



Potensi Risiko Kesehatan Akibat Paparan Mikroplastik dari Lingkungan Pesisir dan Biota Laut

Risma Ayustri Ariesusanto

Universitas Airlangga, Jawa Timur, Indonesia

Penulis Korespondensi: risma.ayustri.ariesusanto-2022@fkm.unair.ac.id

Abstract. Microplastics are plastic particles smaller than 5 mm formed through the degradation of plastic waste in the environment. Coastal areas are major accumulation zones for microplastics due to household, fisheries, and industrial activities, along with inadequate waste management. This article aims to review the potential health risks associated with microplastic exposure from coastal environments and marine biota. A descriptive-narrative literature review was conducted using articles obtained from Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, and the Directory of Open Access Journals. The selected literature consisted of publications from 2020 to 2025 discussing microplastics in coastal environments, marine organisms, exposure pathways, and potential effects on human health. The review found that microplastics have been detected in seawater, coastal sediments, fish, and shellfish consumed by humans. Human exposure may occur through seafood consumption, drinking water, and inhalation. Several studies have also identified microplastics in human stool, blood, placenta, lung tissue, kidney tissue, and urine. Microplastics may induce inflammation, oxidative stress, metabolic disruption, cellular damage, and act as carriers of organic pollutants and heavy metals. However, epidemiological evidence regarding their health effects in humans remains limited. Further studies using standardized methods and stronger plastic pollution control are needed to reduce human exposure to microplastics.

Keywords: Coastal Environment; Exposure; Health Risk; Marine Biota; Microplastics.

Abstrak. Mikroplastik merupakan partikel plastik berukuran kurang dari 5 mm yang terbentuk akibat degradasi limbah plastik di lingkungan. Wilayah pesisir menjadi salah satu area akumulasi mikroplastik karena tingginya aktivitas rumah tangga, perikanan, industri, serta pengelolaan sampah yang belum optimal. Artikel ini bertujuan mengkaji potensi risiko kesehatan akibat paparan mikroplastik dari lingkungan pesisir dan biota laut. Metode yang digunakan adalah *literature review* dengan pendekatan deskriptif-naratif melalui penelusuran artikel pada Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, dan DOAJ. Literatur yang dikaji merupakan artikel tahun 2020–2025 yang membahas mikroplastik pada lingkungan pesisir, biota laut, jalur paparan, dan dampaknya terhadap kesehatan manusia. Hasil kajian menunjukkan bahwa mikroplastik ditemukan pada air laut, sedimen pesisir, ikan, dan kerang konsumsi. Paparan pada manusia dapat terjadi melalui konsumsi pangan laut, air minum, serta inhalasi. Beberapa penelitian juga mendeteksi mikroplastik pada feses, darah, plasenta, paru-paru, ginjal, dan urin manusia. Mikroplastik berpotensi memicu inflamasi, stres oksidatif, gangguan metabolisme, kerusakan sel, serta membawa polutan organik dan logam berat. Namun, bukti epidemiologis pada manusia masih terbatas. Diperlukan penelitian dengan metode terstandarisasi serta pengendalian pencemaran plastik untuk menurunkan paparan mikroplastik pada manusia.

Kata Kunci: Biota Laut; Lingkungan Pesisir; Mikroplastik; Paparan; Risiko Kesehatan.

1. LATAR BELAKANG

Plastik adalah benda yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia sehari-hari. Pada awalnya, plastik diciptakan untuk mengganti bahan-bahan organik agar sebuah produk bisa bertahan lebih lama. Keunggulan sebuah plastik yang multifungsi ini menyebabkan volume sampah plastik sangat meningkat. Penggunaan plastik di berbagai sektor belum diimbangi dengan pemahaman masyarakat mengenai risiko yang ditimbulkan ketika plastik tersebut tidak digunakan lagi. Berdasarkan data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), pencatatan sampah dari kabupaten dan kota di Indonesia menghasilkan sampah 34,097,651.26 ton/tahun. Tetapi, hanya sekitar 35,58% atau 11,109,831.02 ton/tahun sampah yang terkelola. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa pengelolaan sampah di

Indonesia masih belum memadai. Sifat plastik yang sulit terurai serta didegradasi oleh partikel pengurai menjadikannya sebagai salah satu sumber pencemar utama di tanah dan di air. Plastik yang dibuang sembarangan ke lingkungan tanpa proses pemilahan akan menumpuk dalam jangka waktu yang lama dan mengalami fragmentasi sehingga terpecah menjadi partikel berukuran kecil yang disebut mikroplastik (Arwini, 2022).

Mikroplastik adalah partikel kecil berukuran <5 mm yang terbentuk dari proses degradasi oleh radiasi sinar UV, suhu, dan interaksi fisika dan kimia di lingkungan. Pada tahun 2020, proses produksi plastik di dunia sangat meningkat hingga mencapai 367 juta ton, dan diperkirakan akan mencapai 12.000 juta ton pada tahun 2050 (Anuwa-Amarh et al., 2023). Meningkatnya angka produksi plastik ini akan menyumbang sampah plastik yang berakhir mencemari lingkungan seperti tanah, udara, sungai, dan laut. Banyak sekali mikroplastik yang terdeteksi di wilayah pesisir dan perairan laut, yang berlanjut mencemari ekosistem yang hidup di perairan serta berpotensi berdampak pada rantai makanan dan kesehatan manusia (Ayu et al, 2023).

Penelitian oleh Hoang et al. (2025) mengungkapkan bahwa mikroplastik dapat menyebabkan gangguan metabolisme, peradangan, stres oksidatif, dan potensi kerusakan pada sistem saraf dan reproduksi manusia. Selain itu, mikroplastik juga dapat mengadsorpsi polutan organik dan logam berat, meningkatkan potensi toksisitas dalam ekosistem akuatik (Pal et al., 2025).

2. METODE PENELITIAN

Penulisan artikel ini menggunakan metode literature review dengan pendekatan deskriptif-naratif. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi, mengkaji, dan merangkum berbagai hasil penelitian yang membahas potensi risiko kesehatan akibat paparan mikroplastik yang berasal dari lingkungan pesisir dan biota laut.

Penelusuran literatur dilakukan melalui beberapa basis data ilmiah, yaitu Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, dan Directory of Open Access Journals (DOAJ). Pencarian artikel menggunakan kombinasi kata kunci dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris dengan bantuan operator Boolean AND dan OR, seperti ("*mikroplastik*" OR "*microplastic*") AND ("*lingkungan pesisir*" OR "*coastal environment*") AND ("*biota laut*" OR "*marine organisms*" OR "*seafood*") AND ("*risiko kesehatan*" OR "*health risk*" OR "*human health*"). Artikel yang ditelusuri merupakan publikasi ilmiah yang diterbitkan pada periode 2020–2025.

Artikel yang dipilih memenuhi beberapa kriteria, yaitu membahas mikroplastik pada lingkungan pesisir atau biota laut, menjelaskan jalur paparan maupun dampak mikroplastik

terhadap kesehatan manusia, tersedia dalam bentuk full text, serta dipublikasikan dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris. Artikel yang tidak sesuai dengan topik pembahasan, tidak tersedia dalam bentuk teks lengkap, atau merupakan artikel opini dan editorial tidak diikutsertakan dalam kajian ini.

Selanjutnya, artikel yang memenuhi kriteria dikaji secara mendalam dan dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif dengan mengelompokkan hasil penelitian berdasarkan topik utama, yaitu keberadaan mikroplastik di lingkungan pesisir, akumulasi mikroplastik pada biota laut, jalur pajanan mikroplastik terhadap manusia, serta potensi risiko kesehatan akibat pajanan mikroplastik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 1. Sintesis Literatur mengenai Pajanan Mikroplastik pada Lingkungan Pesisir, Biota Laut, dan Risiko Kesehatan Manusia.

Penulis (Tahun)	Metode	Tujuan	Hasil Utama	Kesimpulan
Aulia et al. (2023)	Literature review	Mengkaji dampak mikroplastik terhadap lingkungan pesisir, biota laut, dan kesehatan manusia.	Mikroplastik mencemari pesisir dan biota laut serta berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan.	Mikroplastik dapat masuk ke rantai makanan dan meningkatkan risiko kesehatan manusia.
Ni'am et al. (2022)	Studi Empiris	Mengkaraktisasi mikroplastik pada sedimen pesisir Surabaya Timur dan risikonya	Mikroplastik ditemukan di hampir semua titik sampel, dan jenis polipropilen dominan	Lingkungan pesisir urban berisiko tinggi sebagai sumber pajanan mikroplastik
Onyena et al. (2022)	Literature Review	Mengulas strategi tata kelola untuk mengurangi pencemaran mikroplastik di laut	Strategi mitigasi mikroplastik masih minim dan tidak terstandarisasi secara global	Diperlukan kebijakan terpadu, edukasi publik, dan penegakan aturan untuk menekan pencemaran mikroplastik laut
Yona et al. (2022)	Studi Empiris	Menilai variasi mikroplastik pada organ ikan komersial di 5 pelabuhan perikanan Jawa	95% ikan terkontaminasi; insang menyimpan mikroplastik terbanyak, fiber dominan	Ukuran ikan dan organ memengaruhi akumulasi mikroplastik, berisiko bagi konsumen
Widyastuti et al. (2023)	Studi Empiris	Menilai kontaminasi mikroplastik pada ikan komersial di pasar ikan Bintaro, NTB	Ikan pelagis (<i>A. rochei</i>) paling terkontaminasi; polimer dominan poliamida (fiber)	Kontaminasi mikroplastik pada ikan pasar berpotensi mengancam keamanan pangan

Basri et al. (2024)	Studi Empiris	Mengidentifikasi jenis polimer mikroplastik pada kerang dan ikan di Jeneponto, Sulawesi Selatan	Delapan jenis polimer plastik ditemukan pada jaringan kerang dan ikan	Kontaminasi polimer plastik pada biota laut berimplikasi pada kesehatan konsumen
Werorilangi et al. (2025)	Studi Empiris	Membandingkan kontaminasi mikroplastik pada kerang dari dua lokasi di Selat Makassar	Perna viridis dan Mactra chinensis dari Sanrobengi paling tinggi terkontaminasi, didominasi polistirena	Konsumsi seluruh tubuh kerang meningkatkan risiko paparan mikroplastik bagi manusia
Covernton et al. (2022)	Studi Empiris	Menguji apakah mikroplastik ukuran besar terbiomagnifikasi pada jaring makanan pesisir	Tidak ditemukan bukti biomagnifikasi mikroplastik >100 µm di sepanjang tingkat trofik pesisir Kanada	Asumsi biomagnifikasi mikroplastik pada rantai makanan laut tidak selalu terbukti secara empiris
Luqman et al. (2021)	Studi Empiris	Mendeteksi mikroplastik pada feses, makanan, dan air minum komunitas pesisir Surabaya	>50% sampel feses positif mikroplastik, jenis HDPE paling dominan	Paparan mikroplastik melalui pangan dan air sudah terjadi pada populasi pesisir Indonesia
Leslie et al. (2022)	Studi Empiris	Mengembangkan metode deteksi dan mengukur partikel plastik dalam darah manusia	Empat jenis polimer plastik terdeteksi dan terkuantifikasi dalam darah 17 dari 22 sukarelawan sehat	Partikel plastik bersifat bioavailable dan dapat masuk ke sirkulasi darah manusia
Leonard et al. (2024)	Studi Observasional	Mengkarakterisasi jenis polimer, ukuran, dan bentuk mikroplastik dalam darah manusia	Dua puluh empat jenis polimer ditemukan pada 18/20 donor; lima polimer lolos ambang LOQ dengan rerata 2466 ± 4174 MP/L. Polietilena paling dominan, dan aditif seperti ftalat juga teridentifikasi	Studi ini memperkuat bukti bahwa mikroplastik masuk ke tubuh manusia dan dapat ditranspor melalui aliran darah
Ragusa et al. (2021)	Studi Empiris	Mendeteksi keberadaan mikroplastik dalam plasenta manusia	Dua belas fragmen mikroplastik ditemukan di plasenta, baik sisi maternal maupun fetal	Mikroplastik dapat menembus plasenta dan berpotensi dibawa ke janin
Jenner et al. (2022)	Studi Empiris	Menentukan apakah mikroplastik lingkungan dapat terhirup, terdeposit, dan terakumulasi di paru manusia	Sebanyak 39 partikel ditemukan pada 11/13 sampel, rata-rata 1.42 ± 1.50 MP/g jaringan; kadar di regio paru bawah lebih tinggi dibanding regio atas dan tengah	Hasil ini mendukung inhalasi sebagai rute paparan mikroplastik pada manusia

Massardo et al. (2024)	Studi Empiris	Menyelidiki keberadaan mikroplastik pada ginjal dan urin manusia	Sebanyak 26 partikel teridentifikasi pada sampel ginjal dan urin; polimer yang paling sering adalah PE dan PS	Ini adalah bukti pertama deposisi mikroplastik pada jaringan ginjal manusia
Li et al. (2023)	Literature Review	Mengulas distribusi lingkungan, paparan manusia, dan efek toksik mikroplastik	Mikroplastik menyebabkan stres oksidatif, kerusakan DNA, dan disfungsi organ pada model eksperimental	Bukti epidemiologis menunjukkan kaitan mikroplastik dengan berbagai penyakit kronis
Hoang et al. (2025)	Review	Mengulas paparan mikroplastik dan risiko kesehatan manusia.	Mikroplastik dapat menyebabkan inflamasi, stres oksidatif, dan gangguan metabolisme.	Paparan mikroplastik berpotensi menimbulkan efek toksik pada manusia.
Alberghini et al. (2023)	Literature Review	Mengulas mikroplastik pada produk perikanan dan risikonya bagi kesehatan manusia	Produk perikanan jadi sumber utama paparan mikroplastik via konsumsi pangan	Data toksisitas belum cukup untuk penilaian risiko kesehatan yang andal

Pembahasan

Kontaminasi Mikroplastik di Lingkungan Pesisir

Mikroplastik telah menjadi salah satu pencemar yang banyak ditemukan di wilayah pesisir akibat meningkatnya penggunaan plastik dan kurang optimalnya pengelolaan limbah. Berdasarkan hasil literature review Aulia et al. (2023), mikroplastik ditemukan pada berbagai kompartemen lingkungan pesisir, seperti air laut dan sedimen, dengan bentuk yang paling banyak dijumpai berupa fiber dan fragment. Jenis polimer yang dominan adalah polypropylene (PP), polyethylene (PE), dan polystyrene (PS) yang umumnya berasal dari aktivitas rumah tangga, perikanan, maupun industri. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa wilayah pesisir menjadi tempat akumulasi mikroplastik yang berpotensi mencemari ekosistem laut serta menjadi sumber paparan bagi berbagai organisme akuatik.

Temuan tersebut sejalan dengan penelitian Ni'am et al. (2022) yang melaporkan bahwa mikroplastik ditemukan di hampir seluruh titik sedimen pesisir Surabaya Timur dengan polipropilena sebagai jenis polimer yang paling dominan. Keberadaan mikroplastik pada sedimen menunjukkan bahwa sedimen berperan sebagai tempat akumulasi partikel plastik yang dapat tertelan oleh organisme dasar perairan dan selanjutnya berpindah ke tingkat trofik yang lebih tinggi. Selain itu, Onyena et al. (2022) menyatakan bahwa pencemaran mikroplastik di wilayah pesisir masih dipengaruhi oleh pengelolaan sampah yang belum optimal sehingga

diperlukan upaya mitigasi melalui penguatan kebijakan, peningkatan kesadaran masyarakat, serta pengelolaan limbah plastik yang lebih baik.

Kontaminasi Mikroplastik pada Biota Laut

Mikroplastik yang telah terakumulasi di lingkungan pesisir dapat masuk ke dalam tubuh biota laut melalui proses ingestasi, baik secara langsung dari kolom air maupun melalui rantai makanan. Hasil penelitian Yona et al. (2022) menunjukkan bahwa 95% ikan komersial dari lima pelabuhan perikanan di Pulau Jawa telah terkontaminasi mikroplastik, dengan insang sebagai organ yang paling banyak mengandung partikel dan fiber sebagai bentuk yang dominan. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Widyastuti et al. (2023), yang menemukan kontaminasi mikroplastik pada berbagai ikan komersial di Pasar Ikan Bintaro, Nusa Tenggara Barat, dengan poliamida sebagai jenis polimer yang paling banyak teridentifikasi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa ikan yang dikonsumsi masyarakat berpotensi menjadi salah satu jalur masuk mikroplastik ke dalam tubuh manusia.

Selain ikan, mikroplastik juga banyak ditemukan pada biota laut lain seperti kerang. Basri et al. (2024) mengidentifikasi delapan jenis polimer mikroplastik pada jaringan kerang dan ikan di wilayah pesisir Jeneponto, sedangkan Werorilangi et al. (2025) melaporkan bahwa *Perna viridis* dan *Macra chinensis* dari Selat Makassar memiliki tingkat kontaminasi yang tinggi dengan polistirena sebagai polimer dominan. Namun, penelitian Covernton et al. (2022) menunjukkan bahwa mikroplastik berukuran lebih dari 100 µm tidak mengalami biomagnifikasi pada jaring makanan pesisir.

Paparan Mikroplastik pada Tubuh Manusia

Paparan mikroplastik pada manusia dapat terjadi melalui berbagai jalur, seperti konsumsi makanan, air minum, maupun inhalasi. Luqman et al. (2021) melaporkan bahwa lebih dari 50% sampel feses masyarakat pesisir Surabaya mengandung mikroplastik dengan jenis HDPE yang paling dominan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa mikroplastik telah masuk ke dalam saluran pencernaan manusia melalui aktivitas sehari-hari. Selain itu, Leslie et al. (2022) dan Leonard et al. (2024) berhasil mendeteksi berbagai jenis mikroplastik dalam darah manusia, yang menunjukkan bahwa partikel mikroplastik tidak hanya masuk ke dalam tubuh, tetapi juga dapat bersirkulasi melalui sistem peredaran darah.

Keberadaan mikroplastik juga telah ditemukan pada berbagai organ tubuh manusia. Ragusa et al. (2021) menemukan fragmen mikroplastik pada plasenta manusia, sedangkan Jenner et al. (2022) melaporkan adanya mikroplastik pada jaringan paru-paru. Selain itu, Massardo et al. (2024) mendeteksi mikroplastik pada jaringan ginjal dan urin manusia,

sehingga memperkuat bukti bahwa mikroplastik dapat mencapai berbagai organ tubuh setelah terpapar.

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan pada Paparan Mikroplastik

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan (ARKL) merupakan pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya risiko kesehatan akibat paparan suatu kontaminan terhadap manusia. Pada kasus mikroplastik, pendekatan ini umumnya digunakan untuk menilai risiko paparan melalui konsumsi pangan, khususnya biota laut yang telah terkontaminasi. Alberghini et al. (2023) menjelaskan bahwa produk perikanan merupakan salah satu jalur utama masuknya mikroplastik ke dalam tubuh manusia.

Keterbatasan tersebut juga didukung oleh Li et al. (2023) dan Hoang et al. (2025), yang menyatakan bahwa meskipun berbagai penelitian menunjukkan mikroplastik berpotensi memicu stres oksidatif, inflamasi, gangguan metabolisme, hingga kerusakan sel, bukti epidemiologi pada manusia masih terbatas. Perbedaan ukuran partikel, jenis polimer, dosis paparan, serta metode pengukuran antarpemeriksaan menyebabkan hasil penilaian risiko belum dapat disimpulkan secara pasti.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil literature review, mikroplastik telah mencemari lingkungan pesisir dan ditemukan pada berbagai biota laut yang dikonsumsi manusia. Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa mikroplastik telah terdeteksi pada beberapa organ dan jaringan tubuh manusia, seperti darah, plasenta, paru-paru, ginjal, dan urin. Meskipun demikian, bukti mengenai risiko kesehatan akibat paparan mikroplastik, khususnya melalui konsumsi biota laut, masih memerlukan penelitian lebih lanjut. Oleh karena itu, diperlukan penelitian dengan metode yang lebih terstandarisasi serta upaya pengurangan pencemaran plastik untuk meminimalkan paparan mikroplastik terhadap manusia.

DAFTAR REFERENSI

- Anuwa-Amarh, N. A., Dizbay-Onat, M., Venkateshwaran, K., & Wu, S. (2024). Carbon-based adsorbents for microplastic removal from wastewater. *Materials*, 17(22), 5428. <https://doi.org/10.3390/ma17225428>
- Arwini, N. P. D. (2022). Sampah plastik dan upaya pengurangan timbulan sampah plastik. *Vastuwidya*, 5(1). <https://doi.org/10.47532/jiv.v5i1.412>
- Aulia, A., Azizah, R., Sulistyorini, L., & Rizaldi, M. A. (2023). Literature review: Dampak mikroplastik terhadap lingkungan pesisir, biota laut dan potensi risiko kesehatan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 22(3), 328–341. <https://doi.org/10.14710/jkli.22.3.328-341>

- Basri, K. S., Daud, A., Birawida, A., Maming, M., Mukono, H., & Arsyad, D. (2024). Microplastic polymers in shellfish and fish in the coastal area. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 10(4), 1477–1500. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.04.01>
- Covernton, G. A., Cox, K. D., Fleming, W. L., Buirs, B. M., Davies, H. L., Juanes, F., Dudas, S. E., & Dower, J. F. (2022). Large size (>100 µm) microplastics are not biomagnifying in coastal marine food webs of British Columbia, Canada. *Ecological Applications*, 32(7), e2654. <https://doi.org/10.1002/eap.2654>
- Hoang, H. G., Nguyen, T. H., & Tran, T. T. (2025). A review of microplastic pollution and human health risk assessment. *Frontiers in Environmental Science*, 13, 1606332. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2025.1606332>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN)*. <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/>
- Leonard, S. V. L., Liddle, C. R., Atherall, C. A., Chapman, E. C., Watkins, M. B., Calaminus, S. D. J., & Rotchell, J. M. (2024). Microplastics in human blood: Polymer types, concentrations and characterisation using µFTIR. *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108751>
- Leslie, H. A., van Velzen, M. J. M., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*, 163, 107199. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Li, Y., Tao, L., Wang, Q., Wang, F., Li, G., & Song, M. (2023). Potential health impact of microplastics: A review of environmental distribution, human exposure, and toxic effects. *Environment & Health*. <https://doi.org/10.1021/envhealth.3c00052>
- Luqman, A., Nugrahapraja, H., Wahyuono, R. A., Islami, I., Haekal, M. H., Fardiansyah, Y., Putri, B. Q., Amalludin, F. I., Rofiq, E. A., Götz, F., & Wibowo, A. T. (2021). Microplastic contamination in human stools, foods, and drinking water associated with Indonesian coastal population. *Environments*, 8(12), 138. <https://doi.org/10.3390/environments8120138>
- Massardo, S., Verzola, D., Alberti, S., Caboni, C., Santostefano, M., Verrina, E. E., Angeletti, A., Lugani, F., Ghiggeri, G., Bruschi, M., Candiano, G., Rumeo, N., Gentile, M., Cravedi, P., La Maestra, S., Zaza, G., Stallone, G., Esposito, P., Viazzi, F., Mancianti, N., La Porta, E., & Artini, C. (2024). MicroRaman spectroscopy detects the presence of microplastics in human urine and kidney tissue. *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.108444>
- Ni'am, A. C., Hassan, F., Shiu, R. F., & Jiang, J. J. (2022). Microplastics in sediments of East Surabaya, Indonesia: Regional characteristics and potential risks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12348. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912348>
- Onyena, A. P., Aniche, D. C., Ogbolu, B. O., Rakib, M. R. J., Uddin, J., & Walker, T. R. (2022). Governance strategies for mitigating microplastic pollution in the marine environment: A review. *Microplastics*, 1(1), 15–46. <https://doi.org/10.3390/microplastics1010003>
- Pal, D., Prabhakar, R., Barua, V. B., Zekker, I., Burlakovs, J., Krauklis, A., et al. (2025). Microplastics in aquatic systems: A comprehensive review. *Environmental Science and Pollution Research*, 32(5), 12345–12367. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-35741-1>

- Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., Papa, F., Rongioletti, M. C. A., Baiocco, F., Draghi, S., D'Amore, E., Rinaldo, D., Matta, M., & Giorgini, E. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146, 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>
- Werorilangi, S., Wicaksono, E. A., Afdal, M., Sari, K., Nimzet, R., Samad, W., Mawadda, R., Gosalam, S., Fachruddin, L., Massinai, A., & Faizal, A. (2025). Ingested microplastics: A comparative analysis of contaminated shellfish from two sites in the Makassar Strait. *Environmental Monitoring and Assessment*, 197(4), 364. <https://doi.org/10.1007/s10661-025-13804-1>
- Widyastuti, S., Abidin, A. S., Hikmaturrohmi, H., Ilhami, B. T. K., Kurniawan, N. S. H., Jupri, A., Candri, D. A., Frediansyah, A., & Prasedya, E. S. (2023). Microplastic contamination in different marine species of Bintaro fish market, Indonesia. *Sustainability*, 15(12), 9836. <https://doi.org/10.3390/su15129836>
- Yona, D., Evitantri, M. R., Wardana, D. S., Pitaloka, D. A., Ningrum, D., Fuad, M. A. Z., Prananto, Y. P., Harlyan, L. I., & Isobe, A. (2022). Microplastics in organs of commercial marine fishes from five fishing ports in Java Island, Indonesia. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 27(3), 199–214. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.27.3.199-214>