

Kajian Keberadaan Mikroplastik Di Wilayah Perairan: Review

Dinda Resmi Permatasari¹, Arlini Dyah Radityaningrum²

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,2}
e-mail:dindaresmip@gmail.com

ABSTRACT

Plastic undergoes degradation process into small pieces namely microplastic (MP) in an environment. MP was defined as small plastic particle with diameter less than 5 mm. Recently, MP has been found in water environments from various source. This research aims to investigate MP occurrence in terms of the abundance, size, shape, and polymer type of MP in the water environment including lake, river, estuary, sea, gulf, and strait. The results show that the MP abundance is 57.112 particles/km² in the lake; 3×10^6 particles/km² in the river; 292 particles/L in the estuary; $6,18 \times 10^5$ particles/km² in the sea; 580 particles/L in the gulf; and $32,48 \times 10^5$ particles/L in the strait. Dominant size and shape of MP existed in the water environment are about 0.355 mm - 0.999 mm and fragment. Polymer types of MP commonly found in the water environment are polyethylene (PE) and polypropylene (PP)

Keyword: Abundance, microplastic, polymer, shape, size, water environment

ABSTRAK

Plastik mengalami proses degradasi menjadi mikroplastik (MP) di lingkungan. MP merupakan partikel plastik dengan ukuran diameter kurang dari 5 mm. Saat ini telah ditemukan MP dari berbagai sumber pencemar di lingkungan perairan. Tujuan penelitian ini yaitu mengkaji keberadaan MP ditinjau dari kelimpahan, ukuran, bentuk, dan jenis MP di lingkungan perairan. Wilayah perairan yang dikaji meliputi danau, sungai, estuari, laut, teluk dan selat. Hasil kajian menunjukkan bahwa kelimpahan MP di lingkungan perairan masing-masing adalah sebesar 57.112 partikel/km² di danau; 3×10^6 partikel/km² di sungai; 292 partikel/L di estuari; $6,18 \times 10^5$ partikel/km² di laut; 580 partikel/L di teluk; $32,48 \times 10^5$ partikel/L di selat. Dominasi ukuran MP di perairan 0,355 mm - 0,999 mm, dan berbentuk fragmen. Jenis polimer MP yang sering ditemukan di lingkungan perairan adalah *polyethylene* (PE) dan *polypropylene* (PP).

Kata kunci: Bentuk, kelimpahan, mikroplastik, lingkungan perairan, ukuran, jenis polimer

PENDAHULUAN

Plastik merupakan material yang umum digunakan dalam aktivitas sehari-hari [1]. Sampah yang dihasilkan dari produk plastik akan mengalami proses degradasi oksidatif polimer di lingkungan akibat terkena radiasi sinar ultraviolet [2]. Selain itu, pengaruh mekanis lainnya, seperti angin, gelombang laut, gigitan dari biota, dan aktivitas antropogenik dapat menghancurkan plastik ke dalam bentuk yang lebih kecil [3]. Hasil dari proses degradasi plastik produk akan menjadi partikel plastik berukuran kecil, yaitu makroplastik (MaP), mesoplastik (MEP), mikroplastik (MP), dan nanoplastik (NP) [2].

MP merupakan plastik yang memiliki ukuran partikel kurang dari 5 mm [2, 4, 5]. Berdasarkan sumbernya, MP dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu MP primer dan sekunder [6]. MP primer adalah hasil produksi plastik yang dibuat dalam bentuk mikro, seperti *microbeads* pada produk perawatan kulit [6, 7, 8]. MP sekunder merupakan pecahan, bagian, atau hasil fragmentasi dari partikel plastik yang berukuran lebih besar [9].

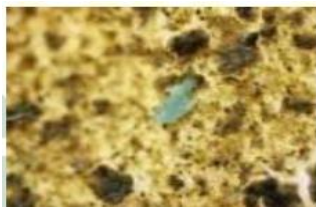
Ukuran, bentuk, dan jenis MP yang berbeda di perairan memberikan dampak negatif yang berbeda terhadap biota perairan. Selain itu, kelimpahan MP di perairan menimbulkan gangguan terhadap kehidupan biota di ekosistem perairan. Oleh karenanya, penting untuk mengkaji MP ditinjau dari kelimpahan, ukuran, bentuk, dan jenis polimer MP yang ditemukan di

lingkungan perairan. Selain itu, kajian keberadaan MP di lingkungan perairan diperlukan sebagai informasi guna mengedukasi masyarakat mengenai keberadaan polutan mikroplastik. Hal ini diperlukan untuk peningkatan pengelolaan sampah plastik, sehingga dapat meminimumkan penyebaran keberadaan MP di lingkungan [10]. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keberadaan MP di lingkungan perairan.

TINJAUAN PUSTAKA

Bentuk MP

MP umumnya ditemukan dalam bentuk serat, fragmen, film, pelet, lembaran, dan *foam* (Gambar 1) [5]. MP berbentuk fiber berasal dari fragmentasi monofilamen jaring ikan, tali, dan kain sintesis [11]. Fragmen merupakan bentuk pecahan plastik yang berukuran lebih besar. Sumber MP jenis fragmen umumnya berasal dari botol-botol, kantong plastik dan serpihan pipa paralon [12]. Bentuk partikel film juga berasal dari pecahan plastik yang sangat tipis [12]. MP berupa pelet dihasilkan dari sisa bahan baku kegiatan industri, bahan toiletris, sabun dan pembersih muka [13], sedangkan *foam* dari kemasan pengepakan dan tas plastik [14].



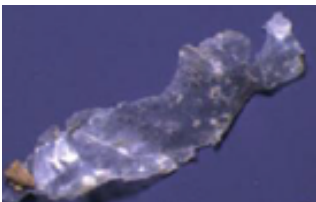
a. Fragmen



b. Pelet



c. Serat



d. Film



e. Lembaran



f. Foam

Gambar 1. Bentuk MP [15]

Komposisi MP

Karakterisasi MP dilakukan berdasarkan jenis polimer MP. Jenis polimer MP yang umumnya berada di lingkungan adalah polistirena (PS), polipropilena (PP), polietilena (PE), polietilena-tereftalat (PET), polivinil klorida (PVC), poliamida (PA), akrilonitril butadien stirena (ABS) [16]. Material PE dan PS berasal dari produk kemasan, mainan, peralatan rumah tangga, tas plastik, sedangkan PP berasal dari kemasan makan, pipa, onderdil kendaraan [17].

Dampak MP pada biota

Masuknya MP dalam tubuh biota akan merusak saluran pencernaan, memperlambat tingkat pertumbuhan, menghambat produksi enzim, menurunkan kadar hormon steroid, mempengaruhi reproduksi, dan dapat menyebabkan paparan aditif plastik lebih besar sifat toksik pada biota [18]. Dampak kontaminasi MP pada biota di laut dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk MP. MP yang berukuran kecil berbentuk serat, seperti serat benang pancing dan jaring serta pelet, yang masuk dalam tubuh biota dapat mengganggu sistem fungsi organ pada organisme [18]. MP juga bersifat menyerap racun yang dihasilkan dari bahan-bahan kimia pada air laut serta lingkungan sekitarnya [19]. Hal tersebut berakibat terjadinya transfer bahan yang bersifat toksik

ke dalam biota konsumen melalui rantai makanan secara tidak langsung. Apabila hal ini terjadi, maka manusia berpotensi untuk terkontaminasi MP melalui rantai makanan [20]. Selain itu, MP dapat sebagai vektor pathogen, karena memiliki potensi sebagai pembawa mikroba [20].

METODE

Penelitian ini merupakan kajian literatur dengan topik keberadaan MP di lingkungan perairan. Pembahasan dilakukan terhadap hasil identifikasi dan karakterisasi MP di perairan, sehingga dapat dikaji mengenai kelimpahan, ukuran, bentuk dan jenis MP yang umum ditemukan di perairan. Wilayah perairan yang dikaji adalah perairan permukaan, yang meliputi danau, sungai, estuari serta perairan laut, yang terdiri atas laut, teluk, selat. Kajian dilakukan pada penelitian MP yang telah dilakukan pada wilayah-wilayah di luar Indonesia dan beberapa wilayah di Indonesia. Hal ini dikarenakan setiap wilayah perairan memiliki karakteristik daerah aliran yang berbeda serta aktivitas manusia di sekitarnya yang bervariasi. Beberapa faktor yang mempengaruhi penyebaran MP di lingkungan perairan diantaranya adalah jenis kegiatan manusia di sekitarnya dan karakteristik daerah alirannya [21]. Artikel ilmiah yang dikaji berasal dari jurnal nasional dan internasional yang diterbitkan mulai tahun 2011 - 2020.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode pengambilan sampel air

Pengambilan sampel air pada penelitian MP di perairan dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu menggunakan manta *trawl* atau pukat manta berukuran 125 μm mesh - 355 μm mesh [22, 23, 24]; *plankton net* berukuran 80 μm mesh - 400 μm mesh [12, 25, 26, 27]; botol kaca [23, 28]. Selain itu, dari beberapa peneliti juga menggunakan alat pengambilan sampel berupa *Neuston net* [29] dan *Conical net* berukuran 80 μm mesh [30]. Metode pengambilan sampel air disesuaikan dengan kebutuhan peneliti untuk mewakili keberadaan MP di beberapa wilayah perairan seperti danau, sungai, muara, laut, teluk dan selat.

Identifikasi MP

Sampel air yang sudah diambil kemudian disimpan pada suhu 0-4°C untuk membatasi pertumbuhan bakteri yang dapat mengganggu identifikasi dan karakterisasi MP [2]. Selanjutnya, dilakukan pemisahan MP dalam sampel air serta identifikasi dan karakterisasi MP [2]. Proses oksidasi sampel air dengan metode *wet peroxide oxidation* (WPO) / oksidasi peroksida basah dilakukan sebelum pemisahan MP dalam sampel air [2, 31]. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan kontaminan organik dalam sampel yang mengganggu proses identifikasi dan karakterisasi MP. WPO dilakukan dengan penambahan hidrogen peroksida basah (H_2O_2) 30% dan 0,05M Fe(II) untuk memisahkan MP dalam sampel [32]. Campuran larutan tersebut dipanaskan hingga 75°C di atas *hot plate* sampai mendidih, dibiarkan hingga dingin dan kemudian kembali dipanaskan pada *hot plate* untuk proses penguraian bahan organik lebih lanjut selama 30 menit [30]. Setelah proses tersebut, sampel disaring dengan filtrasi vakum menggunakan media penyaring membran. Setelah proses filtrasi, media penyaring membran dibiarkan mengering. MP yang tersaring pada media penyaring membran diidentifikasi ukuran, bentuk, dan warnanya melalui pengamatan mikroskopis. Kelimpahan mikropartikel dihitung berdasarkan jumlah partikel yang ditemukan dalam volume air yang tersaring [12].

MP di perairan permukaan

Lingkungan perairan permukaan yang dikaji dalam penelitian ini meliputi perairan danau, sungai dan muara sungai. Hasil kajian menunjukkan bahwa kelimpahan MP yang ada di perairan permukaan bervariasi jumlahnya (Tabel 1).

Tabel 1 Kelimpahan mikroplastik pada lokasi yang berbeda di perairan permukaan

Lokasi	Kelimpahan Mikroplastik	Sumber
Perairan Danau		
Danau Besar Laurentian	57.112 partikel/km ²	[33]
Danau Taihu, China	0,01 x 10 ⁶ – 6,8 x 10 ⁶ partikel/km ²	[34]
Perairan Sungai		
DAS Middle-Lower Yangtze	4,92 x 10 ⁵ partikel/km ²	[35]
Sungai Rhine	892.777 partikel/km ²	[22]
Sungai Saskatchewan, Kanada	28,8 partikel/km ²	[30]
DAS Sungai Raritan dan Sungai Passaic	28.000 - 3.000.000 partikel/km ²	[36]
Sungai Seine, Paris	108 x 10 ³ partikel/km ²	[25]
Sungai Nigeria	73-680 partikel/L	[37]
DAS Milwaukee	2031 partikel/L	[29]
Sungai Raritan, AS	27.800 - 43.900 partikel/L	[38]
Sungai Ottawa, Kanada	1350 partikel/L	[23]
Kali Surabaya	13.33 partikel/L	[24]
Sungai Banyuwirip, Gresik	7,78 x 10 ⁵ partikel/L	[12]
Perairan Estuari		
Muara Sungai DKI Jakarta	205 partikel/L	[39]
Muara Gembong	86,13 partikel/L	[40]
Hutan Bakau, Jambi	292 partikel/L	[26]
Muara Bombong, Batangas	10,67 partikel/L	[41]

Perairan danau memiliki kelimpahan MP yang relatif tinggi dalam penelitian-penelitian tersebut. Hal ini disebabkan adanya aktivitas antropogenik yang terjadi di sekitar danau. Salah satu sumber MP pada danau diduga berasal dari kegiatan domestik, seperti mesin cuci. Selain itu, wilayah danau yang diteliti juga terdapat aktivitas antropogenik lain yang menyebabkan munculnya MP di perairan danau, misalnya kegiatan pertanian. Air limbah yang berasal dari sumber pertanian tidak memiliki pengolahan dan menjadi sumber pencemar pada air danau [34].

Berdasarkan hasil kajian, partikel MP yang ditemukan di perairan permukaan memiliki ukuran berkisar pada 0,355 mm – 0,999 mm. Adapun bentuk MP yang sering ditemukan di perairan permukaan adalah fragmen, serat dan pelet. Namun, bentuk fragmen mendominasi bentuk MP di perairan permukaan. Hal ini disebabkan MP fragmen berasal dari fragmentasi botol plastik, kantong plastik sekali pakai, dimana produk plastik tersebut banyak digunakan dalam kegiatan sehari-hari [33]. Selain itu, sampah plastik yang tidak dikelola dengan baik berpotensi terhadap distribusi MP di lingkungan perairan [42]. MP serat berasal dari limbah domestik, terutama dari kegiatan pencucian pakaian [33]. Sedangkan pelet diduga berasal dari *microbeads* pada produk pembersih wajah, produk kosmetik, dan perawatan pribadi (*toiletries*) [22, 29, 36]. Jenis polimer MP yang sering ditemukan di wilayah perairan permukaan yaitu *polyethylene* (PE) yang berasal dari produk kemasan minuman berbahan plastik [33, 34, 37].

MP di perairan laut

MP yang dikaji di perairan laut meliputi perairan laut, teluk dan selat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MP telah ditemukan di beberapa wilayah perairan laut (Tabel 2).

Tabel 2 Kelimpahan mikroplastik pada lokasi yang berbeda di perairan laut

Lokasi	Kelimpahan Mikroplastik	Sumber
Perairan laut		
Pasifik Barat Laut	$4,2 \times 10^4$ partikel/km ²	[43]
Atlantik, Timur Laut	185.000 partikel/km ²	[44]
Kepulauan Stockholm, Laut Baltik	$6,18 \times 10^5$ partikel/km ²	[45]
Pulau Gili Labak, Kabupaten Sumenep	189.000 partikel/km ²	[46]
Kupang dan Rote, NTT	81,5 partikel/L	[10]
Perairan Teluk		
Teluk Benoa Provinsi Bali	430-580 partikel/L	[27]
Teluk Tampa, Florida	0,94 partikel/L	[47]
Pulau Pramuka, Teluk Jakarta	185 partikel/L	[28]
Perairan Selat		
Selat Bali	$32,48 \times 10^3$ partikel/L	[48]

Kelimpahan MP tertinggi ditemukan di lingkungan perairan laut sebesar $6,18 \times 10^5$ partikel/km², yaitu di perairan Laut Baltik. Area di sekitar perairan Laut Baltik merupakan wilayah dengan kegiatan yang bervariasi, yaitu pelabuhan komersial, instalasi pengolahan air limbah dan kegiatan domestik di perkotaan Stockholm [45]. Hal ini mengakibatkan adanya potensi pencemaran oleh MP dari berbagai sumber tersebut. Perairan laut merupakan lingkungan yang berpotensi terkontaminasi oleh MP, karena dari beberapa wilayah perairan, bermuara pada perairan laut [27].

Ukuran MP terkecil yang ditemukan di perairan laut adalah 10µm, sedangkan ukuran terbesarnya 5 mm [10, 27, 43]. Semakin lama umur plastik di perairan laut, maka akan terjadi proses degradasi menjadi partikel berukuran lebih kecil [43]. Fragmentasi plastik menjadi ukuran lebih kecil disebabkan oleh radiasi sinar ultraviolet, gaya mekanik dari gelombang air laut, bahan yang bersifat oksidatif dari plastik, serta sifat hidrolitik dari air laut [10]. Bentuk MP yang umum ditemukan di perairan laut adalah fragmen dan serat. Hal ini sesuai dengan dominasi bentuk MP yang ditemukan di perairan permukaan, dimana fragmen merupakan bentuk MP yang terbanyak. Kondisi ini dikarenakan perairan permukaan, terutama sungai, diduga sebagai salah satu jalur pembawa sampah menuju laut [49]. Bentuk MP fragmen diduga berasal dari fragmentasi produk plastik yang lebih besar, seperti botol plastik dan kantong plastik, akibat paparan sinar ultraviolet dan arus air [10, 44, 47, 48]. Sedangkan, bentuk serat berasal dari pakaian, tali temali, alat pancing dan jaring. Faktor utama banyaknya MP serat ditemukan pada perairan adalah banyaknya aktivitas masyarakat di sekitar perairan. Jenis polimer MP yang mendominasi di perairan laut adalah *polypropylene* (PP). Polimer jenis ini termasuk salah satu polimer yang paling banyak ditemukan di perairan.

KESIMPULAN

Kelimpahan MP yang telah ditemukan di lingkungan perairan yaitu sebesar 57.112 partikel/km² di danau; 3×10^6 partikel/km² di sungai; 292 partikel/L di estuari; $6,18 \times 10^5$ partikel/km² di laut; 580 partikel/L di teluk; $32,48 \times 10^5$ partikel/L di selat. Ukuran MP yang dominan di lingkungan perairan berkisar pada 0,355 mm - 0,999 mm. Bentuk MP yang sering ditemukan di perairan permukaan dan laut adalah bentuk fragmen. Jenis polimer *polyethylene* (PE) dan *polypropylene* (PP) banyak dijumpai pada perairan permukaan dan laut. Penelitian keberadaan MP pada lingkungan perairan, terutama perairan permukaan di Indonesia masih terbatas di beberapa wilayah saja. Oleh karenanya, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut sebagai dasar informasi tentang pencemaran MP yang telah terjadi di perairan Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astuti, A. D. 2018. "Penerapan kantong plastik berbayar sebagai upaya mereduksi penggunaan kantong plastik". *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan dan IPTEK*, vol. 12 (1), pp. 32–40.
- [2] Crawford, C. B., Quinn, B., 2017. "Microplastic Pollutant". Elsevier.
- [3] GESAMP. 2015. "Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Oceans: a global assessment". International Maritime Organization, London.
- [4] Barnes, D. K., Galgani, F., Thompson, R. C., *et al.* 2009. "Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, vol. 364 (1526), pp. 1985–1998.
- [5] Hidalgo-Ruz, V., Gutow, L., Thompson, R. C. 2012. "Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification". *Environmental Science Technology*, vol. 46 (6), pp. 3060–3075.
- [6] Andrady, L., 2011. "Microplastics in the marine environment". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62 (8), pp. 1596–605.
- [7] Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., Thompson, R., 2011. "Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks". *Environmental Science & Technology*, vol. 45 (21), pp. 9175–9179.
- [8] Wang, J., Tan, Z., Peng, J., Qiu, Q., Li, M., 2016. "The behaviors of microplastics in the marine environment". *Marine Environmental Research*, vol. 113, pp. 7–17.
- [9] Zettler, E. R., Mincer, T. J., Amaral-Zettler, L. A. 2013. "Life in the "Plastisphere": microbial communities on plastic marine debris. *Environmental Science Technology*, vol. 47, pp. 7137–7146.
- [10] Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., Mulyani, P. G. 2019. "Kondisi sampah mikroplastik di permukaan air laut sekitar Kupang dan Rote, Provinsi Nusa Tenggara Timur". *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat dan Biodiversitas Indonesia*, vol. 5 (2), pp. 165–171.
- [11] Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., Galloway, T. S., 2011. "Microplastics as contaminants in the marine environment: a review". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62, pp. 2588–2597.
- [12] Ayuningtyas, W. C. 2019. "Kelimpahan mikroplastik pada perairan di Banyuwirip, Gresik, Jawa Timur". *JFMR-Journal of Fisheries and Marine Research*, vol. 3 (1), pp. 41–45.
- [13] Fendall, L. S., Sewell, M. A., 2009. "Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 58, pp. 1225–1228.
- [14] Nor, N. H. dan Obbard, J. P. 2014. "Microplastics in Singapore's coastal mangrove ecosystems". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 79 (1-2), pp. 278–283.
- [15] Zhang, W., Ma, X., Zhang, Z., Wang, Y., Wang, J., Wang, J., Ma, D. 2015. "Persistent organic pollutants carried on plastic resin pellets from two beaches in China". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 99, pp. 28–34.
- [16] Koelmans, A. A., Nor, N. H. M., Hermesen, E., Kooi, M., Mintenig, S. M., de France, J., 2018. "Microplastic in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality". *Water Research*, vol. 155, pp. 410–422.
- [17] Plastic Europe, 2018. Plastics – the facts 2017. An analysis of european plastics production. Demand and Waste Data www.plasticseurope.org.
- [18] Wright, S. L., Thompson, R.C., Galloway, T. S. 2013. "The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review". *Environmental Pollution*, vol. 178, pp. 483–492.
- [19] Avio, C. G., Gorbi, S., Milan, M., Benedetti, M., Fattorini, D., d'Errico, G., Pauletto, M., Bargelloni, L., Regoli, F. 2015. "Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels". *Environmental Pollution*, vol. 198. pp. 211–222.

- [20] Rochman, M. C., Browne, A. J., Underwood, J. A., van Franeker, R. C., Thompson, L. A., Amaral-Zettler. 2015. "The ecological impacts of marine debris: Unraveling the demonstrated evidence from what is perceived". *Ecology*, vol. 97, pp. 302-312.
- [21] Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, Chris, Theodore, R. S., Perryman. 2015. "Plastic waste inputs from land into the ocean". *Science*, vol. 347 (6223), pp. 768-771.
- [22] Mani, T., Hauk, A., Walter, U., & Burkhardt-Holm, P. 2015. "Microplastics profile along the Rhine River". *Scientific Reports*, vol. 5 (Desember), pp. 1-7.
- [23] Vermaire, J. C., Pomeroy, C., Herczegh, S. M., Haggart, O., Murphy, M. 2017. "Microplastic abundance and distribution in the open water and sediment of the Ottawa River, Canada, and its tributaries". *Facets*, vol. 2 (1), pp. 301-314.
- [24] Wijaya, B. A., Trihadiningrum, Y. 2019. "Pencemaran meso- dan mikroplastik di Kali Surabaya pada Segmen Driyorejo hingga Karang Pilang". *Jurnal Teknik ITS*, vol. 8 (2), pp. 2-7.
- [25] Dris, R., Gasperi, J., Rocher, V., Saad, M., Renault, N., & Tassin, B. 2015. "Microplastic contamination in an urban area: A case study in Greater Paris". *Environmental Chemistry*, vol. 12 (5), pp. 592-599.
- [26] Fitri, S., & Patria, M. P. 2019. "Microplastic contamination on *Anadara granosa* Linnaeus 1758 in Pangkal Babu mangrove forest area, Tanjung Jabung Barat district, Jambi". *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1282 (1).
- [27] Hafidh, D., Restu, I. W., Made, N. 2018. "Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Perairan Teluk Benoa Provinsi Bali". *Current Trends in Aquatic Science*, vol. 88, pp. 80-88.
- [28] Priscilla, V., Sedayu, A., Patria, M. P. 2019. "Microplastic abundance in the water, seagrass, and sea hare *Dolabella auricularia* in Pramuka Island, Seribu Islands, Jakarta Bay, Indonesia". *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1402 (3).
- [29] Lenaker, P. L., Baldwin, A. K., Corsi, S. R., Mason, S. A., Reneau, P. C., Scott, J. W. 2019. "Vertical distribution of microplastics in the water column and surficial sediment from the Milwaukee River Basin to Lake Michigan". *Environmental Science and Technology*, vol. 53 (21), pp. 12227-12237.
- [30] Campbell, S. H., Williamson, P. R., Hall, B. D. 2017. "Microplastics in the gastrointestinal tracts of fish and the water from an urban prairie creek". *Facets*, vol. 2 (1), pp. 395-409.
- [31] Alvim, C. B., Mendoza-Roca, J. A., Pia, B. 2020. "Wastewater treatment plant as microplastics release source – Quantification and identification techniques". *Journal of Environmental Management*, vol. 255, pp. 1-11.
- [32] Masura, J., Baker, G., Foster, Arthur, C. 2015. "Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments". National Oceani and Atmospherie Administration.
- [33] Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., Amato, S. 2013. "Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 77 (1-2), pp. 177-182.
- [34] Su, L., Xue, Y., Li, L., Yang, D., Kolandhasamy, P., Li, D., Shi, H. 2016. "Microplastics in Taihu Lake, China." *Environmental Pollution*, vol. 216, pp. 711-719.
- [35] Xiong, X., Wu, C., Elser, J. J., Mei, Z., Hao, Y. 2019. "Occurrence and fate of microplastic debris in middle and lower reaches of the Yangtze River – From inland to the sea". *Science of the Total Environment*, vol. 659, pp. 66-73.
- [36] Ravit, B., Cooper, K., Moreno, G., Buckley, B., Yang, I., Deshpande, A., Meola, S., Jones, D., Hsieh, A. 2017. "Microplastics in urban New Jersey freshwaters: distribution, chemical identification, and biological affects". *AIMS Environmental Science*, vol. 4 (6), pp. 809-826.
- [37] Ebere, E. C., Wirnkor, V. A., Ngozi, V. E., Chukwuemeka, I. S. 2019. "Macrodebris and microplastics pollution in Nigeria: First report on abundance, distribution and

- composition". *Environmental Health and Toxicology*, vol. 34 (4), pp. 1–19.
- [38] Estahbanati, S., Fahrenfeld, N. L. 2016. "Influence of wastewater treatment plant discharges on microplastic concentrations in surface water". *Chemosphere*, vol. 162, pp. 277-284.
- [39] Rahmad, S., Purba, N., Agung, M., Yuliadi, L. 2019. "Karakteristik sampah mikroplastik di muara Sungai DKI Jakarta". *Depik*, vol. 8 (1), pp. 9–17.
- [40] Agustian Fareza, A., Sembiring, E. 2020. "Occurrence of microplastics in water, sediment and milkfish (*Chanos chanos*) in Citarum River Downstream (Case Study: Muara Gembong)". *E3S Web of Conferences*, 148, pp. 1–5.
- [41] Espiritu, E. Q., Dayrit, S. A. S., Coronel, A. S. O., Paz, N. S. C., Ronquillo, P. I. L., Castillo, V. C. G., Enriquez, E. P. 2019. "Assessment of quantity and quality of microplastics in the sediments, waters, oysters, and selected fish species in key sites along the bombong estuary and the coastal waters of ticalan in San Juan, Batangas". *Philippine Journal of Science*, vol. 148 (4), pp. 789–816.
- [42] Lestari, P., Trihadiningrum, Y. 2019. "The impact of improper solid waste management to plastic pollution in Indonesian coast and marine environment". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 149.
- [43] Pan, Z., Guo, H., Chen, H., Wang, S., Sun, X., Zou, Q., Zhang, Y., Lin, H., Cai, S., Huang, J. 2019. "Microplastics in the Northwestern Pacific: Abundance, distribution, and characteristics". *Science of the Total Environment*, vol. 650, pp. 1913–1922.
- [44] Maes T. et al., 2017. "Microplastics baseline surveys at the water surface and in sediments of the North-East Atlantic". *Frontiers in Marine Science*, vol 4 (135).
- [45] Gewert, B., Ogonowski, M., Barth, A., MacLeod, M. 2017. "Abundance and composition of near surface microplastics and plastic debris in the Stockholm Archipelago, Baltic Sea". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 120 (1–2), pp. 292–302.
- [46] Lolodo, D., Nugraha, W. A. 2020. "Mikroplastik pada bulu babi dari rataan terumbu Pulau Gili Labak Sumenep". *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, vol. 12 (2), pp. 112–122.
- [47] McEachern, K., Alegria, H., Kalagher, A. L., Hansen, C., Morrison, S., Hastings, D. 2019. "Microplastics in Tampa Bay, Florida: Abundance and variability in estuarine waters and sediments". *Marine Pollution Bulletin*, vol. 148 (July), pp. 97–106.
- [48] Yona, D., Nandaningtyas, Z., Siagian, B. D. M., Sari, S. H. J., Yunanto, A., Iranawati, F., Fuad, M. A. Z., Putri, J. C. A., Maharani, M. D. 2019. "Microplastic in The Bali Strait : Comparison of two sampling methods". *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, vol. 24 (4), pp. 153-158.
- [49] Hoellein, T. J., Shrogen, A. J., Tank, J. L., Risteca, P., Kelly, J. J. 2019. "Microplastic deposition velocity in streams follows patterns for naturally occurring allochthonous particles". *Scientific Report*, vol. 9 (1), pp. 3740. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40126-3>.