

## Keberadaan Pencemaran Mikroplastik Secara Global di Lingkungan Akuatik

Sarinah Basri K<sup>1\*</sup>, Basri K<sup>2</sup>, Ulfa Aulia<sup>3</sup>, Tri Septian Maksu<sup>4</sup>

<sup>1,3,4</sup>Program Studi Kesehatan Masyarakat Fakultas Olahraga dan Kesehatan Universitas Negeri Gorontalo

<sup>2</sup>Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FKIP Universitas Nusa Cendana

\*Korespondensi Penulis: b.sarinah99@ung.ac.id

### ABSTRAK

**Latar Belakang:** Sejumlah besar studi telah difokuskan pada polusi mikroplastik. Mikroplastik adalah kontaminan yang telah mendapat perhatian besar, karena berdampak pada terhadap ekologi, sosial, ekonomi dan kesehatan. Pada lingkungan akuatik, mikroplastik terdapat didalam air dan sedimen. Sebanyak 30% mikroplastik mengendap di air permukaan dan di kolom air dan hampir keseluruhan yakni 70% mengendap di sedimen.

**Metode:** Pencarian sumber literatur dari database jurnal online yakni Science direct dan Springer Link. Pencarian literatur merupakan artikel terbitan tahun 2010-2020.

**Hasil:** Kelimpahan mikroplastik didalam air dapat dipengaruhi berbagai faktor fisik seperti suhu, salinitas, pH, musim dan angin. Studi tentang mikroplastik dalam air dan sedimen yang berasal dari pesisir, laut, danau, sungai, muara, aliran air perkotaan dan teluk. Fragmen dan serat adalah bentuk dan jenis plastik yang paling sering dilaporkan.

**Kesimpulan:** Fragmen dan serat adalah bentuk dan jenis plastik yang paling sering dilaporkan yang umumnya sejalan dengan permintaan plastik dunia. Rekomendasi yang diberikan adalah informasi kepada pembuat kebijakan dalam mengelola plastik khususnya yang mengandung fragmen dan serat yang berkontribusi terhadap komposisi mikroplastik dengan demikian dapat mengurangi pencemaran dilingkungan akuatik.

**Kata Kunci:** Mikroplastik, Sedimen, Air, Global, Lingkungan Akuatik

### ABSTRACT

**Background:** A large number of studies have focused on microplastic pollution. Microplastics are contaminants that have received great attention, due to their ecological, social, economic and health impacts. In the aquatic environment, microplastics are found in water and sediments. As much as 30% of microplastics settles in surface water and in the water column and almost the entire 70% settles in sediments.

**Methods:** Search for literature sources from online journal databases namely Science Direct and Springer Link. Literature searches are the latest articles published in the last 10 years, namely 2010-2020.

**Results:** The abundance of microplastics in water can be influenced by various physical factors such as temperature, salinity, pH, season and wind. Study of microplastics in water and sediments originating from coasts, seas, lakes, rivers, estuaries, urban waterways and bays. Fragments and fibers are the most frequently reported forms and types of plastics.

**Conclusion:** Fragments and fibers are the most frequently reported forms and types of plastics which are generally in line with the world's demand for plastics. The recommendations provided are information for policy makers in managing plastics, especially those containing fragments and fibers that contribute to the composition of microplastics and thereby reduce pollution in the aquatic environment.

**Keywords:** Microplastic, Sediment, Water, Global, Aquatic Environment

## PENDAHULUAN

Dalam dekade terakhir, sejumlah besar studi telah difokuskan pada polusi mikroplastik. Mikroplastik adalah kontaminan yang telah mendapat perhatian besar (Mammo et al., 2020), karena berimplikasi terhadap sosial, ekologi, ekonomi dan kesehatan manusia (Lindeque et al., 2020; Nanninga, Scott, & Manica, 2020; Schernewski et al., 2020; Thushari & Senevirathna, 2020; Vermeiren, Muñoz, & Ikejima, 2020). Salah satu alasan utama menjadi perhatian juga karena banyaknya plastik ditemukan di lingkungan akuatik (Cormier et al., 2021). Produksi plastik dunia hampir dua kali lipat dalam dua puluh tahun terakhir menjadi sekitar 400 juta ton per tahun (Bakir et al., 2020). Plastik yang telah menjadi sampah masuk ke lingkungan laut diperkirakan hampir 6,4 juta ton setiap tahun (Agamuthu, 2018). Jumlah plastik termasuk mikroplastik di lingkungan perairan kemungkinan akan terus meningkat seiring waktu (Anderson, Park, & Palace, 2016a), yang sebagian besar berasal dari sumber darat (Ghimire, Flury, Scheenstra, & Miles, 2019). Sumber sampah plastik laut yang lebih besar, menurut banyak perkiraan, berasal dari sumber darat seperti populasi pesisir, industri dan pertanian (Waller et al., 2017). Sumber mikroplastik yang dilepaskan ke lingkungan akuatik sangat banyak (Strady et al., 2020). Plastik diangkut dari daerah berpenduduk ke lingkungan laut melalui sungai, pasang surut, pembuangan limbah, air hujan, angin, dan bahkan kejadian banjir. Ia juga dapat mencapai laut dari kapal dan instalasi lepas pantai (Reisser et al., 2013).

Perkiraan biaya ekonomi akibat dampak plastik sekitar \$3300– \$33,000 per ton plastik laut per tahun (Beaumont et al., 2019). Menurut forum ekonomi dunia, memperkirakan lautan dunia akan dipenuhi dengan lebih banyak plastik daripada ikan menurut beratnya pada tahun 2050 (Davis & Raja, 2020). Lebih dari sepertiga plastik digunakan sebagai bahan sekali pakai (Paul et al., 2020). Sepertiga dari produksi global digunakan dalam produk plastik sekali pakai (kemasan makanan, botol, sedotan, wadah, gelas, peralatan makan, dan tas belanja) (Athawuda, Jayasiri, Thushari, & Guruge, 2020). Lebih dari 5 triliun barang plastik, didominasi oleh mikroplastik <5 mm (Zhu, Zhao, Bittar, Stubbins, & Li, 2020). Beberapa bahan masuk ke saluran air mencapai air tawar dan lingkungan laut yang menambah adanya plastik di media akuatik (Fadare & Okoffo, 2020). Di lingkungan akuatik, mikroplastik terdapat didalam air dan sedimen (Id, Hamann, & Id, 2020). Sepanjang berada di perairan partikel plastik mengalami biofouling, terkolonisasi organisme sehingga tenggelam. Mikroplastik dapat pula terdegradasi, terfragmentasi dan melepas bahan perekat sehingga partikel akan berubah densitasnya dan terdistribusi di antara permukaan dan dasar perairan (Widianarko & Hantoro, 2018). Hanya 30% mikroplastik yang mengendap di air permukaan dan di kolom air dan hampir keseluruhan yakni 70% mengendap di sedimen (Gimiliani et al., 2020).

Oleh karena itu, artikel ini ingin meninjau studi tentang studi mikroplastik dalam sedimen dan air secara global dimulai dari tahun 2010-2020. Tujuan dari tinjauan ini adalah untuk: (1) membahas kemunculan penelitian pertama mikroplastik hingga saat ini (2) memperoleh pemahaman mengenai faktor fisik yang dapat mempengaruhi distribusi mikroplastik didalam lingkungan akuatik (3) Pemahaman lebih lanjut mengenai kelimpahan dan morfologi mikroplastik dalam sedimen dan air di berbagai lokasi spesifik.

## METODE

Penelitian ini merupakan tinjauan literatur. Pencarian sumber literatur dari database jurnal online yakni Science direct dan Springer Link. Pencarian literatur merupakan artikel terbitan tahun 2010-2020. Artikel yang relevan mencakup mikroplastik dalam sedimen dan air secara global yang mewakili lima benua (Afrika, Amerika, Asia, Australia dan Eropa). Kriteria penyimpanan data dalam publikasi meliputi: 1) Benua; 2) Lokasi 3) Lokasi Spesifik 4) Kelimpahan; dan 5) Morfologi. Agar

menyusun tulisan sesuai prosedur pengutipan dan sitasi yang benar maka menggunakan Perangkat lunak Mendeley. Perangkat ini dapat memungkinkan untuk memperkaya sumber referensi. Selain itu juga dapat mengelola dokumen referensi serta dapat pula membantu penulis mengetahui perkembangan riset terkini.

## HASIL

Daftar artikel dari berbagai negara yang di pilih untuk mewakili setiap benua (Afrika, Amerika, Asia, Australia dan Eropa) dapat dilihat pada tabel 1 mengenai Lokasi Keberadaan Mikroplastik dalam lingkungan akuatik di lima benua.

**Tabel 1. Lokasi Keberadaan Mikroplastik di Lima benua**

Benua	Lokasi	Lokasi Spesifik
Afrika	Uganda	Danau Victoria, Afrika Timur
	Afrika Selatan	Aliran Perkotaan, Braamfontein Spruit
Amerika	Brazil	Teluk Guanabara, Rio de Janeiro
	Chili	Muara
Asia	Lebanon	Pesisir pantai (Tripoli, Beirut dan Sidon)
	Pakistan	Danau Rawal
		Sungai Ravi di Lahore
	Dubai	Danau Poyang
	Cina	Sungai Tuojiang
	Korea	Pantai Korea
	India	Teluk Mannar (GoM)
	Iran	Teluk Persia, Hormozgan
Indonesia		Pulau-Pulau Kecil Bintan, Riau
Australia	Victoria	Sungai Goulburn dan Area Melbourne Raya (GMA)
Eropa	Polandia	Sungai Vistula
	Italia	Sungai Ofanto di Tenggara Italia

Mikroplastik dari berbagai kelimpahan memiliki jenis morfologi yang berbeda, dapat berbentuk busa, fragmen, serat, filamen, butir dan lainnya yang dapat dilihat dalam tabel 2 tentang kelimpahan mikroplastik dan morfologinya.

**Tabel 2. Kelimpahan Mikroplastik dan Morfologinya**

Sumber	Kelimpahan	Morfologi utama
(Egessa, Nankabirwa, Ocaya, & Pabire, 2020)	0,69–2,19 partikel / m <sup>3</sup>	Serpihan, Filamen, Film dan Busa
(Dahms, van Rensburg, & Greenfield, 2020)	705 partikel m <sup>-3</sup>	Busa

(Olivatto, Martins, Montagner, Henry, & Carreira, 2019)	1,40 - 21,3 partikel / m <sup>3</sup> ,	Serat dan Fragmen
(Castillo et al., 2020)	0,4 ± 0,3 partikel / m <sup>3</sup>	Fragmen dan Film
(Kazour, Jemaa, Issa, Khalaf, & Amara, 2019)	6,7 MPs / m <sup>3</sup>	Fragmen, Serat dan Microbeads
(Filgueiras, Gago, Campillo, & León, 2019)	0,142 item / 0,1 L	Serat dan Fragmen
(Irfan, Qadir, Mumtaz, & Ahmad, 2020)	16.150 ± 80 MPs / m <sup>3</sup>	Fragmen dan serat
(Yuan, Liu, Wang, Di, & Wang, 2019)	5–34 item / L	Serat
(Zhou et al., 2020)	911,57 ± 199,73 hingga 3395,27 ± 707,22 item / m <sup>3</sup>	Serat
(Kwon, Kang, Hong, & Shim, 2020)	1,12–4,74 partikel / m <sup>3</sup>	Serat
(Narmatha Sathish, Immaculate Jeyasanta, & Patterson, 2020)	10–30 item / l	Serat
(Nabizadeh, Sajadi, Rastkari, & Yaghmaeian, 2019)	3252 ± 2766 Mps/ m <sup>2</sup>	Busa, Fragmen, Pelet
(Syakti et al., 2018)	122,8 ± 67,8 buah per stasiun	Fragmen, Serat, Butir dan Film
(Nan et al., 2020)	0,40 ± 0,27 item / L	Serat
(Sekudewicz, Dąbrowska, & Syczewski, 2020)	1,6 - 2,55 item L <sup>-1</sup>	Serat
(Campanale et al., 2020)	0,9 ± 0,4 p/m <sup>3</sup> hingga 13 ± 5 p/m <sup>3</sup>	Fragmen

Berdasarkan hasil literatur menyoroiti studi tentang kelimpahan mikroplastik baik dalam sedimen maupun di dalam air. Studi tentang mikroplastik dalam air dan sedimen yang berasal dari pesisir, laut, danau, sungai, muara, aliran air perkotaan dan teluk. Bentuk mikroplastik banyak didominasi oleh serat dan fragmen.

## PEMBAHASAN

### Kemunculan Penelitian Mikroplastik

Plastik pertama yang diproduksi secara massal yang berbahan dasar resin fenol-formaldehida adalah bakelite. Pada tahun 1907, Leo Baekeland yang mengembangkan teknologi produksi ini. Kemudian plastik polyester, polivinil, polietilen dan poliamida mulai diproduksi pada tahun 1930-an. Setelah berakhirnya Perang Dunia II perkembangan dinamika industri plastik benar-benar dimulai, dan terus berlanjut hingga saat ini. Setiap cabang ekonomi memerlukan plastik sebagai bahan populer hingga saat ini (Piotrowska, Czerwińska-Ledwig, Serdiuk, Serdiuk, & Pilch, 2020).

Gelombang baru polusi di dunia dimulai pada 1950-an dengan masuknya plastik ke dalam produksi bahan mentah (Pagter, Frias, Kavanagh, & Nash, 2020). Pada tahun 1970-an menerbitkan studi pertama tentang pencemaran plastik di cekungan lepas pantai Samudra Atlantik Utara. Konsentrasi dan karakteristik plastik yang mencapai 3.500 buah per km<sup>2</sup> yang menjadi perhatian saat itu (Urbanek, Rymowicz, & Mirończuk, 2018). Polutan plastik tersebar di ekosistem dalam berbagai bentuk, dengan variasi ukuran yang berbeda seperti megaplastik, makroplastik, mesoplastik, dan mikroplastik (Thushari & Senevirathna, 2020). Plastik bisa menjadi lebih menjadi masalah saat mereka pecah menjadi ukuran yang lebih kecil (Critchell & Hoogenboom, 2018). Mikroplastik, atau partikel plastik kecil, tercipta saat sampah plastik terdegradasi (B. Jiang et al., 2020). Mikroplastik adalah material heterogen yang bervariasi dalam komposisi kimianya serta karakteristik partikel seperti ukuran dan bentuk (Zimmermann, Göttlich, Oehlmann, Wagner, & Völker, 2020).

### **Faktor Fisik Distribusi Mikroplastik**

Kepadatan populasi manusia saja tidak dapat digunakan untuk memprediksi kelimpahan mikroplastik di suatu wilayah, karena faktor fisik salah satunya suhu juga mempengaruhi distribusi mikroplastik (Anderson, Park, & Palace, 2016b). Mikroplastik menghasilkan efek negatif yang dominan pada suhu yang lebih tinggi (Horton & Barnes, 2020). Penelitian lain mengungkapkan bahwa salinitas mungkin merupakan faktor yang mempengaruhi penyerapan Mikroplastik (Sørensen, Rogers, Altin, Salaberria, & Booth, 2020). Kelimpahan mikroplastik terutama mikroplastik berukuran kecil (<500 µm), berkorelasi positif dengan salinitas air laut (Y. Jiang et al., 2020). Adsorpsi polutan mikroplastik juga dipengaruhi oleh pH. Efek dari pH terhadap kapasitas adsorpsi mikroplastik tergantung pada jenis polutan (Naqash, Prakash, Kapoor, & Singh, 2020). Kelimpahan mikroplastik lainnya dipengaruhi oleh musim, pada musim hujan lebih tinggi dibandingkan pada musim kemarau (Shahul Hamid et al., 2018). Selain itu, distribusi mikroplastik juga bergantung pada gaya skala besar seperti arus yang digerakkan oleh angin. Pantai yang menurut jurusan angin dapat memiliki jumlah MPs yang lebih besar daripada garis pantai yang melawan arah angin (Bellasi et al., 2020).

### **Kelimpahan mikroplastik dalam Air dan Sedimen**

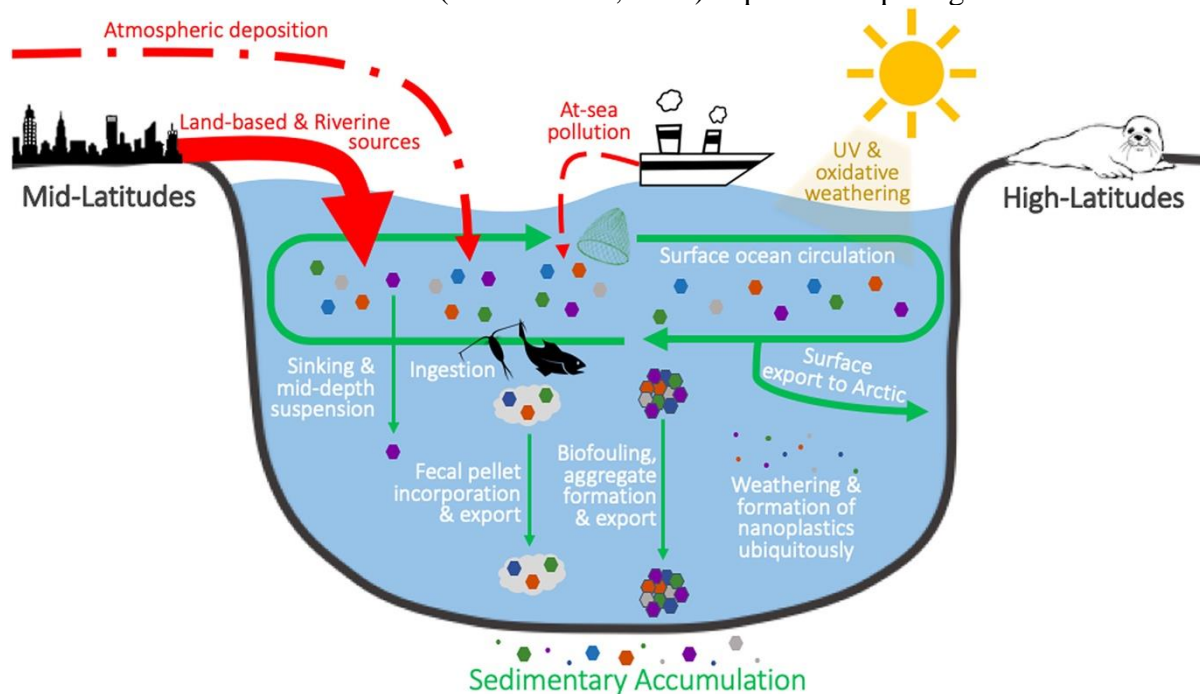
Semua lingkungan perairan, termasuk lautan, sungai, dan danau, dapat mengandung mikroplastik yang ada di mana-mana dalam jumlah yang besar. (Cabrera et al., 2020; Yang, Liu, Zhang, Grossart, & Gadd, 2020). Partikel mikroplastik plastik berukuran <5 mm (Barboza et al., 2020; Dodson et al., 2020; Fältström & Anderberg, 2020; Id et al., 2020; Mayoma, Sørensen, Shashoua, & Khan, 2020; Sathish, Jeyasanta, & Patterson, 2020; Thomas et al., 2020). Dibedakan menjadi dua ukuran yakni mikroplastik berukuran besar (1 – ≤ 5 mm) dan mikroplastik kecil (1 µm – ≤ 1000 µm) (Frias et al., 2018). Sampah mikroplastik terakumulasi di permukaan dan perairan dalam (Chapron et al., 2018). Kelimpahan mikroplastik yang diamati lebih tinggi di perairan yang lebih dalam menunjukkan intrusi air bawah permukaan yang mengangkut partikel plastik dari laut ke dalam sistem saluran (Castillo et al., 2020).

Kelimpahan dan distribusi mikroplastik berhubungan positif dengan perkembangan ekonomi, pariwisata, industri, pertanian, dan perikanan (Sun et al., 2021). Kelimpahan tertinggi berhubungan dengan aktivitas manusia yang lebih intensif (Egessa et al., 2020). Limbah rumah tangga dan aktivitas penangkapan ikan mungkin menjadi sumber utama mikroplastik (Yuan et al., 2019). Tempat pembuangan sampah pesisir dapat berkontribusi dalam masuknya mikroplastik yang penting ke laut (Kazour et al., 2019). Ketinggian air, variabilitas musiman (Campanale et al., 2020), karakteristik aliran, kedalaman aliran, dan kecepatan dapat memengaruhi kelimpahan dan penyebaran mikroplastik

(Dahms et al., 2020). Perbedaan jenis dan jumlah partikel mikroplastik menunjukkan bahwa kejadian mikroplastik spesifik wilayah tertentu kemungkinan terkait dengan perbedaan aktivitas manusia (Kwon et al., 2020).

Distribusi mikroplastik terutama dipengaruhi oleh input antropogenik dan proses lingkungan yang menentukan transportasi, transformasi, dan akumulasi (Yao et al., 2019). Mayoritas mikroplastik di lingkungan laut terdiri dari polimer yang berbeda dan biasanya muncul sebagai pelet, film, pecahan busa, atau serat (Koelmans et al., 2019; Smith, Love, Rochman, & Neff, 2018). Fragmen dan serat mikroplastik telah muncul sebagai polutan antropogenik global yang memprihatinkan (Dodson et al., 2020). Fragmen dan serat adalah bentuk dan jenis plastik yang paling sering dilaporkan, seiring dengan permintaan global akan plastik. (Zhang et al., 2020). Sebagian besar komponen mikroplastik adalah fragmen. Mikroplastik jenis ini dihasilkan ketika potongan-potongan plastik besar dipecah menjadi potongan-potongan kecil (Yona, Sari, Iranawati, Bachri, & Ayuningtyas, 2019). Fragmen berbentuk tidak beraturan, pinggiran tajam dari plastik kaku dengan warna yang bervariasi (Athawuda et al., 2020). Mikroplastik berwarna adalah sebagian besar item plastik, dengan pecahan kecil item plastik putih dan hitam. Plastik yang berwarna memiliki keunggulan karena dapat digunakan dalam produk plastik seperti kemasan, tali pancing dan pakaian (Zhao, Zhu, Wang, & Li, 2014).

Mikroplastik khususnya serat, dapat berkumpul menjadi cluster, sehingga menjadi lebih berat dan terakumulasi dalam sedimen (Rivoira et al., 2020) dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Masuknya mikroplastik dari berbagai sumber di lingkungan akuatik hingga terakumulasi dalam sedimen (Hale, Seeley, La Guardia, Mai, & Zeng, 2020).

Kualitas sedimen telah diakui sebagai indikator penting dalam pencemaran air dan juga mudah menyerap berbagai kontaminan. Mikroplastik dapat memasuki sedimen baik sebagai sumber primer langsung dari keperluan industri, maupun sumber sekunder akibat degradasi sampah plastik besar (Baysal, Saygin, & Ustabasi, 2020). Plastik masuk ke lingkungan perairan dapat juga berasal dari

daerah berpenduduk dan dari kapal (Reisser et al., 2013). Sebanyak 6,5 juta ton plastik setiap tahun di buang dari kapal (Coyle, Hardiman, & Driscoll, 2020).

Mikroplastik berada dipermukaan dan tenggelam ke dasar air setelah diisi dengan senyawa terlarut biotik dan abiotik, pada saat yang sama terjadi penurunan biomassa pada plastik terapung yang disebut biofouling (Urbanek et al., 2018). Radiasi UV matahari menyebabkan disintegrasi plastik dan laju degradasinya bergantung pada multifactorial seperti abrasi gelombang, komposisi, suhu dll (Hahladakis, 2020). Segala aktivitas baik berbasis darat atau laut yang berakhir di lautan mengalami degradasi plastik, disebut juga sebagai proses yang kompleks kemudian seiring waktu terjadi fragmentasi yang disebabkan degradasi foto-termal, gelombang atau aksi pasang surut dan menghasilkan mikroplastik sekunder (Agamuthu, 2018).

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam memprediksi kelimpahan mikroplastik dalam sedimen dan air dapat menggunakan faktor fisik seperti suhu, salinitas, pH, musim dan Angin. Studi tentang mikroplastik dalam air dan sedimen yang berasal dari pesisir, laut, danau, sungai, muara, aliran air perkotaan dan teluk. Mikroplastik di lingkungan laut biasanya ditemukan sebagai pelet, film, busa fragmen, atau serat dan terdiri dari beragam polimer. Fragmen dan serat adalah bentuk dan jenis plastik yang paling sering dilaporkan yang umumnya sejalan dengan permintaan plastik dunia. Oleh karena perlu memberikan perhatian yang lebih utama kepada negara-negara penyumbang plastik terbesar skala global yang memiliki kepadatan penduduk dan pengelolaan plastik yang buruk serta memberikan informasi kepada pembuat kebijakan dalam mengelola plastik khususnya yang mengandung fragmen dan serat yang berkontribusi terhadap komposisi mikroplastik dengan demikian dapat mengurangi pencemaran dilingkungan akuatik. Untuk penelitian masa mendatang perlu juga menganalisis kelimpahan nanoplastik dalam sedimen dan air dilingkungan akuatik karena nanoplastik memiliki ukuran yang lebih kecil daripada mikroplastik karena dapat berdampak buruk pada kesehatan ekologi dan manusia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agamuthu, P. (2018). Marine debris, plastics, microplastics and nano-plastics: What next? *Waste Management and Research*, 36(10), 869–871. <https://doi.org/10.1177/0734242X18796770>
- Anderson, J. C., Park, B. J., & Palace, V. P. (2016a). Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian. *Environmental Pollution*, 218, 269–280. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.074>
- Anderson, J. C., Park, B. J., & Palace, V. P. (2016b). Microplastics in aquatic environments: Implications for Canadian ecosystems. *Environmental Pollution*, 218, 269–280. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.074>
- Athawuda, A. M. G. A. D., Jayasiri, H. B., Thushari, G. G. N., & Guruge, K. P. G. K. P. (2020). Quantification and morphological characterization of plastic litter (0.30–100 mm) in surface waters of off Colombo, west coast of Sri Lanka. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(8). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08472-2>
- Bakir, A., Desender, M., Wilkinson, T., Van Hoytema, N., Amos, R., Airahui, S., ... Maes, T. (2020). Occurrence and abundance of meso and microplastics in sediment, surface waters, and marine biota from the South Pacific region. *Marine Pollution Bulletin*, 160(September), 111572. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111572>
- Barboza, L. G. A., Lopes, C., Oliveira, P., Bessa, F., Otero, V., Henriques, B., ... Guilhermino, L.

- (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, 134625. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134625>
- Baysal, A., Saygin, H., & Ustabasi, G. S. (2020). Microplastic Occurrences in Sediments Collected from Marmara Sea-Istanbul, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 105(4), 522–529. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02993-9>
- Beaumont, N. J., Aanesen, M., Austen, M. C., Börger, T., Clark, J. R., Cole, M., ... Wyles, K. J. (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin*, 142(January), 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.022>
- Bellasi, A., Binda, G., Pozzi, A., Galafassi, S., Volta, P., & Bettinetti, R. (2020). Microplastic contamination in freshwater environments: A review, focusing on interactions with sediments and benthic organisms. *Environments - MDPI*, 7(4). <https://doi.org/10.3390/environments7040030>
- Cabrera, M., Valencia, B. G., Lucas-solis, O., Calero, J. L., Maisincho, L., Conicelli, B., ... Capparelli, M. V. (2020). Case Studies in Chemical and Environmental Engineering A new method for microplastic sampling and isolation in mountain glaciers: A case study of one antisana glacier, Ecuadorian Andes. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2(September), 100051. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100051>
- Campanale, C., Stock, F., Massarelli, C., Kochleus, C., Bagnuolo, G., Reifferscheid, G., & Uricchio, V. F. (2020). Microplastics and their possible sources: The example of Ofanto river in southeast Italy. *Environmental Pollution*, 258, 113284. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113284>
- Castillo, C., Fernández, C., Gutiérrez, M. H., Aranda, M., Urbina, M. A., Yáñez, J., ... Pantoja-Gutiérrez, S. (2020). Water column circulation drives microplastic distribution in the Martínez-Baker channels; A large fjord ecosystem in Chilean Patagonia. *Marine Pollution Bulletin*, 160(April), 111591. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111591>
- Chapron, L., Peru, E., Engler, A., Ghiglione, J. F., Meistertzheim, A. L., Pruski, A. M., ... Lartaud, F. (2018). Macro- and microplastics affect cold-water corals growth, feeding and behaviour. *Scientific Reports*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-33683-6>
- Cormier, B., Gambardella, C., Tato, T., Perdriat, Q., Costa, E., Veclin, C., ... Cachot, J. (2021). Chemicals sorbed to environmental microplastics are toxic to early life stages of aquatic organisms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 208. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111665>
- Coyle, R., Hardiman, G., & Driscoll, K. O. (2020). Microplastics in the marine environment: A review of their sources, distribution processes and uptake into ecosystems. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 100010. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2020.100010>
- Critchell, K., & Hoogenboom, M. O. (2018). Effects of microplastic exposure on the body condition and behaviour of planktivorous reef fish (*Acanthochromis polyacanthus*). *PLoS ONE*, 13(3), 1–19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193308>
- Dahms, H. T. J., van Rensburg, G. J., & Greenfield, R. (2020). The microplastic profile of an urban African stream. *Science of the Total Environment*, 731. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138893>
- Davis, E. K., & Raja, S. (2020). Sources and impact of microplastic pollution in Indian aquatic ecosystem: A review. *Current World Environment*, 15(1), 1–9.
- Dodson, G. Z., Shotorban, A. K., Hatcher, P. G., Waggoner, D. C., Ghosal, S., & Noffke, N. (2020).



- Microplastic fragment and fiber contamination of beach sediments from selected sites in Virginia and North Carolina, USA. *Marine Pollution Bulletin*, 151(January), 110869. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110869>
- Egessa, R., Nankabirwa, A., Ocaya, H., & Pabire, W. G. (2020). Microplastic pollution in surface water of Lake Victoria. *Science of the Total Environment*, 741, 140201. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140201>
- Fadare, O. O., & Okoffo, E. D. (2020). Science of the Total Environment Covid-19 face masks : A potential source of microplastic fibers in the environment. *Science of the Total Environment*, 737, 140279. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140279>
- Fältström, E., & Anderberg, S. (2020). Towards control strategies for microplastics in urban water. *Environmental Science and Pollution Research*, 40421–40433. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10064-z>
- Filgueiras, A. V., Gago, J., Campillo, J. A., & León, V. M. (2019). Microplastic distribution in surface sediments along the Spanish Mediterranean continental shelf. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(21), 21264–21273. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05341-5>
- Frias, J., Pagter, E., Nash, R., O'Connor, I., Carretero, O., Filgueiras, A., ... Gerdt, G. (2018). Standardised protocol for monitoring microplastics in sediments. *JPI-Oceans BASEMAN Project*, (May), 33. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36256.89601/1>
- Ghimire, S., Flury, M., Scheenstra, E. J., & Miles, C. A. (2019). “Microplastics in the digestive tracts of commercial fish from the marine ranching in East China Sea, China.” *Science of the Total Environment*, 135577. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135577>
- Gimiliani, G. T., Fornari, M., Redígolo, M. M., Oscar, J., Vega, W., Moledo, D., ... Pires, F. (2020). Pyrolysis sample cup Sediment sample 20 g dry sediment ( triplicates ) Chromatogram Qualitative result GC Oven Q-MS Py-GC-MS Drying Quantitative result Weighing. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 100020. <https://doi.org/10.1016/j.csee.2020.100020>
- Hahladakis, J. N. (2020). Delineating the global plastic marine litter challenge: clarifying the misconceptions. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(5). <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8202-9>
- Hale, R. C., Seeley, M. E., La Guardia, M. J., Mai, L., & Zeng, E. Y. (2020). A Global Perspective on Microplastics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 125(1), 1–40. <https://doi.org/10.1029/2018JC014719>
- Horton, A. A., & Barnes, D. K. A. (2020). Microplastic pollution in a rapidly changing world: Implications for remote and vulnerable marine ecosystems. *Science of the Total Environment*, 738, 140349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140349>
- Id, M. E. M., Hamann, M., & Id, F. J. K. (2020). *Bioaccumulation and biomagnification of microplastics in marine organisms: A review and meta-analysis of current data*. 1–26. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240792>
- Irfan, M., Qadir, A., Mumtaz, M., & Ahmad, S. R. (2020). An unintended challenge of microplastic pollution in the urban surface water system of Lahore, Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(14), 16718–16730. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08114-7>
- Jiang, B., Kauffman, A. E., Li, L., McFee, W., Cai, B., Weinstein, J., ... Xiao, S. (2020). Health impacts of environmental contamination of micro- And nanoplastics: A review. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 25(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/s12199-020-00870-9>
- Jiang, Y., Zhao, Y., Wang, X., Yang, F., Chen, M., & Wang, J. (2020). Characterization of microplastics in the surface seawater of the South Yellow Sea as affected by season. *Science of*

- the Total Environment*, 724, 138375. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138375>
- Kazour, M., Jemaa, S., Issa, C., Khalaf, G., & Amara, R. (2019). Microplastics pollution along the Lebanese coast (Eastern Mediterranean Basin): Occurrence in surface water, sediments and biota samples. *Science of the Total Environment*, 696, 133933. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133933>
- Koelmans, A. A., Mohamed Nor, N. H., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., & De France, J. (2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research*, 155, 410–422. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>
- Kwon, O. Y., Kang, J. H., Hong, S. H., & Shim, W. J. (2020). Spatial distribution of microplastic in the surface waters along the coast of Korea. *Marine Pollution Bulletin*, 155(July), 110729. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110729>
- Lindeque, P. K., Cole, M., Coppock, R. L., Lewis, C. N., Miller, R. Z., Watts, A. J. R., ... Galloway, T. S. (2020). Are we underestimating microplastic abundance in the marine environment? A comparison of microplastic capture with nets of different mesh-size. *Environmental Pollution*, 265, 114721. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114721>
- Mammo, F. K., Amoah, I. D., Gani, K. M., Pillay, L., Ratha, S. K., Bux, F., & Kumari, S. (2020). Microplastics in the environment: Interactions with microbes and chemical contaminants. *Science of the Total Environment* Microplastics in the environment : Interactions with microbes and chemical contaminants. *Science of the Total Environment*, 743(July), 140518. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140518>
- Mayoma, B. S., Sørensen, C., Shashoua, Y., & Khan, F. R. (2020). Microplastics in beach sediments and cockles (*Anadara antiquata*) along the Tanzanian coastline. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 105(4), 513–521. <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02991-x>
- Nabizadeh, R., Sajadi, M., Rastkari, N., & Yaghmaeian, K. (2019). Microplastic pollution on the Persian Gulf shoreline : A case study of Bandar Abbas city , Hormozgan Province , Iran. *Marine Pollution Bulletin*, 145(January), 536–546. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.048>
- Nan, B., Su, L., Kellar, C., Craig, N. J., Keough, M. J., & Pettigrove, V. (2020). Identification of microplastics in surface water and Australian freshwater shrimp *Paratya australiensis* in Victoria, Australia. *Environmental Pollution*, 259, 113865. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113865>
- Nanninga, G. B., Scott, A., & Manica, A. (2020). Microplastic ingestion rates are phenotype-dependent in juvenile anemonefish. *Environmental Pollution*, 259, 113855. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113855>
- Naqash, N., Prakash, S., Kapoor, D., & Singh, R. (2020). Interaction of freshwater microplastics with biota and heavy metals: a review. *Environmental Chemistry Letters*, (0123456789). <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01044-3>
- Narmatha Sathish, M., Immaculate Jeyasanta, K., & Patterson, J. (2020). Monitoring of microplastics in the clam *Donax cuneatus* and its habitat in Tuticorin coast of Gulf of Mannar (GoM), India. *Environmental Pollution*, 266, 115219. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115219>
- Olivatto, G. P., Martins, M. C. T., Montagner, C. C., Henry, T. B., & Carreira, R. S. (2019). Microplastic contamination in surface waters in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 139(December 2018), 157–162. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.042>
- Pagter, E., Frias, J., Kavanagh, F., & Nash, R. (2020). Varying levels of microplastics in benthic sediments within a shallow coastal embayment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 243(February). <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.106915>
- Paul, M. B., Stock, V., Cara-Carmona, J., Lisicki, E., Shopova, S., Fessard, V., ... Böhmert, L. (2020).

- Micro- And nanoplastics-current state of knowledge with the focus on oral uptake and toxicity. *Nanoscale Advances*, 2(10), 4350–4367. <https://doi.org/10.1039/d0na00539h>
- Piotrowska, A., Czerwińska-Ledwig, O., Serdiuk, M., Serdiuk, K., & Pilch, W. (2020). Composition of scrub-type cosmetics from the perspective of product ecology and microplastic content. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 12(1), 75–81. <https://doi.org/10.1007/s13530-020-00051-9>
- Reisser, J., Shaw, J., Wilcox, C., Hardesty, B. D., Proietti, M., Thums, M., & Pattiaratchi, C. (2013). Marine plastic pollution in waters around Australia: Characteristics, concentrations, and pathways. *PLoS ONE*, 8(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080466>
- Rivoira, L., Castiglioni, M., Rodrigues, S. M., Freitas, V., Bruzzone, M. C., Ramos, S., & Almeida, C. M. R. (2020). Microplastic in marine environment: reworking and optimisation of two analytical protocols for the extraction of microplastics from sediments and oysters. *MethodsX*, 7, 101116. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2020.101116>
- Sathish, M. N., Jeyasanta, I., & Patterson, J. (2020). Microplastics in Salt of Tuticorin, Southeast Coast of India. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 79(1), 111–121. <https://doi.org/10.1007/s00244-020-00731-0>
- Schernewski, G., Radtke, H., Hauk, R., Baresel, C., Olshammar, M., Osinski, R., & Oberbeckmann, S. (2020). Transport and Behavior of Microplastics Emissions From Urban Sources in the Baltic Sea. *Frontiers in Environmental Science*, 8(October), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.579361>
- Sekudewicz, I., Dąbrowska, A. M., & Syczewski, M. D. (2020). Microplastic pollution in surface water and sediments in the urban section of the Vistula River (Poland). *Science of the Total Environment*, 143111. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143111>
- Shahul Hamid, F., Bhatti, M. S., Anuar, N., Anuar, N., Mohan, P., & Periathamby, A. (2018). Worldwide distribution and abundance of microplastic: How dire is the situation? *Waste Management and Research*, 36(10), 873–897. <https://doi.org/10.1177/0734242X18785730>
- Smith, M., Love, D. C., Rochman, C. M., & Neff, R. A. (2018). Microplastics in Seafood and the Implications for Human Health. *Current Environmental Health Reports*, 5(3), 375–386. <https://doi.org/10.1007/s40572-018-0206-z>
- Sørensen, L., Rogers, E., Altin, D., Salaberria, I., & Booth, A. M. (2020). Sorption of PAHs to microplastic and their bioavailability and toxicity to marine copepods under co-exposure conditions. *Environmental Pollution*, 258, 113844. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113844>
- Strady, E., Ha, T., Duong, T., Ngoc, H., Thanh, T., & Do, D. (2020). Baseline assessment of microplastic concentrations in marine and freshwater environments of a developing Southeast Asian country, Viet Nam. *Marine Pollution Bulletin*, (xxxx), 111870. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111870>
- Sun, D., Wang, J., Xie, S., Tang, H., Zhang, C., Xu, G., ... Zhou, A. (2021). Characterization and spatial distribution of microplastics in two wild captured economic freshwater fish from north and west rivers of Guangdong province. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 207(October 2020), 111555. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111555>
- Syakti, A. D., Hidayati, N. V., Jaya, Y. V., Siregar, S. H., Yude, R., Suhendy, ... Doumenq, P. (2018). Simultaneous grading of microplastic size sampling in the Small Islands of Bintan water, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 137(October), 593–600. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.005>
- Thomas, M., Jon, B., Craig, S., Edward, R., Ruth, H., John, B., ... Matthew, S. (2020). The world is

- your oyster: low-dose, long-term microplastic exposure of juvenile oysters. *Heliyon*, 6(1), e03103. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03103>
- Thushari, G. G. N., & Senevirathna, J. D. M. (2020). Plastic pollution in the marine environment. *Heliyon*, 6(8), e04709. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04709>
- Urbanek, A. K., Rymowicz, W., & Mirończuk, A. M. (2018). Degradation of plastics and plastic-degrading bacteria in cold marine habitats. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(18), 7669–7678. <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9195-y>
- Vermeiren, P., Muñoz, C., & Ikejima, K. (2020). Microplastic identification and quantification from organic rich sediments: A validated laboratory protocol. *Environmental Pollution*, 262. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114298>
- Waller, C. L., Griffiths, H. J., Waluda, C. M., Thorpe, S. E., Loaiza, I., Moreno, B., ... Hughes, K. A. (2017). Microplastics in the Antarctic marine system: An emerging area of research. *Science of the Total Environment*, 598, 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.283>
- Widianarko, B., & Hantoro, I. (2018). *Mikroplastik Mikroplastik dalam Seafood Seafood dari Pantai Utara Jawa*. Retrieved from [www.unika.ac.id](http://www.unika.ac.id)
- Yang, Y., Liu, W., Zhang, Z., Grossart, H. P., & Gadd, G. M. (2020). Microplastics provide new microbial niches in aquatic environments. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(15), 6501–6511. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10704-x>
- Yao, P., Zhou, B., Lu, Y. H., Yin, Y., Zong, Y. Q., Chen, M. Te, & O'Donnell, Z. (2019). A review of microplastics in sediments: Spatial and temporal occurrences, biological effects, and analytic methods. *Quaternary International*, 519(March), 274–281. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.03.028>
- Yona, D., Sari, S. H. J., Iranawati, F., Bachri, S., & Ayuningtyas, W. C. (2019). Microplastics in the surface sediments from the eastern waters of Java Sea, Indonesia [version 1; referees: 2 approved]. *F1000Research*, 8, 1–14. <https://doi.org/10.12688/f1000research.17103.1>
- Yuan, W., Liu, X., Wang, W., Di, M., & Wang, J. (2019). Microplastic abundance, distribution and composition in water, sediments, and wild fish from Poyang Lake, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 170(October 2018), 180–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.11.126>
- Zhang, Y., Kang, S., Allen, S., Allen, D., Gao, T., & Sillanpää, M. (2020). Atmospheric microplastics: A review on current status and perspectives. *Earth-Science Reviews*, 203(September 2019), 103118. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103118>
- Zhao, S., Zhu, L., Wang, T., & Li, D. (2014). Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. *Marine Pollution Bulletin*, 86(1–2), 562–568. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.032>
- Zhou, G., Wang, Q., Zhang, J., Li, Q., Wang, Y., Wang, M., & Huang, X. (2020). Distribution and characteristics of microplastics in urban waters of seven cities in the Tuojiang River basin, China. *Environmental Research*, 189(April), 109893. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109893>
- Zhu, L., Zhao, S., Bittar, T. B., Stubbins, A., & Li, D. (2020). Photochemical dissolution of buoyant microplastics to dissolved organic carbon: Rates and microbial impacts. *Journal of Hazardous Materials*, 383(August 2019), 121065. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121065>
- Zimmermann, L., Göttlich, S., Oehlmann, J., Wagner, M., & Völker, C. (2020). What are the drivers of microplastic toxicity? Comparing the toxicity of plastic chemicals and particles to *Daphnia magna*. *Environmental Pollution*, 267. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115392>