

DAMPAK PENCEMARAN MIKROPLASTIK DI WILAYAH PESISIR DAN KELAUTAN

Impact of Microplastics Pollution in the Coastal and Marine Regions

Fadel Ikrar Jamika¹, Abdul Razak¹, Eni Kamal²

¹ Departemen Ilmu Lingkungan, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Negeri Padang

Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, Sumatera Barat; Telephone/Fax: 0751-7058692

² Departemen Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Bung Hatta

Jl. Sumatera Ulak Karang Padang, Sumatera Barat; Telephone/Fax: 0751-7051678

Email: fadelikrarjamika29@gmail.com

Diserahkan tanggal: 22 Desember 2022, Revisi diterima tanggal: 10 Februari 2023

ABSTRAK

Permasalahan lingkungan hidup di dunia sangat beragam, tak terkecuali terkait pencemaran di wilayah pesisir dan kelautan. Pengelolaan pesisir dan kelautan memiliki kompleksitas masalah, peluang, dan tantangan tersendiri yang berbeda di setiap daerah. Masalah utama dalam pengelolaan pesisir dan kelautan adalah masalah pencemaran sampah plastik khususnya mikroplastik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendeskripsikan gambaran dan dampak pencemaran mikroplastik di wilayah pesisir dan kelautan. Metode yang digunakan adalah kualitatif atau literatur review. Mikroplastik merupakan plastik yang mengalami degradasi dan berukuran diameter < 5 mm. Sumber mikroplastik terdiri dari yaitu primer dan sekunder. Mikroplastik masuk ke wilayah pesisir dan laut melalui beberapa cara seperti aliran air dari sungai, angin, dan terbawa oleh arus dan beberapa masuk ke laut melalui limpasan. Pencemaran mikroplastik mempunyai dampak luas, diantaranya kesehatan manusia, ekonomi, pariwisata dan estetika pantai. Mikroplastik di lingkungan pesisir dan laut menyebabkan kerusakan serius pada kehidupan laut, ikan, kematian hewan laut melalui lilitan dan menelan puing-puing plastik.

Kata Kunci: Lingkungan, Mikroplastik, Pesisir dan Kelautan

ABSTRACT

Problems of environmental life in the world are very diverse, including related pollution in coastal and marine areas. Management coast and sea Each has its complexity of problems, opportunities, and challenges. The main problem in the management coast and the sea is a problem of rubbish plastic pollution specifically microplastic. The purpose of this research is to describe the image and impact of microplastics in coastal and marine areas. The method used Is qualitative or review literature. Microplastic has experienced plastic degradation and a size diameter < 5mm. Source microplastic consists of namely primary and secondary. Microplastics enter coastal and marine areas in several ways, such as flowing water from rivers, wind, and are carried by currents and some enter the sea through runoff. Pollution microplastics have broad impacts, among others health people, the economy, tourism, and aesthetics beach. Microplastics in the environment coast and sea cause serious damage to life sea, fish, death animals sea through winding and swallowing plastic debris.

Keywords: Coastal and Marine, Environment, Microplastics

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, kerusakan pantai semakin mendapat perhatian ilmiah, karena tingginya biaya untuk kota pesisir yang terkait dengan pembersihan pantai selama musim panas. Kerusakan pantai berasal dari akumulasi bahan alami dan antropogenik di zona pesisir dan terjadi di sepanjang garis pantai di seluruh dunia. Spektrum bahan yang dapat ditemukan di reruntuhan pantai terdiri dari

makrofita laut, kayu apung, serta puing-puing antropogenik, seperti limbah kemasan atau alat tangkap yang berbahan plastik (Dittmann, 2020).

Penemuan plastik membawa keuntungan besar dan kemudahan bagi peradaban manusia karena daya tahan, fleksibilitas, dan biaya produksi yang rendah. Plastik digunakan di hampir semua aspek kehidupan kita, dan konon kita hidup di era plastik. Permintaan dan produksi plastik yang meningkat pesat telah menjadi masalah lingkungan global. Produksi plastik

dunia baru-baru ini telah mencapai lebih dari 300 juta ton (Prokić *et al.*, 2019). Karena bahan plastik tahan terhadap degradasi, mereka menyebabkan dampak yang parah terhadap lingkungan (Zhang *et al.*, 2015). Bahan plastik memasuki lingkungan secara langsung sebagai bahan produksi primer atau sebagai bahan sekunder setelah pecahnya puing plastik yang lebih besar (Prokić *et al.*, 2019). Ketika bahan plastik memasuki lingkungan laut, mereka menjadi ancaman bagi kehidupan laut. Mikroplastik didefinisikan sebagai partikel plastik dengan diameter < 5 mm (Chen, 2020)

Zona transisi antara lingkungan laut dan darat sangat rentan terhadap pencemaran sampah. Kemunculan sampah plastik yang meluas di ekosistem laut adalah salah satu masalah pencemaran laut yang paling kritis di zaman sekarang. Sejumlah penelitian dari hampir semua wilayah dunia melaporkan keberadaan mikroplastik di wilayah pesisir dan perairan dangkal misalnya Chen, 2020; Mauludy *et al.*, 2019; Nel, 2015; Patchaiyappan *et al.*, 2020; dan Tran, 2020. Berdasarkan latar belakang dan permasalahan tersebut peneliti melakukan studi lebih lanjut mengenai dampak pencemaran mikroplastik di wilayah pesisir dan kelautan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif literatur review. Data dalam penelitian ini adalah informasi tentang gambaran umum dan dampak pencemaran mikroplastik di wilayah pesisir dan kelautan. Sumber data utama diperoleh melalui observasi dan dokumen dari jurnal atau artikel yang ada di Google Scholar mulai dari bulan Agustus sampai dengan Desember 2022.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Plastik adalah salah satu material padat yang banyak digunakan dalam aktivitas manusia (Marine Debris Program, 2013). Plastik dibedakan menjadi tujuh golongan, jenis plastik ini dapat dibedakan berdasarkan polimer yang membentuknya yaitu sebagai berikut: Polyethylene Terephthalate (PET atau PETE), High Densitas Polyethylene (HDPE), Polyvinyl Chloride (PVC), Low Densitas Polyethylene (LDPE) / Polyethylene (PE), Polypropylene (PP), Polystyrene (PS), Golongan lainnya.

Mikroplastik didefinisikan sebagai partikel plastik dengan diameter < 5 mm. Mikroplastik dapat berupa mikroplastik primer atau sekunder. Mikroplastik primer sengaja dibuat dengan ukuran sekecil itu. Mereka berasal dari produk perawatan pribadi berupa microbeads, pelet plastik, dan tekstil sintesis. Mikroplastik sekunder berasal dari puing-puing plastik yang lebih besar ketika menjadi rapuh seiring waktu dan pecah menjadi potongan-potongan kecil (Lusher *et al.*, 2017). Mikroplastik terbuat dari

berbagai polimer, seperti PE (polyethylene), PP (polypropylene), PS (polystyrene), PVC (polyvinyl chloride), dan PET (polyethylene terephthalate). Mikroplastik juga ditemukan dalam berbagai bentuk, seperti bola, serat, film, fragmen, dan busa (Hidalgo-Ruz *et al.*, 2012).

Ukuran mikroplastik untuk pertama kali dibahas pada lokakarya penelitian internasional yang membahas mengenai kejadian mikroplastik, efek, dan kondisi akhir serpihan laut mikroplastik pada tahun 2008, yang diselenggarakan oleh National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) marine debris program. Para peserta mengadopsi definisi pragmatis dan menyarankan batas ukuran mikroplastik lebih kecil dari 5 mm. Hal ini didasarkan pada dasar pikiran bahwa ukuran 5 mm tersebut akan mencakup rentang ukuran dari partikel kecil yang dapat dengan mudah dicerna oleh biota, dan partikel seperti itu yang mungkin dikhawatirkan menghadirkan berbagai jenis ancaman dibandingkan plastik yang memiliki ukuran lebih besar (seperti keterjeratan) (Arthur *et al.*, 2009).

Degradasi dari bahan yang terbuat dari polimer dan plastik terjadi pada kondisi biotik yang dimediasi oleh aksi makroorganisme (fragmentasi) atau mikroorganisme (biodegradasi) atau pada kondisi abiotik yang dimediasi oleh agen kimia atau fisika kimia. Degradasi biotik dimediasi oleh mikroorganisme terjadi pada lingkungan yang berbeda dan dapat diklasifikasikan menurut ada oksigen (aerobik) atau tidak adanya oksigen (anaerobik) (Chiellini *et al.*, 2003).

Mikroplastik berasal dari berbagai sumber, seperti dari pecahan-pecahan plastik yang lebih besar yang kemudian terdegradasi menjadi potongan yang lebih kecil. Peningkatan jumlah produksi plastik dan manajemen yang buruk dalam mengendalikan penyebaran limbah plastik (termasuk mikroplastik) telah menjadi permasalahan serius lingkungan, khususnya lingkungan perairan (Li *et al.*, 2018). Selain itu, suatu partikel dapat dikatakan mikroplastik jika partikel tersebut berbahan plastik dan berukuran 0,3-5mm (GESAMP, 2015). Sumber mikroplastik dibagi menjadi dua, yaitu sumber primer dan sekunder.

Mikroplastik primer adalah partikel plastik yang secara langsung masuk ke lingkungan dalam bentuk partikel kecil yang berasal dari berbagai macam produk yang mengandung partikel plastik misalnya dari gel mandi dan proses degradasi benda plastik berukuran besar selama proses pembuatan dan penggunaan atau perawatan bahan plastik (Eriksen *et al.*, 2014). Menurut Victoria (2017) mikroplastik primer adalah butiran plastik murni yang masuk ke wilayah laut diakibatkan oleh kelalaian penanganan pada proses produksi. Sumber mikroplastik primer mencakup semua kandungan plastik dari produk pembersih, produk kecantikan, dan sumber lainnya seperti pellet untuk pakan hewan, bubuk resin. Umumnya mikroplastik tersebut mencakup jenis polyethylene, polypropylene, dan polystyrene. Selain

pada kosmetik penggunaan mikroplastik pada obat-obatan sebagai vektor obat juga semakin banyak, dilaporkan Dowarah *et al.* (2020) pada penelitiannya menyebutkan ukuran manik-manik polyethylene yang ditemukan pada pembersih wajah berkisar dari 60 µm hingga 800 µm.

Mikroplastik sekunder menggambarkan fragment plastik kecil yang berasal dari pemecahan sampah plastik yang berukuran lebih besar menjadi lebih kecil, baik di laut maupun di darat. Seiring waktu, proses fisik, biologis dan kimiawi dapat mengurangi keutuhan struktural plastik yang mengakibatkan fragmentasi. Dalam waktu lama, paparan sinar matahari dapat menyebabkan foto-degradasi plastik; radiasi ultraviolet (UV) dalam sinar matahari menyebabkan oksidasi matriks polimer, yang menyebabkan pembelahan ikatan. Kondisi lingkungan laut yang ramah lingkungan kemungkinan besar akan mempercepat oksidasi foto ini. Sampah plastik di pantai bagaimanapun memiliki ketersediaan oksigen yang tinggi dan paparan langsung sinar matahari, sehingga pada waktunya berubah menjadi rapuh, membentuk retakan dan menguning. Hilangnya integritas struktural plastik ini semakin rentan terhadap fragmentasi akibat abrasi, gelombang dan turbin. Jika proses ini terus berlangsung, dengan fragment menjadi lebih kecil dari waktu ke waktu sampai menjadi mikroplastik. Mikroplastik mungkin terdegradasi menjadi nanoplastik.

Kehadiran nanoplastik di lingkungan laut akan menimbulkan polutan, salah satunya pada dasar rantai makanan di lingkungan laut. Perkembangan plastik biodegradable dianggap sebagai pengganti plastik tradisional yang layak. Namun, plastik biodegradable juga bisa menjadi sumber mikroplastik. Plastik bertingkat biodegradable biasanya merupakan komposit polimer sintetik dan pati, minyak nabati atau bahan kimia khusus yang dirancang untuk mempercepat waktu degradasi jika dibuang dengan tepat, contohnya di pabrik pengomposan industri dengan kondisi panas, lembab dan diangin-anginkan dengan baik. Namun, penguraian ini hanya sebagian, sementara komponen dari pati akan terurai dan banyak menghasilkan polimer sintesis. Dalam lingkungan laut yang relatif dingin, dengan tidak adanya bahan kimia terestrial, waktu dekomposisi bahkan komponen bioplastik yang dapat terurai akan diperpanjang, meningkatkan kemungkinan plastik menjadi kotor dan selanjutnya mengurangi perembesan UV yang menjadi dasar proses degradasi. Setelah pembusukan terjadi akhirnya mikroplastik akan terlepas ke lingkungan laut (Barletta *et al.*, 2017).

Mikroplastik masuk ke wilayah pesisir dan laut melalui beberapa cara seperti aliran air dari sungai, angin, dan terbawa oleh arus dan beberapa masuk ke laut melalui limpasan (Chen, 2020). Mikroplastik yang masuk ke dalam perairan pada akhirnya akan mengendap di sedimen (Wright *et al.*, 2013). Sedimen

merupakan akhir pengendapan dari partikel makro dan partikel mikro yang berasal dari material hasil erosi yang bersumber dari daratan dan dari bahan organik yang terakumulasi di dasar perairan. Sebagian wilayah pesisir di dunia ditemukan sejumlah besar makroplastik dan juga mikroplastik, yang berasal dari aktivitas antropogenik di daratan dan laut. Daerah garis pantai, terutama pantai, merupakan lingkungan yang menyajikan kondisi ideal (misalnya iradiasi dan suhu tinggi, angin berlimpah, dan gelombang) untuk degradasi makroplastik menjadi mikroplastik (Tran, 2020). Distribusi mikroplastik yang meluas di wilayah pesisir dan laut telah dilaporkan di banyak wilayah di seluruh dunia disajikan dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Penemuan Mikroplastik di Wilayah Pesisir dan Kelautan di Dunia

No	Nama	Keterangan
1	Pesisir Pantai di sepanjang Semenanjung Hengchun, Korea selatan (Chen, 2020)	konsentrasi mikroplastik berkisar antara 80 hingga 480 partikel/kg sedimen
2	Pesisir Pantai Da Nang, Vietnam (Tran, 2020)	Konsentrasi mikroplastik berkisar dari 2.097 hingga 9.238 partikel/kg sedimen
3	Pesisir Pantai tenggara, Afrika Selatan (Nel, 2015)	Konsentrasi mikroplastik berkisar 348,2 hingga 688,9 partikel/kg sedimen
4	Pesisir Pantai Andaman Selatan, India (Patchaiyappan <i>et al.</i> , 2020)	Konsentrasi mikroplastik berkisar 87,4 hingga 414,35 partikel/kg sedimen
5	Pesisir Pantai di Kabupaten Badung Bali, Indonesia (Mauludy <i>et al.</i> , 2019)	konsentrasi mikroplastik Berkisar 67,2 hingga 148,9 partikel/kg sedimen

Tanpa disadari pemakaian kemasan plastik dan bahan-bahan lain yang mengandung plastik telah memicu penumpukan sampah plastik. Plastik memiliki daya tahan tinggi dengan sifat ini tentu dapat menimbulkan masalah lingkungan. Jika produk ini tidak dibuang dengan benar serta pengelolaan limbah yang buruk menjadikan plastik sebagai komponen yang dapat terkontaminasi baik di lingkungan darat maupun dilaut (Claessens *et al.*, 2013). Pencemaran mikroplastik mempunyai dampak luas, diantaranya kesehatan manusia, ekonomi, pariwisata dan estetika pantai. Mikroplastik dapat menyebabkan bahaya yang lebih besar untuk organisme laut yang menempati tingkat trofik yang lebih rendah, seperti plankton, yang bersifat filter feeder mengkonsumsi mikroplastik, dan berdampak pada organisme di tingkat trofik yang lebih

tinggi melalui bioakumulasi (Pencemaran mikroplastik mempunyai dampak luas, diantaranya kesehatan manusia, ekonomi, pariwisata dan estetika pantai Mikroplastik di lingkungan pesisir dan laut menyebabkan kerusakan serius pada kehidupan laut, ikan, kematian hewan laut melalui lilitan dan menelan puing-puing plastik (Lusher *et al.*, 2017).

Mikroplastik yang tertelan oleh biota air dapat memberikan efek terhadap fisik biota akibat mengandung senyawa toksik. Mikroplastik memiliki ukuran mirip dengan organisme plankton. Sehingga mengakibatkan mikroplastik ini bisa tertelan oleh biota air (Zuo *et al.*, 2020). Masuknya mikroplastik dalam tubuh biota dapat merusak saluran pencernaan, mengurangi tingkat pertumbuhan, menghambat produksi enzim, menurunkan kadar hormon steroid, memengaruhi reproduksi, dan dapat menyebabkan paparan aditif plastik yang bersifat toksik. Dampak kontaminasi sampah plastik pada kehidupan di laut dipengaruhi oleh ukuran sampah tersebut. Sampah plastik yang berukuran kecil, seperti benang pancing dan jaring, dapat mengganggu sistem fungsi organ pada organisme. Sampah plastik yang lebih kecil, seperti tutup botol, korek api, dan pellet plastik dapat tertelan oleh organisme perairan dan menyebabkan penyumbatan usus serta potensi keracunan bahan kimia. Sementara itu, mikroplastik dapat tertelan oleh organisme kecil di habitat tersebut dan menimbulkan dampak yang serius. Hewan laut yang menelan mikroplastik termasuk organisme bentik (perairan dalam dan lepas) dan pelagis (perairan dekat permukaan), yang memiliki variasi strategi makan dan menempati tingkat urutan yang berbeda. Invertebrata laut bentik yang menelan mikroplastik, termasuk teripang, kerang, dan lobster. Beberapa invertebrata bahkan lebih memilih partikel plastik, teripang dari habitat bentik menelan fragment plastik dalam jumlah yang tidak proporsional berdasarkan rasio tertentu plastik dengan pasir (Von Moos *et al.*, 2012).

Mikroplastik juga mempunyai dampak terhadap manusia, jika terakumulasi terhadap organisme dan kemudian di transfer ke manusia melalui rantai makanan. Hal tersebut bisa berdampak penyakit terhadap manusia (Firdaus *et al.*, 2020). Manusia kerap mengonsumsi makanan laut seperti pada ikan dan kerang (spesies molecular, crustacea, dan echinodermata) dapat memiliki konsekuensi untuk kesehatan manusia. Hal ini berlaku untuk biota pemakan saringan seperti kerang dan tiram di Eropa, tetapi bisa juga berlaku untuk teripang penyu yang lebih populer dalam masakan Asia (GESAMP, 2015) dari itulah mikroplastik dapat masuk ke dalam tubuh manusia. Mikroplastik banyak mengandung senyawa berbahaya seperti PCBs, logam, dan PBDEs, di mana senyawa-senyawa tersebut dapat berbahaya jika terakumulasi di tubuh manusia. Berdasarkan penelitian para ahli dari Badan Lingkungan Federal melakukan analisis di laboratorium sehubungan dengan sepuluh plastik yang paling banyak digunakan

di dunia. Dari delapan orang sukarelawan, mikroplastik terdeteksi dalam tinja dengan konsentrasi rata-rata 20 partikel mikroplastik per 10gram tinja (Schwabl *et al.*, 2019).

Berdasarkan penjelasan tersebut mikroplastik yang berasal dari sampah plastik yang terdegradasi memiliki potensi untuk mengganggu keseimbangan ekosistem dan berdampak negatif bagi lingkungan khususnya wilayah pesisir dan kelautan. Hal ini menunjukkan bahwa diperlukannya Langkah pencegahan maupun aturan yang dapat meminimalisir dan mengurangi terjadinya dampak pencemaran mikroplastik terhadap lingkungan khususnya wilayah pesisir dan kelautan

KESIMPULAN

Mikroplastik merupakan plastik yang mengalami degradasi dan berukuran diameter < 5 mm. Sumber mikroplastik terdiri dari yaitu primer dan sekunder. Mikroplastik primer adalah partikel plastik yang secara langsung masuk ke lingkungan dalam bentuk partikel kecil yang berasal dari berbagai macam produk yang mengandung partikel plastik. Mikroplastik sekunder menggambarkan fragment plastik kecil yang berasal dari pemecahan sampah plastik yang berukuran lebih besar menjadi lebih kecil, baik di laut maupun di darat. Mikroplastik masuk ke wilayah pesisir dan laut melalui beberapa cara seperti aliran air dari sungai, angin, dan terbawa oleh arus dan beberapa masuk ke laut melalui limpasan. Pencemaran mikroplastik mempunyai dampak luas, diantaranya kesehatan manusia, ekonomi, pariwisata dan estetika pantai. Mikroplastik di lingkungan pesisir dan laut menyebabkan kerusakan serius pada kehidupan laut, ikan, kematian hewan laut melalui lilitan dan menelan puing-puing plastik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada dosen dari prodi Ilmu Lingkungan Universitas Negeri Padang dan Universitas Bung Hatta yang telah memberikan wawasan dan keahlian yang sangat membantu penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arthur, C., Baker, J., & Bamford, H. 2009. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris. *Group, January*, 530.
- Barletta, M., Simmonds, M. P., Hong, S., Leaper, R. C., Panti, C., Fossi, M. C., Romeo, T., Baini, M., Marsili, L., Campani, T., Canese, S., Galgani, F., Druon, J.-N., Airoidi, S., Taddei, S., Fattorini, M., Brandini, C., & Lapucci, C. 2017. Plastic Debris Occurrence, Convergence Areas and Fin Whales Feeding Ground in the Mediterranean Marine Protected Area Pelagos Sanctuary: A Modeling

- Approach. *Frontiers in Marine Science* / www.frontiersin.org, 4, 167.
- Chen, M. C. 2020. Spatial and seasonal distribution of microplastics on sandy beaches along the coast of the Hengchun Peninsula, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 151(December 2019), 110861.
- Chiellini, E., Corti, A., & Swift, G. 2003. Biodegradation of thermally-oxidized, fragmented low-density polyethylenes. *Polymer Degradation and Stability*, 81(2), 341–351.
- Claessens, M., Van Cauwenberghe, L., Vandeghechuchte, M. B., & Janssen, C. R. 2013. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 70(1–2), 227–233.
- Dittmann, S. 2020. Two simple washing procedures allow the extraction of positively buoyant microplastics ($> 500 \mu\text{m}$) from beach wrack. *Marine Pollution Bulletin*, 161(PB), 111762.
- Dowarah, K., Patchaiyappan, A., Thirunavukkarasu, C., Jayakumar, S., & Devipriya, S. P. 2020. Quantification of microplastics using Nile Red in two bivalve species *Perna viridis* and *Meretrix meretrix* from three estuaries in Pondicherry, India and microplastic uptake by local communities through bivalve diet. *Marine Pollution Bulletin*, 153, 110982.
- Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borrorro, J. C., Galgani, F., Ryan, P. G., & Reisser, J. 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), e111913.
- Firdaus, M., Trihadiningrum, Y., & Lestari, P. 2020. Microplastic pollution in the sediment of Jagir Estuary, Surabaya City, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110790.
- GESAMP. 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment (Kershaw, P. J., ed.). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). *Rep. Stud. GESAMP*, No. 90, 96 p.
- 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.
- Li, J., Liu, H., & Paul Chen, J. 2018. Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection. In *Water Research*. Vol. 137, hal. 362–374
- Lusher, A., Hollman, P., & Mandoza-Hill, J. 2017. Microplastics in fisheries and aquaculture. In *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* (Vol. 615, Nomor July).
- Marine Debris Program, N. 2013. *UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE Nnt:lona Oceanic and Atmospheric Administration*.
- Mauludy, M. S., Yunanto, A., & Yona, D. 2019. Microplastic Abundances in the Sediment of Coastal Beaches in Badung, Bali. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 21(2), 73.
- Nel, H. A. 2015. A quantitative analysis of microplastic pollution along the south-eastern coastline of South Africa. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 274–279.
- Patchaiyappan, A., Ahmed, S. Z., Dowarah, K., Jayakumar, S., & Devipriya, S. P. 2020. Occurrence, distribution and composition of microplastics in the sediments of South Andaman beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 156(March), 111227.
- Prokić, M. D., Radovanović, T. B., Gavrić, J. P., & Faggio, C. 2019. Ecotoxicological effects of microplastics: Examination of biomarkers, current state and future perspectives. In *TrAC - Trends in Analytical Chemistry* (Vol. 111, hal. 37–46). Elsevier B.V.
- Schwabl, P., Koppel, S., Konigshofer, P., Bucsics, T., Trauner, M., Reiberger, T., & Liebmann, B. 2019. Detection of various microplastics in human stool: A prospective case series. *Annals of Internal Medicine*, 171(7), 453–457.
- Tran, N. 2020. Characteristics of microplastics in shoreline sediments from a tropical and urbanized beach (Da Nang, Vietnam). *Marine Pollution Bulletin*, 161(July), 111768.
- Victoria, A.V. 2017. Kontaminasi Mikroplastik di Perairan Tawar. *Teknik Kimia ITB*, January, 1–10.
- Von Moos, N., Burkhardt-Holm, P., & Köhler, A. 2012. Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science and Technology*, 46(20), 11327–11335.
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. In *Environmental pollution (Barking, Essex: 1987)* (Vol. 178, hal. 483–492). Elsevier.
- Zhang, D., Huang, G., Yin, X., & Gong, Q. 2015. Residents' waste separation behaviors at the source: Using SEM with the theory of planned behavior in Guangzhou, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(8), 9475–9491.
- Zuo, L., Sun, Y., Li, H., Hu, Y., Lin, L., Peng, J., & Xu, X. 2020. Microplastics in mangrove sediments of the Pearl River Estuary, South China: Correlation with halogenated flame retardants' levels. *Science of the Total Environment*, 725, 138344.