossy Guillén, and Ernesto Montero. 2023. "Human Health Risk Assessment for Consumption of Microplastics and Plasticizing Substances through Marine Species." *Environmental research* 237(Pt 1). doi:10.1016/J.ENVRES.2023.116843.
- Moshinsky, Marcos. 1959. "No Title." *Nucl. Phys.* 13(1): 104–16.
- Muringayil Joseph, Tomy, Seikhan Azat, Zahed Ahmadi, Omid Moini Jazani, Amin Esmaeili, Ehsan Kianfar, Józef Haponiuk, and Sabu Thomas. 2024. "Polyethylene Terephthalate (PET) Recycling: A Review." *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering* 9: 100673. doi:10.1016/J.CSCEE.2024.100673.
- Namira, Nurhayati, Anwar Daud, Anwar Mallongi, Hasnawati Amqam, Atjo Wahyu, and Irwandy. 2023. "Risk Analysis of Microplastic Exposure Through Consumption of Anadara Granosa at Coastal Area." *Pharmacognosy Journal* 15(4): 558–62. doi:10.5530/pj.2023.15.119.

- Natalia Taruk Linggi, Gita, Khusnul Yaqin, Basse Siang Parawansa, Liestiaty Fachruddin, Budiman Yunus, and Sri Wahyuni Rahim. 2021. "The Concentration of Microplastics in Epibiont of Green Mussel (*Perna Viridis*) from Maccini Baji Waters, Pangkajene Kepulauan." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 860(1). doi:10.1088/1755-1315/860/1/012099.
- Ningrum, Endar W., and Mufti P. Patria. 2022. "Microplastic Contamination in Indonesian Anchovies from Fourteen Locations." *Biodiversitas* 23(1): 125–34. doi:10.13057/biodiv/d230116.
- Nisticò, Roberto. 2020. "Polyethylene Terephthalate (PET) in the Packaging Industry." *Polymer Testing* 90: 106707. doi:10.1016/J.POLYMERTESTING.2020.106707.
- Noventa, Seta, Matthew S. P. Boyles, Andreas Seifert, Simone Belluco, Aracaeli Sánchez Jiménez, Helinor J. Johnston, Lang Tran, et al. 2021. "Paradigms to Assess the Human Health Risks of Nano- and Microplastics." *Microplastics and Nanoplastics* 1(1): 1–27. doi:10.1186/S43591-021-00011-1.
- NPAP. 2020. "Radically Reducing Plastic Pollution in Indonesia: A Multistakeholder Action Plan." *Npap* (April): 44. https://globalplasticaction.org/wp-content/uploads/NPAP-Indonesia-Multistakeholder-Action-Plan_April-2020.pdf.
- "OEHHHA - Office of Environmental Health Hazard Assessment." <https://oehha.ca.gov/> (February 1, 2025).
- Ogonowski, Martin, Zandra Gerdes, and Elena Gorokhova. 2018. "What We Know and What We Think We Know about Microplastic Effects – A Critical Perspective." *Current Opinion in Environmental Science and Health* 1: 41–46. doi:10.1016/j.coesh.2017.09.001.
- Okunola A, Alabi, Ologbonjaye Kehinde I, Awosolu Oluwaseun, and Alalade Olufiro E. 2019. "Public and Environmental Health Effects of Plastic Wastes Disposal: A Review." *Journal of Toxicology and Risk Assessment* 5(2). doi:10.23937/2572-4061.1510021.
- Oliveri Conti, Gea, Margherita Ferrante, Mohamed Banni, Claudia Favara, Ilenia Nicolosi, Antonio Cristaldi, Maria Fiore, and Pietro Zuccarello. 2020. "Micro- and Nano-Plastics in Edible Fruit and Vegetables. The First Diet Risks Assessment for the General Population." *Environmental Research* 187(April): 109677. doi:10.1016/j.envres.2020.109677.
- Polidoro, Beth, Tiffany Lewis, and Cassandra Clement. 2022. "A Screening-Level Human Health Risk Assessment for Microplastics and Organic Contaminants in near-Shore Marine Environments in American Samoa." *Heliyon* 8(3): e09101. doi:10.1016/j.heliyon.2022.e09101.
- Poulsen, Marie Sonnegaard, Tina Mose, Lisa Leth Maroun, Line Mathiesen, Lisbeth Ehler Knudsen, and Erik Rytting. 2015. "Kinetics of Silica Nanoparticles in the Human Placenta." *Nanotoxicology* 9(S1): 79–86. doi:10.3109/17435390.2013.812259.
- Prata, Joana Correia, João P. da Costa, Isabel Lopes, Armando C. Duarte, and Teresa Rocha-Santos. 2020. "Environmental Exposure to Microplastics: An Overview on Possible Human Health Effects." *Science of the Total Environment* 702: 134455. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134455.
- Prunet, G., F. Pawula, G. Fleury, E. Cloutet, A. J. Robinson, G. Hadziioannou, and A. Pakdel. 2021. "A Review on Conductive Polymers and Their Hybrids for Flexible and Wearable Thermoelectric Applications." *Materials Today Physics* 18: 100402. doi:10.1016/J.MTPHYS.2021.100402.

- Rai, Prabhat Kumar, Jechan Lee, Richard J.C. C Brown, and Ki Hyun Kim. 2021. "Environmental Fate, Ecotoxicity Biomarkers, and Potential Health Effects of Micro- and Nano-Scale Plastic Contamination." *Journal of Hazardous Materials* 403(July 2020): 123910. doi:10.1016/J.JHAZMAT.2020.123910.
- Rakesh, P., Patel. Charmi, and K.S Rajesh. 2014. "Quantitative Analytical Applications of FTIR Spectroscopy in Pharmaceutical and Allied Areas." *Journal of Advanced Pharmacy Education & Research* 4(2): 145–57.
- Response, Emergency, and United States. 2005. "Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities Final This Page Deliberately Left Blank." *Environmental Protection* (September).
- Ribba, Laura, Mary Lopretti, Gabriela Montes De Oca-Vásquez, Diego Batista, Silvia Goyanes, and José Roberto Vega-Baudrit. 2022. "Biodegradable Plastics in Aquatic Ecosystems: Latest Findings, Research Gaps, and Recommendations." *Environmental Research Letters* 17(3). doi:10.1088/1748-9326/ac548d.
- Sarkar, Sumon, Hanin Diab, and Jonathan Thompson. 2023. "Microplastic Pollution: Chemical Characterization and Impact on Wildlife." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 20(3). doi:10.3390/IJERPH20031745.
- Sawalman, R., S. Werorilangi, M. Ukkas, S. Mashoreng, I. Yasir, and A. Tahir. 2021. "Microplastic Abundance in Sea Urchins (*Diadema Setosum*) from Seagrass Beds of Barranglompo Island, Makassar, Indonesia." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 763(1): 012057. doi:10.1088/1755-1315/763/1/012057.
- Schirinzi, Gabriella F., Ignacio Pérez-Pomeda, Josep Sanchís, Cesare Rossini, Marinella Farré, and Damià Barceló. 2017. "Cytotoxic Effects of Commonly Used Nanomaterials and Microplastics on Cerebral and Epithelial Human Cells." *Environmental Research* 159(August): 579–87. doi:10.1016/j.envres.2017.08.043.
- Sheng, Yingfei, Xueying Ye, Ying Zhou, and Ruojia Li. 2021. "Microplastics (MPs) Act as Sources and Vector of Pollutants-Impact Hazards and Preventive Measures." *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 2021 107:4 107(4): 722–29. doi:10.1007/S00128-021-03226-3.
- Simionov, Ira Adeline, Mădălina Călmuc, Cătălina Iticescu, Valentina Călmuc, Puiu Lucian Georgescu, Caterina Faggio, and Ștefan Mihai Petrea. 2023. "Human Health Risk Assessment of Potentially Toxic Elements and Microplastics Accumulation in Products from the Danube River Basin Fish Market." *Environmental Toxicology and Pharmacology* 104(September). doi:10.1016/j.etap.2023.104307.
- Smith, Madeleine, David C. Love, Chelsea M. Rochman, and Roni A. Neff. 2018. "Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health." *Current environmental health reports* 5(3): 375–86. doi:10.1007/s40572-018-0206-z.
- Sobhani, Zahra, Xian Zhang, Christopher Gibson, Ravi Naidu, Mallavarapu Megharaj, and Cheng Fang. 2020. "Identification and Visualisation of Microplastics/Nanoplastics by Raman Imaging (i): Down to 100 Nm." *Water Research* 174. doi:10.1016/J.WATRES.2020.115658.
- Stock, Valerie, Linda Böhmert, Elisa Lisicki, Rafael Block, Julia Cara-Carmona, Laura Kim Pack, Regina Selb, et al. 2019. "Uptake and Effects of Orally Ingested Polystyrene Microplastic Particles in Vitro and in Vivo." *Archives of Toxicology* 93(7): 1817–33. doi:10.1007/s00204-019-02478-7.

- Suteja, Yulianto, Agus Saleh Atmadipoera, Etty Riani, I. Wayan Nurjaya, Dwiyoga Nugroho, and Muhammad Reza Cordova. 2021. "Spatial and Temporal Distribution of Microplastic in Surface Water of Tropical Estuary: Case Study in Benoa Bay, Bali, Indonesia." *Marine Pollution Bulletin* 163: 111979. doi:10.1016/J.MARPOLBUL.2021.111979.
- Tamrin, Sarnila, Khusnul Yaqin, Sri Wahyuni Rahim Dwi Fajriyati Inaku, and Moh Tuhid Umar. 2021. "Microplastic Concentration in Asiatic Hard Clam *Meretrix Meretrix* (Linnaeus, 1758) from Lemo Beach, Burau District, Luwu Timur Regency, South Sulawesi." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 763(1): 0–12. doi:10.1088/1755-1315/763/1/012062.
- Tanaviyutpakdee, Pharrunrat, and Weeraya Karnpanit. 2023. "Exposure Assessment of Heavy Metals and Microplastic-like Particles from Consumption of Bivalves." *Foods* 12(16). doi:10.3390/foods12163018.
- Tang, Baitian, Yue Wang, Ruoyun Huang, al -, Chengyuan Li, A Tahir, D A Soeprapto, et al. 2020a. "Microplastic Assessment in Seagrass Ecosystem at Kodingareng Lompo Island of Makassar City." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 564(1): 012032. doi:10.1088/1755-1315/564/1/012032.
- Tang, Baitian, Yue Wang, Ruoyun Huang, al -, Chengyuan Li, A Tahir, D A Soeprapto, et al. 2020. "Microplastic Assessment in Seagrass Ecosystem at Kodingareng Lompo Island of Makassar City." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 564(1): 12032. doi:10.1088/1755-1315/564/1/012032.
- Thushari, G. G.N., and J. D.M. Senevirathna. 2020. "Plastic Pollution in the Marine Environment." *Heliyon* 6(8): e04709. doi:10.1016/J.HELİYON.2020.E04709.
- US Environmental Protection Agency. 1987. "Dibutyl Phthalate (CASRN 84-74-2) | IRIS | US EPA." : 1–10. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0038_summary.pdf.
- US EPA. 1987. "Diethyl Phthalate; CASRN 84-66-2." : 1–10. https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0226_summary.pdf.
- US EPA. 2015. "Summary of Expert Discussion Forum on Possible Human Health Risks from Microplastics in the Marine Environment." *EPA Forum Convened on April 23, 2014. Marine Pollution Control Branch*.
- US EPA. 2022. "Vinyl Chloride; CASRN 75-01-4." *Chemical Assessment Summary*: 1–63. https://iris.epa.gov/ChemicalLanding/&substance_nmbr=1001.
- US EPA Technical Panel. 1997. "Guiding Principles for Monte Carlo Analysis." *Us Epa* (March): 1–35.
- Verla, Andrew Wirnkor, Christian Ebere Enyoh, Evelyn Ngozi Verla, and Kieran Oharley Nwarnorh. 2019. "Microplastic–Toxic Chemical Interaction: A Review Study on Quantified Levels, Mechanism and Implication." *SN Applied Sciences* 1(11). doi:10.1007/s42452-019-1352-0.
- Wander, L, L Lommel, K Meyer, Z H Wang, X J Sun, Elke Brandes, Martin Henseler, et al. 2021. "Spatial and Temporal Distribution of Microplastics in the Surface Waters of Barranglompo Island, Makassar." 860(1): 012098. doi:10.1088/1755-1315/860/1/012098.
- Wang, Qing, Xiaopeng Zhu, Chaowei Hou, Yuchen Wu, Jia Teng, Chen Zhang, Haili Tan, et al. 2021. "Microplastic Uptake in Commercial Fishes from the Bohai Sea, China." *Chemosphere* 263: 127962.

- doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127962.
- Wicaksono, EA Ega Adhi, Shinta Werorilangi, Tamara S TS Tamara S. Galloway, Akbar Tahir, Diana Campos, A Tahir - Toxics, undefined 2021, and Akbar Tahir. 2021. "Distribution and Seasonal Variation of Microplastics in Tallo River, Makassar, Eastern Indonesia." *Toxics* 2021, Vol. 9, Page 129 9(6): 129. doi:10.3390/TOXICS9060129.
- World Health Organization. 2019. زاهای نفتی انرژی شرکت ملی پخش فرآرده *Microplastics in Drinking-Water*.
- Wright, Stephanie L., and Frank J. Kelly. 2017. "Plastic and Human Health: A Micro Issue?" *Environmental Science and Technology* 51(12): 6634–47. doi:10.1021/acs.est.7b00423.
- Wu, Fengrun, Steven C. Pennings, Chunfu Tong, and Yutian Xu. 2020. "Variation in Microplastics Composition at Small Spatial and Temporal Scales in a Tidal Flat of the Yangtze Estuary, China." *Science of The Total Environment* 699: 134252. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.134252.
- Xu, Mingkai, Gulinare Halimu, Qianru Zhang, Yubo Song, Xuanhe Fu, Yongqiang Li, Yansheng Li, and Huiwen Zhang. 2019. "Internalization and Toxicity: A Preliminary Study of Effects of Nanoplastic Particles on Human Lung Epithelial Cell." *The Science of the total environment* 694. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2019.133794.
- Yong, Cheryl Qian Ying, Suresh Valiyaveetil, and Bor Luen Tang. 2020. "Toxicity of Microplastics and Nanoplastics in Mammalian Systems." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17(5): 1–24. doi:10.3390/ijerph17051509.
- Zhou, Xue jun, Jin Wang, Hong yan Li, Hui min Zhang, Hua-Jiang, and Dong Lei Zhang. 2021. "Microplastic Pollution of Bottled Water in China." *Journal of Water Process Engineering* 40: 101884. doi:10.1016/J.JWPE.2020.101884.
- Ziino, Graziella, Luca Nalbone, Filippo Giarratana, Beatrice Romano, Fabrizio Cincotta, and Antonio Panebianco. 2021. "Microplastics in Vacuum Packages of Frozen and Glazed Icefish (Neosalanx Spp.): A Freshwater Fish Intended for Human Consumption." *Italian Journal of Food Safety* 10(4): 59–65. doi:10.4081/ijfs.2021.9974.