Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 13 Nomor 1 Bulan Maret Tahun 2024
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v13i1.3888

PAPARAN MIKROPLASTIK DAN POTENSI RISIKO KESEHATAN PENCERNAAN

Kadek Yuniari Suryatini[a,*], I Gusti Ayu Rai[b], I Gusti Agung Gede Wiadnyana[c], Anak Agung Istri Mirah Dharmadewi[d]

[a,b,c,d] Universitas PGRI Mahadewa Indonesia, Denpasar, Indonesia
*email: yuniarisuryatini@gmail.com

Abstrak. Penemuan plastik telah membawa kemudahan bagi peradaban manusia karena plastik mempunyai daya tahan, fleksibilitas, dan biaya produksi yang rendah. Keberadaan plastik di lingkungan berasal dari kegiatan rumah tangga, industri, perdagangan, dan tempat umum. Hal tersebut akan berdampak dalam peningkatan sampah plastik. Proses dekomposisi plastik berlangsung sangat lambat sehingga diperlukan waktu ratusan tahun agar terdegradasi menjadi mikroplastik melalui berbagai proses fisik, kimiawi maupun biologis. Mikroplastik mempunyai ukuran kecil (<5 mm) dan memiliki berat 0,1-8,8 mg. Kekhawatiran tentang terjadinya distribusi dan toksikologi mikroplastik kini menjadi fokus perhatian publik di seluruh dunia. Saluran pencernaan diduga merupakan jalur utama masuknya mikroplastik ke dalam tubuh manusia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi risiko kesehatan pencernaan dengan adanya paparan mikroplastik. Penelitian ini menggunakan metode studi kepustakaan (*library research)* dan data dianalisis secara deskriptif sehingga akan diperoleh gambaran atau penjelasan dari topik yang diteliti. Berdasarkan hasil penelitian diketahui paparan mikroplastik secara terus-menerus pada manusia menimbulkan potensi risiko kesehatan pencernaan. Potensi tersebut telah dikaitkan dengan efek kesehatan pencernaan manusia seperti kerusakan saluran pencernaan, peradangan usus, dan dampak merugikan mikrobiota usus manusia. Efek tersebut masih dalam tahap penelitian tetapi bukti awal menunjukkan adanya potensi risiko kesehatan yang signifikan.

Kata Kunci : mikroplastik, potensi risiko kesehatan, pencernaan

PENDAHULUAN

Penemuan plastik membawa keuntungan besar dan kemudahan bagi peradaban manusia karena daya tahan, fleksibilitas, dan biaya produksi yang rendah. Plastik digunakan pada hampir semua aspek kehidupan manusia sehingga permintaan dan produksi plastik meningkat pesat (Prokic *et al*., 2019). Hal tersebut akan berdampak dalam peningkatan sampah plastik (Chaerul *et al*., 2007). Keberadaan plastik di lingkungan didapatkan dari kegiatan rumah tangga, industri, tempat umum, dan perdagangan (Browne *et al*., 2011). Sampah plastik yang terpendam dalam tanah bertahun-tahun akan terurai menjadi mikroplastik yang akan terserap ke dalam unsur-unsur tanah dan akhirnya mencemari kehidupan dalam tanah. Polusi udara juga mengandung mikroplastik berukuran 10-25 µm (Ummah *et al*., 2023). Mikroplastik memiliki potensi mengancam lebih serius dibandingkan dengan material plastik yang berukuran besar (Hidalgo-Ruz *et al*., 2012). Berdasarkan

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 13 Nomor 1 Bulan Maret Tahun 2024
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v13i1.3888

penelitian terkini, mikroplastik ditemukan dalam bahan makanan seperti ikan, kerang, udang, ayam, makanan kaleng bahkan gula dan garam. Air minum kemasan botol plastik juga terbukti mengandung mikroplastik, bahkan masker daur ulang yang sejak masa pandemi Covid-19 wajib dipakai terbukti menjadi salah satu sumber paparan mikroplastik (*British Geological Survey*, 2022).

Para peneliti dari *Ocean Conservacy* dan Universitas Toronto belum lama ini telah menemukan hampir 90% dari protein yang dikonsumsi manusia yang bersumber dari daging ayam, daging sapi, makanan laut, daging babi, tahu, dan tiga alternatif makanan nabati mengandung mikroplastik (Dana Mitra Lingkungan, 2024). Kontaminasi mikroplastik dapat memasuki rantai makanan yang termakan oleh hewan laut seperti ikan, bivalvia, dan akhirnya dikonsumsi manusia (Abdli *et al*., 2017). Menurut Caruso (2019), mikroplastik memiliki potensi dalam mengkontaminasi karena partikel mikroplastik dapat mengalami biomagnifikasi dimana pada rantai makanan terjadi transfer polutan. Biomagnifikasi mikroplastik terdapat pada ikan dan kerang yang hidup pada lingkungan perairan yang terkontaminasi. Aulia *et al*. (2023) melaporkan bahwa konsumsi ikan yang tinggi di berbagai negara dapat menyebabkan kontaminasi mikroplastik pada manusia. Hasil penelitian tersebut memperkirakan asupan mikroplastik berkisar antara 112-842 mikroplastik/gram/tahun. Nilai tersebut berbeda untuk setiap negara dimana negara-negara dengan konsumsi ikan tinggi menunjukkan paparan mikroplastik yang tinggi yaitu 3078 mikroplastik/tahun/kapita.

Paparan mikroplastik cenderung lebih tinggi pada anak-anak dibandingkan orang dewasa. Sumber paparan mikroplastik pada anak-anak antara lain: susu kemasan yang mengandung *pristine microplastics*, mainan plastik, *playground* yang terbuat dari plastik, botol susu plastik, dan bahan-bahan makanan (Path S & Path P, 2020). Kekhawatiran tentang terjadinya distribusi dan toksikologi mikroplastik kini menjadi fokus perhatian publik di seluruh dunia (Budiarti, 2021). Mikroplastik menjadi vektor senyawa *Persistent Organic Pollutans* (POPs) dan mengadsorpsi logam berat (Abbasi *et al*., 2017). Hal tersebut menimbulkan efek toksik ganda (Meiwinda *et al*., 2023). Efek mikroplastik pada kesehatan manusia sedang aktif diteliti oleh para ilmuwan di seluruh dunia. Peran sampah plastik dalam menimbulkan dampak terhadap kesehatan masih belum diketahui dengan jelas dan juga mekanisme bagaimana bahan kimia dari plastik dapat berdampak pada manusia dan hewan belum diketahui (*European Commision*, 2011). Berdasarkan hal-hal tersebut sangat penting untuk mengkaji potensi risiko kesehatan pencernaan dengan adanya paparan mikroplastik.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi kepustakaan (*library research)* dan data dianalisis secara deskriptif. Menurut Nazir (2003), studi kepustakaan merupakan teknik pengumpulan data dengan melakukan penelahaan terhadap buku, literatur, catatan, serta berbagai laporan yang berkaitan dengan masalah yang ingin dipecahkan.

Dalam penelitian deskriptif, peneliti mendapatkan gambaran atau penjelasan dari topik penelitian. Peneliti akan melakukan pencarian literatur yang relevan dengan menggunakan basis data akademis, berbagai jurnal ilmiah, buku-buku, dan sumber-sumber terpercaya lainnya. Sumber-sumber literatur yang relevan dipilih untuk disertakan dalam analisis.

PEMBAHASAN

Karakteristik dan Sumber Paparan Mikroplastik

Menurut *Waste Management Information*, plastik merupakan bahan organik yang mempunyai kemampuan untuk dibentuk ke berbagai bentuk, apabila terpapar panas dan

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains P-ISSN 2302-2124
Volume 13 Nomor 1 Bulan Maret Tahun 2024 E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v13i1.3888

tekanan. Komposisi dan material plastik adalah polimer dan zat *additives* lainnya (Purwaningrum, 2016). Mikroplastik terbuat dari berbagai polimer seperti PE (*polyethylene*), PP (*polypropylene*), PS (*polystyrene*), PVC (*polyvinyl chloride*), dan PET (*polyethylene terephthalate* (Hidalgo-Ruz *et al*., 2012). Plastik merupakan zat *additives* sehingga plastik memiliki sifat kuat, ringan, serta tahan lama sehingga sifatnya tersebut menjadikan plastik sulit terurai di lingkungan baik di darat maupun perairan (Law & Thompson, 2014). Proses dekomposisi plastik berlangsung sangat lambat diperlukan waktu hingga ratusan tahun agar terdegradasi menjadi mikroplastik melalui berbagai proses fisik, kimiawi maupun biologis (Galgani, 2015). Mikroplastik mempunyai ukuran kecil (< 5 mm) (Andrady, 2011) dan memiliki berat 0,1-8,8 mg (Septian *et al*., 2018). Mikroplastik dikategorikan menjadi beberapa jenis berdasarkan bentuknya seperti *fiber, fragment, film, foam, pellet,* dan lainnya (Zhang *et al*., 2017). Mikroplastik jenis *fiber* mempunyai ciri menyerupai serabut ataupun seperti jaring nelayan. Mikroplastik jenis *fiber* digunakan sebagai bahan dasar pembuatan pakaian, serat pakaian, jaring nelayan, maupun peralatan rumah tangga. Mikroplastik jenis *film* berbentuk menyerupai lembaran atau pecahan plastik dan digunakan dalam pembuatan kantong kresek ataupun plastik kemasan. Mikroplastik jenis *fragment* mempunyai ciri berupa pecahan yang dihasilkan dari sampah seperti botol, toples, map mika serta potongan kecil pipa pralon. Mikroplastik jenis *foam* mempunyai ciri warna putih dengan tekstur yang kenyal dan secara umum bersumber dari produk sekali pakai seperti *styrofoam*. Mikroplastik jenis *pellet* berbentuk silindris dengan warna putih (Ambarsari & Anggiani, 2022).

Mikroplastik dapat dibedakan menjadi mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik primer berasal dari partikel mikro seperti bahan mentah plastik perindustrian dan *microbread* pada *scrub* kosmetik, sedangkan mikroplastik sekunder berasal dari sampah plastik yang tidak tertangani dengan baik yang langsung dibuang begitu saja ke badan lingkungan kemudian berfragmentasi menjadi partikel-partikel kecil akibat proses degradasi (Rachmat *et al*., 2019). Mikroplastik perlu menjadi perhatian karena berdampak besar terhadap lingkungan dan makhluk hidup (Prokic *et al*., 2019). Mikroplastik merupakan salah satu bahan ataupun limbah yang berbahaya (Sianturi *et al*., 2021). Mikroplastik sangat tahan terhadap biodegradasi (Yoshida *et al*., 2016) dan dapat menyerap bahan kimia yang beracun seperti PBTs (*Persistent, Bioaccumulative, and Toxic Substances*) dan POPs (*Persistent Organic Pollutant*) (Barnes *et al*., 2009). Transfer mikroplastik dari lingkungan ke dalam tubuh manusia dapat terjadi secara primer (langsung dari lingkungan ke dalam tubuh manusia dalam bentuk inorganik) dan secara sekunder (masuk melalui rantai makanan dengan cara mengkonsumsi organisme yang tercemar mikroplastik). Transfer primer terjadi melalui sistem pencernaan (digesti) dan pernapasan (inhalasi), sedangkan transfer sekunder biasanya terjadi melalui digesti.

Mikroplastik telah diketahui sebagai kontaminan rantai makanan (Supit *et al*., 2022). Mikroplastik mempunyai ukuran yang sangat kecil sehingga dapat dengan mudah ditelan oleh biota laut dan berpotensi memberikan dampak negatif jika terakumulasi didalam tubuh manusia atau biota lainnya melalui rantai makanan (Eriksen *et al*., 2013). Pernyataan tersebut didukung oleh Mardiyana (2020) yang menyebutkan bahwa peluang terjadinya transfer mikroplastik melalui rantai makanan sangat besar bahkan masuk ke tubuh manusia melalui rantai makanan atau jaring makanan. Pratiwi *et al*. (2023) melaporkan adanya kontaminasi mikroplastik pada kerang konsumsi (kerang darah, kerang kepah, dan kerang lokan) yang berasal dari perairan Pulau Bangka. Kontaminasi mikroplastik pada kerang konsumsi tersebut dapat mempengaruhi fisiologi kerang sampai dengan membahayakan manusia sebagai konsumennya. Tuhumury & Ritonga (2020) menyebutkan bahwa kandungan kimia plastik

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains P-ISSN 2302-2124
Volume 13 Nomor 1 Bulan Maret Tahun 2024 E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v13i1.3888

akan terserap ke tubuh biota perairan sehingga jika dikonsumsi manusia akan terjadi transfer toksik.

Efek Kesehatan Pencernaan dari Paparan Mikroplastik

Mikroplastik merupakan konsekuensi jaman "*plasticene*" (Ding *et al*., 2021). Penelitian terkini menyebutkan bahwa mikroplastik sejauh ini memiliki potensi yang membahayakan kesehatan manusia. Meskipun tidak berefek secara langsung terhadap tubuh namun jika terjadi paparan berulang maka berefek pada kesehatan (Budiarti, 2021). Berdasarkan studi, ditemukan sebanyak 0,44 mikroplastik/gram gula; 0,11 mikroplastik/gram garam; 0,03 mikroplastik/liter alkohol; dan sebanyak 0,09 mikroplastik dalam botol 600 ml air minum. Manusia diperkirakan mengkonsumsi 80 partikel mikroplastik perhari melalui buah dan sayur yang terkontaminasi (Campanale *et al*., 2020). Mikroplastik mempunyai ukuran yang sangat kecil sehingga dapat ditelan oleh berbagai hewan akuatik. Pada akhirnya akan terjadi penumpukan biomassa dan manusia sebagai konsumen akhir akan terpapar mikroplastik secara sekunder (Smith *et al*., 2018). Mulyadi (2019) melaporkan bahwa mikroplastik sudah mencemari rantai makanan manusia sehingga tidak mengherankan mikroplastik telah ditemukan pada feses yaitu 20 serpihan/10 gram feses. Budiarti (2021) juga telah mengidentifikasi mikroplastik pada feses manusia. Berdasarkan hasil penelitian mikroplastik pada 10 gram sampel feses yang dikumpulkan dari 102 sukarelawan ternyata mengandung mikroplastik. Liebmann *et al*. (2018) mengumpulkan spesimen feses manusia dari 8 negara di Eropa dan Asia, menemukan kandungan mikroplastik positif pada semua sampel. Sampel terbanyak mengandung PP (*polypropylene*) dan PET (*polyethylene terephthalate*). Namun hasil tersebut tidak dapat menjelaskan mekanisme ekskresi mikroplastik secara menyeluruh karena kandungan mikroplastik di feses dapat berupa mikroplastik yang tidak terabsorpsi, sempat memasuki enterosit lalu terlepas kedalam lumen atau sempat beredar secara sistemik lalu diekskresikan melalui sistem hepatobilier.

Menurut Prata (2018), paparan mikroplastik ke dalam tubuh manusia dimungkinkan terjadi dari tiga jalur mekanisme yaitu saluran pencernaan, saluran pernapasan, dan paparan kulit. Saluran pencernaan diduga merupakan jalur utama masuknya mikroplastik ke dalam tubuh manusia. Pada ukuran mikroplastik >130 µm biasanya akan terserap secara mekanis melalui celah pada lapisan tunggal epitel di ujung vili saluran pencernaan. Apabila memungkinkan bisa juga masuk ke dalam sistem peredaran darah melalui pembuluh limfatik. Hal tersebut dipengaruhi oleh fleksibilitas partikel yang masuk ke dalam lapisan dan tingkat aktivitas motorik pada saluran pencernaan. Mikroplastik yang diangkut oleh sel dendritik dan memecahnya ke pembuluh limfatik dan vena akan terdistribusi ke jaringan sekunder termasuk hati, otot, dan otak yang bisa mengakibatkan penumpukan di daerah tersebut bahkan bisa mengganggu proses metabolisme. Selain itu dapat menimbulkan peradangan pada saluran pencernaan. Mikroplastik yang berukuran <10 µm, umumnya terserap melalui *Peyer's patch* pada ileum yang mana dianggap sebagai jalur utama serapan dan mengalami translokasi. Daerah ini memiliki lapisan epitel sel M yang memiliki lekukan mikro pada permukaan luminal dan enterositnya. Di bawah lapisan tersebut terdapat lapisan subepitel yang memiliki rongga yang mengandung limfosit dan atau makrofag. Sampel sel M mampu mengangkut partikel mikroplastik dari lumen usus ke jaringan limfoid mukosa. Paparan yang terjadi berulang-ulang menyebabkan inflamasi pada saluran pencernaan hingga mampu mengganggu homeostasis imun.

Anak-anak sebagai individu yang lebih banyak terpapar mikroplastik ditemukan lebih rentan terhadap paparan mikroplastik. Gejala yang dapat timbul pada anak yaitu reaksi alergi,

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 13 Nomor 1 Bulan Maret Tahun 2024
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v13i1.3888

gangguan saluran napas, gangguan saluran pencernaan, gangguan hormonal seperti obesitas, diabetes, dan tiroid bahkan dapat menyebabkan penyakit kardiovaskular (De-La-Torre, 2020). Hollman *et al*. (2013) menyatakan bahaya yang ditimbulkan pada manusia bila mikroplastik berada di dalam lumen maka dapat berinteraksi dengan darah melalui proses adsorpsi dan akan mengisi protein dan glikoprotein. Hal tersebut dapat mempengaruhi sistem kekebalan tubuh dan pembengkakan usus. Ukuran mikroplastik yang sangat kecil juga memungkinkan terjadinya transportasi ke jaringan organ lain. Wright *et al*. (2013) menyatakan materi partikulat tersebut menyebabkan efek toksik ketika masuk ke dalam tubuh seperti kerusakan pada saluran pencernan. Hal didukung hasil penelitian Sincihu *et al*. (2022) pada hewan coba *Rattus Norvegicus Strain Wistar* yang diberikan mikroplastik *polyethylene* per oral mengindikasikan terjadinya proses inflamasi akut dan kronis secara terus-menerus. Terjadinya peradangan pada usus karena sifat fisik mikroplastik *polyethylene* (diameter ukuran, permukaan, tepi, maupun bentuknya), sifat kimia (bahan aditif bersifat toksik), konsentrasi, serta adanya biofilm mikroba. Selain faktor-faktor tersebut, sitotoksisitas akibat mikroplastik sebagai *hydrophobic organic chemicals* juga diduga berperan dalam peradangan usus. Bianco *et al*. (2020) menyatakan bahwa paparan mikroplastik juga telah dikaitkan dengan dampak yang merugikan pada mikrobiota usus manusia yang dapat berdampak negatif pada sistem pencernaan. Namun hasil penelitian Nugrahapraja *et al*. (2022) pada feses penduduk di pesisir dan dataran tinggi Indonesia yang terkontaminasi mikroplastik diketahui tidak mempunyai korelasi signifikan antara kontaminasi mikroplastik dan komposisi mikrobioma usus manusia. Hasil tersebut kemungkinan karena ambang batasnya belum terpenuhi. Menurut Giyatmi & Irianto (2021), dampak jangka panjang dari pencemaran mikroplastik terhadap manusia masih belum diketahui, namun Rochman *et al*. (2013) menyatakan bahwa bukti awal telah menunjukkan adanya potensi risiko kesehatan yang signifikan.

SIMPULAN

Paparan mikroplastik secara terus-menerus pada manusia menimbulkan potensi risiko kesehatan pencernaan. Potensi tersebut telah dikaitkan dengan efek kesehatan pencernaan manusia seperti kerusakan saluran pencernaan, peradangan usus, dan dampak merugikan mikrobiota usus manusia. Efek tersebut masih dalam tahap penelitian tetapi bukti awal menunjukkan adanya potensi risiko kesehatan yang signifikan.

DAFTAR PUSTAKA

Abbasi, S., Keshavarzi, B., Moore, F., Delshab, H., Soltani, N., & Sorooshian, A. (2017). *Investigation of Microrubbers, Microplastics, and Heavy Metals in Street Dust: A Study in Bushehr City, Iran. Environmental Earth Sciences*, 76, 798.

Abdli, S., Toumi, H., Lahbib, Y., & Menif, N. T. (2017). *The First Evaluation of Microplastics in Sediment from The Complex Lagoon-Channel of Bizerte (Northern Tunisia). Water Air Soil Pollut,* 228-262.

Ambarsari, D. A. & Anggiani, M. (2022). Kajian Kelimpahan Mikroplastik pada Sedimen di Wilayah Perairan Laut Indonesia. Jurnal Oseana, 47(1), 20-28.

Andrady, A. L. (2011). *Microplastics in The Marine Environment. Marrine Pollutiom Bulletin*, 62, 1596-1605.

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.

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 13 Nomor 1 Bulan Maret Tahun 2024
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v13i1.3888

Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlac, M. (2009). Accumulation and Fragmentation of Plastic Debris in Global Environment. Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci, 364, 1985-1998.

Bianco, V., Memmolo, P., Carcagni, P., Merola, F., Paturzo, M., Distante, C., & Ferraro, P. (2020). *Microplastic Identification via Holographic Imaging and Machine Learning. Adv Intell Syst*, 2, 1900153.

Budiarti, E. C. (2021). Identifikasi Mikroplastik pada Feses Manusia. *Environmental Pollution Journal*, 1(2), 84-100.

British Geological Survey. (2022). *Contaminant Bioaccessibility. Available: Contaminat Bioaccessibility - British Geological Survey*. https://www.bgs.ac.uk. Diakses 20 Pebruari 2024.

Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompos, N. (2011). *Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide: Sources and Sinks. Environmental Science & Technology,* 45(21), 9175-9179.

Caruso, G. (2019). *Microplastics as Vectors of Contaminants*. *Marine Pollution Bulletin*, 146, 921-924.

Chaerul, M., Tanaka, M., & Shekdar A. V. (2007). *Municipal Solid Waste Management in Indonesia: Status and The Strategic Actions. Journal of The Faculty Environmetal Science and Technology, Okayama University,* 12(1), 41-49.

Campanale, C., Massarelli, C., Savino, I., Locaputo, V., Uricchio, V. F. (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), 1212-1237.

Dana Mitra Lingkungan. (2024). Studi: 90% Mikroplastik ditemukan di Daging Sapi, Ayam, dan Tahu. https://www.dml.or.id/studi-90-mikroplastik-ditemukan-di-daging-sapi-ayam-tahu/. Diakses 3 Maret 2024.

Ding, J., Sun, C., He, C., Li, J., Ju, P., & Li, F. (2021). *Microplastics in Four Bivalve Species and Basis for Using Bivalves as Bioindicators of Microplastic Pollution. Science of The Total Environment*, 782, 146830.

De-la-Torre, G. E. (2020). *Microplastics: An Emerging Threat to Food Security and Human Health. Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 1601-1608.

Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., & Amato, S. (2013). *Microplastic Pollution in The Surface Water of The Laurentian Great Lakes. Marine Pollution Bulletin,* 77(1-2), 177-182.

European Commission. (2011). *Plastic Waste: Ecological and Human Health Impacts. DG Environment News Alert Service.*

Galgani, F. (2015). *The Mediterranean Sea: From Litter to Microplastics. Micro* 2015: *Books of Abstracts*.

Giyatmi & Irianto, H. E. (2021). Mikroplastik Pencemar Pangan Baru. Inovasi Teknologi Pangan Menuju Indonesia Emas: Kumpulan Pemikiran Anggota PATPI. Bogor: IPB Press.

Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). *Microplastics in The Marine Environment: A Review of The Methods Used for Identification and Quantification. Environmental Science and Technology*, 46(6), 3060-3075.

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 13 Nomor 1 Bulan Maret Tahun 2024
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v13i1.3888

Hollman, P. C. H., Bouwmeester, H., & Peters, R. J. B. (2013). *Microplastics in The Aquatic Food Chain: Sources, Measurement, Occurrence, and Potential Health Risks. Wageningen, RIKILT Wageningen UR (University & Research Centre), RIKILT report* 2013.003.28 pp.

Law, K. L. & Thompson, R. C. (2014). *Microplastics in The Seas*. *Science*, 345(6193), 144-145.

Liebmann, B., Koppel, S., Konigshofer, P., Bucsics, T., Reiberger, T., & Schwabl, P. (2018). *Assessment of Microplastic Concentrations in Human Stool Final Results of A Prospective Study. In Mikroplastics.* Ascona, Swiss.

Mardiyana & Kristiningsih, A. (2020). Dampak Pencemaran Mikroplastik di Ekosistem Laut terhadap Zooplankton: Review. Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL), 2(01), 29-36.

Mulyadi, S. (2019). Sampah Plastik dan Mikroplastik. PT. Amrita Enviro Energi – PT. Tirtakreasi Amrita.

Meiwinda, E. R., Lucyana, & Destiarini. (2023). Distribusi dan Sebaran Mikroplastik di Sedimen Perairan Sungai Ogan Kabupaten Ogan Komering Ulu. Jurnal Ilmu Lingkungan, 21(2), 387-392.

Nazir, M. (2003). Metode Penelitian. Jakarta: Ghalia Indonesia.

Nugrahapraja, H., Sugiyo, P. W. W., Putri, B. Q., Ni'matuzahroh, Fatimah, Huang, L., Hafza, N., Gotz, F., Santoso, H., Wibowo, A. T., & Luqman, A. (2022). *Effects of Microplastics on Human Gut Microbiome: Detection of Plastic-Degrading Genes in Human Gut Exposed to Microplastics-Preliminary Study. Environments,* 9(140), 1-13.

Pratiwi, F. D., Notonegoro, H., Zulkia, D. R., & Arsyad, S. (2023). Potensi Kontaminasi Mikroplastik pada Kerang Konsumsi di Pulau Bangka. Jurnal Ilmu Lingkunga, 21(1), 86-93.

Purwaningrum, P. (2016). Upaya Mengurangi Timbunan Sampah Plastik di Lingkungan. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, 8(2), 141-147.

Path-S, P & Path-P, P. (2020). *Microplastics: Origin, Environmental Impact, Food and Beverage Contamination and Management Methods. Naresuan University Journal: Science and Technology*, 28(2), 72-80.

Prata, J. C. (2018). *Airbone Microplastics: Consequences to Human Health*?. *Environmental Pollution*, 234, 115-126.

Prokic, M. D., Radovanovic, T. B., Gavric, J. P., & Faggio, C. (2019). *Ecotoxicological Effects of Microplastics: Examination of Biomarkers, Current State and Future Perspectives. In TrAC-Trends in Analytical Chemistry* 8, 37-46.

Rachmat, S. L. J., Purba, N. P., Agung, M. U. K., & Yuliadi, L. P. S. (2019). Karakteristik Sampah Mikroplastik di Muara Sungai DKI Jakarta. Depik Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir, dan Perikanan, 8(1), 9-17.

Rochman, C. M. Hoh, E., Kurobe, T., & Teh, S. J. (2013). *Ingested Plastic Transfers Hazardous Chemical to Fish and Induces Hepatic Stress. Scientific Report*, 3, 3263.

Sianturi, K. P. T., Amin, B., & Galib, M. (2021). *Microplastic Distribution in Sediments in Coastal of Pariaman City, West Sumatera Province. Asian Journal of Aquatic Science*, 4(1), 73-79

Emasains
Jurnal Edukasi Matematika dan Sains
Volume 13 Nomor 1 Bulan Maret Tahun 2024
P-ISSN 2302-2124
E-ISSN 2622 8688
DOI : 10.59672/emasains.v13i1.3888

Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). *Microplastics in Seafood and The Implication for Human Health. Current Environmental Health Reports*, 5(3), 375-386.

Supit, A., Tompodung, L., & Kumaat, S. (2022). Mikroplastik sebagai Kontaminan Anyar dan Efek Toksiknya terhadap Kesehatan. Jurnal Kesehatan, 13(1), 199-208.

Septian, F. M., Purba, N. P., Agung, M. U. K., Yuliadi, L. P. S., Akuan, L. F., & Mulyadi, P. G. (2018). Sebaran Spasial Mikroplastik di Sedimen Pantai Pangandaran, Jawa Barat. Jurnal Geomaritim Indonesia, 1(1), 1-8.

Tuhumury, N. C. & Ritonga, A. (2020). Identifikasi Keberadaan dan Jenis Mikroplastik pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) di Perairan Tanjung Tiram, Teluk Ambon. Jurnal TRITON, 16(1), 1-7.

Ummah, N., Humaidah, N., & Suryanto, D. (2023). Analisis dan Prediksi Dampak Mikroplastik pada Unggas Air (*Article Review*). Jurnal Dinamika Rekasatwa, 6(20), 235-242.

Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). *The Physical Impacts of Microplastics on Marine Organisms: A Review. Environmental Pollution*, 178, 483-492.

Yoshida, S., Hiraga, K., Takehana, T., Taniguchi, I., Yamaji, H., Maeda, Y., Toyohara, K., Miyamoto, K., Kimura, Y., & Oda, K. (2016). *A Bacterian that Degrades and Assimilates Poly (Ethylene Terephthalate). Science*, 351(6278), 1196-1199.

Zhang, W., Zhang, S., Wang, J., Wang, Y., Mu, J., Wang, P., Lin, X., & Ma, D. (2017). *Microplastic Pollution in The Surface Waters of The Bohai Sea, China. Environmental Pollution*, 231(1), 541-548.