

Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Biota Perairan

Saptian Wisnu Sandra dan Arlini Dyah Radityaningrum*

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Adhi Tama Surabaya

ABSTRAK

Sampah plastik dapat terdegradasi menjadi mikroplastik (MP) dan nanoplastik (NP) melalui proses fisik, kimia, dan biologis. MP didefinisikan sebagai partikel plastik kecil berukuran < 5 mm. MP saat ini telah ditemukan di tubuh biota perairan, baik perairan permukaan maupun perairan laut. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji MP pada biota perairan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur terhadap artikel publikasi 10 tahun terakhir. Kajian dilakukan terhadap kelimpahan, ukuran, bentuk, warna, dan komposisi MP pada biota perairan permukaan dan laut. Review dilakukan terhadap penelitian di Indonesia dan berbagai wilayah di negara lain. Beberapa metode pengambilan sampel biota perairan yang digunakan dalam penelitian terdahulu yaitu menggunakan *trawl* atau pukat dasar (jaring polietilen), jaring pukat pantai (10 m x 1,5 m; ukuran mata jaring: 8 mm). Identifikasi MP pada saluran pencernaan biota ikan dilakukan menggunakan larutan KOH 10% selama 24 jam pada suhu 60°C, selanjutnya dilakukan penyaringan dengan kertas saring Whatman. Selanjutnya, proses identifikasi menggunakan mikroskop okuler dan FTIR untuk menentukan ukuran, bentuk, dan jenis polimer. Hasil kajian menunjukkan bahwa kelimpahan MP terbanyak pada biota perairan masing-masing yaitu 468 partikel MP/individu pada spesies Ikan Sapu-Sapu (*Hypostomus plecostomus*) di perairan sungai; 18 partikel MP/individu pada Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus*) di perairan payau; 1,4 – 7 partikel MP/individu pada spesies Tiram (*Saccostrea cucullata*) di perairan muara; $22,21 \pm 1,7$ partikel MP/individu pada spesies Ikan *Thryssa kammalensis* di perairan teluk; $2,7 \pm 0,10$ partikel MP/individu pada spesies Ikan Zeus *faber* di perairan selat; dan 22,3 partikel MP/individu pada *Diadema sp.* (Bulu babi) di perairan laut. MP yang dominan pada biota perairan adalah berukuran 20 μm – 50 μm , berbentuk *fiber*, dan berwarna hitam. *Polyethylene* (PE) ditemukan dominan pada biota perairan permukaan, serta *polypropylene* (PP) dan *polyethylene* (PE) pada biota perairan laut.

Kata Kunci: Bentuk, jenis polimer, ukuran, warna

ABSTRACT

Plastic wastes could be degraded into microplastic (MP) and nanoplastic (NP) through physical, chemical, and biological processes. MP was defined as the small particle of plastic with the size of < 5 mm. Currently, MP has been found in the body of aquatic biota both in the surface and sea water biota. This research aimed to investigate the microplastic content in aquatic biota. The study was conducted through literature review of the last 10 year published articles. The previous studies were reviewed in terms of abundance, size, shape, colour, and polymer type of MP in the aquatic biota in Indonesia and areas of other countries. Sampling of aquatic biota in the previous studies was conducted in several methods using trawling or bottom trawl (polyethylene net), beach trawl net (10 m x 1.5 m; mesh size: 8 mm). Identification of MP in the digestive tract of fish was conducted using 10% KOH solution for 24 hours at a temperature of 60°C, then was filtered using Whatman filter paper. Next, the identification process used an ocular microscope and FTIR to determine the polymer. The result demonstrated that the highest number of MP abundance was 468 MP particles/individual in the cattle fish (*Hypostomus plecostomus*) species in the river water; 18 MP particles/individual in the black Nile fish (*Oreochromis niloticus*) species in the brackish water; 1.4 – 7 MP particles/individual in the oyster (*Saccostrea cucullata*) species in the estuary water; 22.21 ± 1.7 MP particles/individual in the *Thryssa kammalensis* fish species in the gulf water; 2.7 ± 0.10 MP particles/individual in the Zeus *faber* fish species in the strait water; and 22.3 MP particles/individual in the *Diadema sp.* (sea urchin) in the sea water. The most dominant MP size, shape, and colour in the aquatic biota was 20 μm – 50 μm , fiber, and black. Polyethylene (PE) was dominant in the surface water biota, whereas, polypropylene (PP) and polyethylene (PE) in the sea water biota.

Keywords: colour, polymer type, shape, size

Citation: Sandra, S. W. dan Radityaningrum, A. D. (2021). Kajian Kelimpahan Mikroplastik di Biota Perairan. Jurnal Ilmu Lingkungan, 19(3), 638-648, doi:10.14710/jil.19.3.638-648

1. Pendahuluan

Pencemaran sampah terutama dari bahan plastik, telah menyebar di perairan di seluruh dunia dan menjadi isu global saat ini (Hardesty *et al.*, 2017). Produksi sampah plastik diperkirakan antara 4,8 hingga 12,7 juta

metrik ton (MMT) yang masuk ke laut (Jambeck *et al.*, 2015). Sampah plastik memiliki ketahanan dan sifat persisten, produksi yang terus meningkat serta tingkat pemulihan yang rendah yang menyebabkan akumulasi serpihan plastik di sepanjang garis pantai, permukaan

* Penulis korespondensi: dyah@itats.ac.id

perairan, berbagai kedalaman perairan, serta sedimen (Barnes *et al.*, 2009). Keberadaan sampah plastik di laut ditemukan dengan kelimpahan yang berbeda pada permukaan, tengah dan dasar laut (Firdaus *et al.*, 2019). Jenis plastik dengan kepadatan yang berbeda mempengaruhi kelimpahannya di perairan laut (van Cauwenberghe *et al.*, 2013). Sampah plastik di laut berasal dari kegiatan domestik dan industri (Jambeck *et al.*, 2015) serta rendahnya tingkat pengelolaan sampah (Lestari & Trihadiningrum, 2019). Transpor sampah di perairan permukaan mempengaruhi keberadaan sampah di perairan laut (Lestari *et al.*, 2020). Hal ini berpotensi terhadap terjadinya kontaminasi biota pada air permukaan dan laut oleh sampah, termasuk sampah plastik (Firdaus *et al.*, 2019).

Plastik dapat mengalami degradasi menjadi partikel plastik yang berukuran lebih kecil, salah satunya adalah mikroplastik (MP) (Cole *et al.*, 2011). Bahan plastik yang masuk ke lingkungan sebagai sampah plastik dapat menjadi MP dan nanoplastik (NP) melalui proses fisik, kimia, dan biologis (Galgani, 2015). Polimer plastik kurang dapat terurai secara biologis di wilayah perairan, termasuk sungai, namun mengalami degradasi menjadi bagian yang lebih kecil akibat radiasi UV dan arus air (Wijaya & Trihadiningrum, 2019). MP berpotensi tersebar di permukaan air (Faure *et al.*, 2015), sedimen pesisir (Browne *et al.*, 2011), pasir pantai (Liebezeit & Dubaish, 2012), sedimen air tawar (Castañeda *et al.*, 2014), dan laut dalam (Woodall *et al.*, 2014).

MP didefinisikan sebagai partikel plastik kecil berukuran kurang dari 5 mm (Lusher *et al.*, 2017; Storck *et al.*, 2015; Lippiat *et al.*, 2013). Sumber MP dikelompokkan menjadi dua, yaitu primer dan sekunder (Ayun, 2019). MP primer merupakan MP yang telah didesain dan diproduksi dengan ukuran sekitar 5 mm, seperti dalam produk-produk pembersih dan kecantikan, *pellet* untuk pakan hewan, bubuk resin, dan umpan produksi plastik (Ariskha, 2019). Sementara itu, MP sekunder berasal dari degradasi plastik yang lebih kecil setelah melalui proses fotodegradasi di lingkungan laut dan proses pelapukan limbah lainnya seperti kantong plastik yang dibuang atau seperti jaring ikan (Eriksen *et al.*, 2014).

Keberadaan partikel MP mulai dari ukuran, bentuk maupun jenis polimernya di berbagai wilayah perairan dapat menyebabkan dampak negatif terhadap biota (Permatasari & Radityaningrum, 2020). MP berpotensi untuk menyerap senyawa organik yang persisten di lingkungan, dan bersifat toksik jika MP tertelan oleh biota (Crawford dan Quinn, 2017). Selain itu, MP berpotensi menyebabkan pendarahan internal dan penyumbatan pada saluran pencernaan (Wright *et al.*, 2013). Keberadaan MP pada biota juga dapat lebih lanjut memberikan efek negatif pada manusia dan biota lainnya dalam rantai makanan (Browne *et al.*, 2011). Berdasarkan penelitian Hwang *et al.* (2019), PP berukuran < 20 μm berpotensi meningkatkan produksi sitokin dari sel imun pada tubuh manusia. Kajian MP dalam biota perairan penting dilakukan karena

berpotensi mengakibatkan efek negatif bagi manusia dan biota lainnya. Hasil kajian dapat bermanfaat dalam memberikan informasi tentang kelimpahan, bentuk, ukuran dan warna MP yang telah ditemukan dalam biota perairan akibat pencemaran sampah plastik. Hal ini dapat dijadikan referensi untuk pengelolaan sampah plastik di lingkungan perairan.

2. Karakteristik MP

2.1. Kategori MP

Karakteristik MP yang ditemukan di lingkungan bervariasi ditinjau dari ukuran, bentuk, warna dan jenis polimernya (Browne *et al.*, 2011). Menurut Lippiat *et al.* (2013), plastik dapat dibagi berdasarkan ukurannya yaitu mega (>100 cm), makro (>2,5-100 cm), meso (>5-25 mm), mikro (1-5000 μm), dan nano (<1 μm). MP primer cenderung memiliki bentuk yang sesuai seperti saat diproduksi, menunjukkan bentuk bulat atau berserat dan memiliki permukaan yang konsisten, sementara MP sekunder cenderung memiliki bentuk yang lebih acak dan karena itu lebih sulit untuk dikategorikan (Zubris & Richards, 2005). Berdasarkan bentuknya, partikel MP dikategorikan menjadi *fiber/filamen* (tipis atau berserat, lurus), *pellet* (keras, partikel bulat), *fragment* (partikel plastik keras, bergerigi), *foam* (ringan, seperti spons), atau film (bidang tipis) (Ariskha, 2019).

2.2. Bentuk dan Warna MP

Fiber dapat berasal dari serat pakaian, tali-temali, dan alat penangkap ikan seperti jaring atau pancing (Nor & Obbard, 2014). *Pellet* merupakan bahan baku pembuatan plastik yang dibuat langsung oleh pabrik, dimana jenis ini termasuk MP primer (Dewi *et al.*, 2015), MP bentuk *fragment* merupakan MP sekunder yang berasal dari potongan plastik bersifat polimer kuat, seperti *polypropylene*, *polyethylene*, dan *polystyrene* (Mani *et al.*, 2015). Sedangkan bentuk *foam* dapat berasal dari fragmentasi makroplastik, seperti *styrofoam box*, gelas mie instan, *styrofoam* kotak makanan (Faruqi, 2019). Bentuk film tergolong dalam MP sekunder yang terbentuk dari fragmentasi plastik seperti kantong plastik dan kemasan makanan (Lassen *et al.*, 2015) dan biasanya berjenis polimer polietilen (Virsek *et al.*, 2016). *Granule*/butiran pada umumnya tergolong ke dalam jenis MP primer seperti *microbeads* yang terdapat pada produk kebersihan, perawatan atau kosmetik (Zhang *et al.*, 2017).

MP memiliki karakteristik warna yang berbeda (Browne *et al.*, 2011). Berdasarkan warnanya, MP dapat dikategorikan menjadi enam kategori: biru, hitam, kuning, transparan, putih dan merah. Kategori biru mencakup warna biru, biru tua, biru muda, hijau tua dan hijau muda (Peng *et al.*, 2017).

2.3. Jenis Polimer MP

Jenis polimer atau komposisi plastik diantaranya adalah etilena-vinil asetat kopolymer (EVA), polipropilena (PP), polietilena tereftalat (PET), polivinil klorida (PVC), *cellophane* (CP), polivinil asetat (PVA) dan poliamida (PA), dimana polimer tersebut termasuk dalam polimer plastik utama yang diproduksi di seluruh dunia (Lithner *et al.*, 2011). Polietilena (PE), polipropilena (PP), polivinil klorida (PVC), polistirena (PS) dan polietilena tereftalat (PET) yang memiliki densitas rendah dan tinggi, merupakan komposisi plastik sintesis yang paling banyak digunakan dan menjadi polutan di lingkungan pesisir dan laut (Andrady, 2011; Engler, 2012).

3. Dampak MP pada Biota Perairan

Keberadaan MP di perairan laut akan berdampak negatif bagi biota, baik secara langsung maupun tidak langsung (Thevenon dan Carrol, 2015; Wilcox *et al.*, 2016). Sampah plastik yang berukuran besar, seperti benang pancing dan jaring seringkali menyebabkan hewan-hewan terbelit (Carr, 1987). Sampah plastik yang berukuran lebih kecil, seperti tutup botol, korek api, dan *pellet* plastik, dapat tertelan oleh organisme perairan dan menyebabkan penyumbatan usus serta potensi keracunan bahan kimia (Fry *et al.*, 1987). Konsumsi plastik oleh biota perairan dapat menyebabkan pendarahan internal dan bisul, serta penyumbatan pada saluran pencernaan (Wright *et al.*, 2013). Partikel MP juga berpotensi toksik bagi ikan, yaitu toksisitas fisik dan kimiawi, karena pada dasarnya MP menyerap zat adiktif dan monomer lain yang bersifat toksik (Browne *et al.*, 2013). Selain itu, keberadaan MP di dalam tubuh ikan dapat menurunkan kebugaran ikan dan kemudian mengakibatkan kematian (Tosetto *et al.*, 2017); (Wright *et al.*, 2013). Dampak langsung MP yang masuk ke tubuh organisme laut dapat mengganggu kerja saluran pencernaan (Cole *et al.*, 2013), sebagai vektor/pembawa bahan tambahan, dan juga bahan pencemar organik lain yang teradsorpsi pada MP (Teuten *et al.*, 2009). Biota perairan yang menelan secara tidak langsung dapat melalui konsumsi mangsa yang terkontaminasi MP (Vandermeersch *et al.*, 2015). Plastik juga berpotensi menyerap dan melepas bahan kimia berbahaya ke perairan sehingga berdampak buruk dalam sistem rantai makanan, sehingga terjadi biomagnifikasi (Teuten *et al.*, 2009). Sampah MP dapat masuk ke dalam biota perairan, yang berpotensi mengganggu kesehatan manusia jika dikonsumsi melalui rantai makanan (Eriksen *et al.*, 2014; Kole *et al.*, 2017; Wright & Kelly, 2017).

4. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan kajian literatur yang dilakukan dengan menelaah penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu, mengenai kelimpahan MP pada

biota perairan. Kajian ini dilakukan terhadap biota perairan permukaan (sungai, payau, dan muara) dan perairan laut (teluk, selat, dan laut). Artikel ilmiah yang dikaji merupakan hasil penelitian yang telah dilakukan di Indonesia dan berbagai wilayah di negara lain, serta dipublikasikan mulai tahun 2002-2020. Analisis deskriptif dalam penelitian ini memuat konsentrasi/kelimpahan, ukuran, bentuk, warna, dan komposisi/polimer dari MP yang ditemukan pada biota perairan. Kecenderungan jenis biota berdasarkan makanan dan habitatnya terhadap kontaminasi MP yang ditemukan di dalam tubuhnya dikaji untuk menentukan pola pencemaran MP dalam biota perairan.

Pengambilan sampel biota perairan dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu dapat dilakukan dengan menggunakan *trawl* atau pukat dasar (jaring polietilen), jaring pukat pantai (10 m x 1,5 m; ukuran mata jaring: 8 mm) pada biota (ikan) (Murphy *et al.*, 2017; Vendel *et al.*, 2017; Sun *et al.*, 2019), serta menggunakan tujuh perangkap ikan standar dengan umpan ikan pada biota kepiting (Piarulli *et al.*, 2019). Metode pengambilan sampel biota perairan permukaan dan laut disesuaikan dengan kebutuhan peneliti. Hal ini bertujuan agar sampel biota dapat mewakili biota wilayah perairan yang diteliti.

Metode identifikasi MP pada biota (ikan) yaitu saluran pencernaan didestruksi dengan larutan KOH 10% selama 24 jam pada suhu 60°C, selanjutnya dilakukan penyaringan dengan kertas saring Whatman, kemudian proses identifikasi menggunakan mikroskop okuler (Yudhantari *et al.*, 2019) dan FTIR untuk menentukan polimer. Menurut Boerger *et al.*, (2010), rumus perhitungan kelimpahan MP pada biota perairan terdapat pada persamaan (1).

$$\text{Kelimpahan} = \frac{\text{jumlah partikel mikroplastik}}{\text{jumlah ikan}} \dots (1)$$

5. Hasil dan Pembahasan

5.1. Mikroplastik di Biota Perairan Permukaan

Biota yang dikaji merupakan biota yang hidup di perairan sungai, payau, dan muara. Hasil kajian MP pada biota perairan permukaan dapat dilihat pada Tabel 1. Kelimpahan MP tertinggi terdapat pada biota sungai sebanyak 468 partikel MP/individu, yang ditemukan pada saluran pencernaan spesies ikan Sapu-Sapu (*Hypostomus plecostomus*) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Krukut. Ikan Sapu-Sapu merupakan jenis hewan omnivora oportunistik (Dewi *et al.*, 2020). Namun, menurut Chaicana & Jongphadungkiet (2012) Ikan Sapu-Sapu juga memangsa ikan-ikan kecil dan telur ikan. Ikan Sapu-Sapu hidup di dasar perairan, dengan memakan sisa-sisa pakan, alga, lumut, dan sisa-sisa biota mati yang berada di dasar perairan, termasuk limbah yang berada di kawasan perairan (Puspitasari *et al.*, 2018). Selain itu, Ikan Sapu-Sapu termasuk salah satu jenis ikan *invasive species*, dimana dapat menjadi predator maupun

kompetitor dalam habitat asli (Hill & Lodge, 1999). Ikan Sapu-Sapu mampu hidup di dalam kolam, parit, got dan bahkan lingkungan yang sudah tercemar oleh limbah (Munandar & Eurika, 2016). Akumulasi MP di dalam saluran pencernaan Ikan Sapu-Sapu di Kali Krukut tersebut diduga karena habitat dan perilaku makannya. Selain itu, DAS Kali Krukut berpotensi mengandung MP yang berasal dari kegiatan domestik (Prabowo, 2019).

Ukuran MP pada biota perairan permukaan berkisar dari 20 μm – 4504,16 μm . Keberagaman ukuran MP tersebut dapat disebabkan oleh tingkat pencemaran di setiap wilayah perairan yang berbeda-beda. Selain itu, plastik terdegradasi menjadi MP dengan ukuran yang bervariasi. Di perairan, salah satunya pada sungai, polimer plastik kurang dapat terurai secara biologis, melainkan terpecah-pecah menjadi bagian yang lebih kecil akibat radiasi UV dan arus air (Wijaya & Trihadiningrum, 2019).

Bentuk MP yang ditemukan diantaranya adalah *fiber*, *fragment*, dan film. Warna transparan dan hitam paling banyak ditemukan di biota perairan permukaan. MP bentuk *fiber* menjadi MP yang mendominasi pada biota perairan permukaan. MP bentuk *fiber* dapat berasal dari serat sintetis, tali-temali, jaring ikan (Nor & Obbard, 2014). Selain itu, *fiber* juga berasal dari serat sintetis kegiatan pencucian/laundry baik dari industri massal maupun dari industri rumah yang dapat menghasilkan konsentrasi yang tinggi untuk MP jenis *fiber* (Browne *et al.*, 2008). Adapun MP bentuk *fragment* merupakan jenis MP sekunder yang berasal dari potongan plastik bersifat polimer kuat, seperti *polypropylene*, *polyethylene*, dan *polystyrene* (Mani *et al.*, 2015). MP bentuk film merupakan MP sekunder yang terbentuk dari fragmentasi plastik seperti kantong plastik dan kemasan makanan (Lassen *et al.*, 2015).

Jenis polimer MP yang dominan ditemukan dalam biota perairan permukaan adalah *polyethylene* (PE), MP jenis PE merupakan bahan utama penyusun sampah kantong dan wadah plastik (GESAMP, 2015). MP dapat tertelan oleh jenis biota perairan herbivora karena salah mangsa (Jantz *et al.*, 2013); (Setälä *et al.*, 2014). Sedangkan keberadaan MP di dalam biota perairan jenis karnivora dan omnivora di perairan permukaan diduga karena perilaku makan maupun dari rantai makanan. Biota karnivora dan omnivora perairan menelan MP secara tidak langsung melalui konsumsi mangsa makroinvertebrata air yang terkontaminasi MP (Vandermeersch *et al.*, 2015). Makroinvertebrata air tersebut diduga mengkonsumsi MP (Hurley *et al.*, 2017); (Imhof *et al.*, 2017); (Scherer *et al.*, 2017). MP dalam mangsa makroinvertebrata air, berpotensi masuk ke dalam sistem pencernaan biota yang memangsanya. Dari kajian yang dilakukan, baik pada biota perairan yang hidup di permukaan, tengah, dan dasar perairan, MP cenderung dan dominan ditemukan pada saluran pencernaan. Namun, pada beberapa biota perairan MP juga ditemukan pada bagian tubuh yang lain seperti

insang dan kulit. Sementara itu, MP yang terakumulasi pada biota perairan, baik dari jenis herbivora, karnivora, dan omnivora memiliki kelimpahan yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan tingkat pencemaran di wilayah perairan, perilaku biota serta habitat yang berbeda-beda.

5.2. Mikroplastik di Biota Perairan Laut

Habitat perairan laut yang dikaji dalam penelitian ini yaitu perairan teluk, selat dan laut. Hasil kajian MP pada biota perairan laut dapat dilihat pada Tabel 2. Kelimpahan MP tertinggi pada biota perairan laut, terdapat pada spesies ikan *Thryssa kammalensis* dengan kelimpahan $22,21 \pm 1,7$ partikel MP/individu. Tertelannya MP pada spesies tersebut dapat disebabkan karena tercemarnya Sungai Linhong sebagai salah satu sungai terbesar di sepanjang Teluk Haizhou akibat kegiatan pengangkutan limbah domestik dan air limbah industri, dan sebagian besar plastik dapat dipindahkan ke Teluk Haizhou (Feng *et al.*, 2019). Selain itu, hal ini diduga karena habitat *Thryssa kammalensis* adalah di muara, dimana merupakan tempat dengan kelimpahan MP yang tinggi (Feng *et al.*, 2019). MP tersebut bisa masuk ke dalam tubuh biota karena salah mangsa (Jantz *et al.*, 2013); (Setälä *et al.*, 2014). Spesies ikan *Thryssa kammalensis* termasuk dalam kelompok karnivora, sehingga biota perairan tersebut menelan MP secara tidak langsung melalui konsumsi mangsa yang terkontaminasi MP (Vandermeersch *et al.*, 2015). Berdasarkan hasil kajian, ukuran MP berkisar dari 0,1 mm – 5 mm. Keberagaman ukuran MP tersebut dapat disebabkan oleh tingkat pencemaran di setiap wilayah perairan yang berbeda-beda.

Bentuk MP yang ditemukan diantaranya *fiber*, *fragment*, dan film dengan warna ditemukan diantaranya hitam dan transparan merupakan yang paling melimpah. Bentuk *fiber* menjadi MP yang paling melimpah pada biota perairan laut. Hal yang sama juga terjadi pada biota perairan permukaan. Bentuk *fiber* biasanya berasal dari aktivitas masyarakat yang bekerja sebagai nelayan. Jaring ikan yang digunakan nelayan tersebut mengalami degradasi akibat gesekan, gelombang laut dan sinar UV kemudian terurai menjadi komponen yang lebih kecil yaitu *fiber* (Lolodo & Nugraha, 2019). Sementara itu, MP bentuk *fragment* pada dasarnya berasal dari sampah plastik yang terbuang ke perairan, kemudian mengalami penguraian menjadi serpihan-serpihan kecil hingga membentuk *fragment* (Dewi *et al.*, 2015). Jenis polimer MP yang dominan ditemukan dalam biota perairan laut yaitu *polypropylene* (PP) dan *polyethylene* (PE). Dari kajian yang dilakukan pada biota perairan laut (teluk, muara, dan laut), MP cenderung dan dominan ditemukan pada saluran pencernaan. Namun pada beberapa biota perairan juga ditemukan pada bagian tubuh yang lain seperti insang dan kulit.

Tabel 1. Mikroplastik pada Biota Perairan Permukaan di Berbagai Lokasi

Jenis Perairan	Jenis Biota	Hidup di Perairan	Kelompok Biota	Kelimpahan MP	Sumber
Biota Sungai					
DAS Kali Krukut, Jakarta	Ikan Sapu-Sapu (<i>Hypostomus plecostomus</i>)	Dasar	Omnivora	468 partikel MP/ind	Prabowo, (2019)
Sungai Flemish, Belgia	Ikan liar atau gudgeon (<i>Gobio gobio</i>)	Dasar	Karnivora	16 partikel MP	Slootmaekers <i>et al.</i> , (2019)
Biota Payau					
Perairan Payau, Semarang	Ikan Nila Hitam (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Permukaan	Omnivora	18 partikel MP/ind	Ratnasari, (2017)
Tambak Lorok, Semarang	Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>)	Dasar	Omnivora	12 partikel MP/ind	Fitri, (2017)
Tambak Ngebruk, Semarang	Ikan Belanak (<i>Mugil cephalus</i>)	Dasar	Karnivora	12 partikel MP/ind	Masanti, (2017)
Biota Muara					
Muara sungai Pearl, China	Tiram (<i>Saccostrea cucullata</i>)	Dasar	Omnivora	1,4-7 partikel MP/ind	Li <i>et al.</i> , (2018)
Muara Tropis Brasil (Paraiba dan Mamanguape)	Ikan Teri (<i>Lycengraulis grossidens</i>)	Permukaan	Karnivora	0,20 MP/ind	Vendel <i>et al.</i> , (2017)
	Ikan Diapterus auratus	Permukaan	Karnivora	0,97 MP/ind	

Sumber: data diolah dari hasil studi literatur

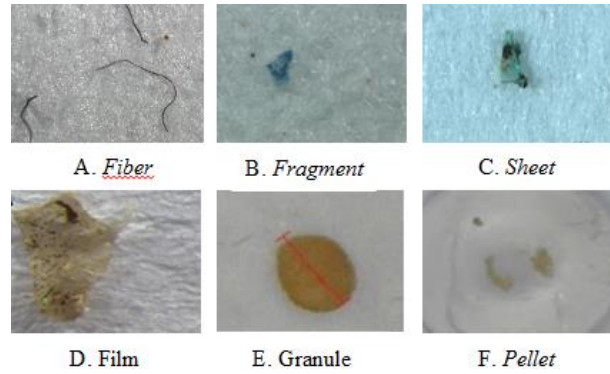
Tabel 1 menunjukkan bahwa kelimpahan MP di biota perairan permukaan bervariasi. Hal ini dapat disebabkan karena tingkat pencemaran MP di setiap wilayah perairan dapat berbeda-beda. Selain itu, topografi, morfologi, dan klimatologi dari DAS pada lokasi studi juga mempengaruhi distribusi sampah plastik perairan permukaan serta perilaku biota (Lestari *et al.*, 2020). di Biota omnivora memiliki kecenderungan ditemukan MP dengan kelimpahan yang besar. Hal ini disebabkan karena perilaku biota omnivora dalam memangsa makanannya (Ariyanto, 2002). Namun, hal tersebut berbeda dengan biota omnivora tiram yang hidup di muara. Kelimpahan MP di dalam tiram ditemukan dalam jumlah yang sedikit. Hal ini diduga karena biota tiram merupakan jenis biota yang diam, sehingga potensi bertemunya tiram dengan pencemar MP lebih sedikit daripada jenis biota bergerak. Oleh karenanya potensi biota tiram mengalami salah mangsa lebih kecil daripada jenis biota bergerak (Muchlisin, 2010).

Uji statistik dilakukan terhadap kelimpahan MP pada biota perairan permukaan berdasarkan klasifikasi habitatnya (biota sungai, payau, dan muara). Berdasarkan analisis statistik non parametrik dengan Uji Kruskal-Wallis, diperoleh nilai signifikansi >0,05 (0,06). Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kelimpahan MP pada biota air permukaan berdasarkan klasifikasi habitatnya.

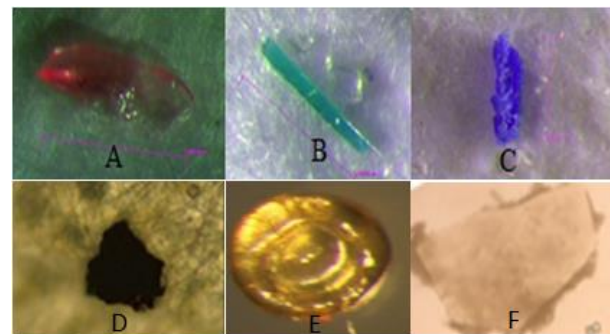
Berdasarkan Tabel 2, kelimpahan MP di biota perairan laut memiliki hasil bervariasi. Hal ini dapat disebabkan karena tingkat pencemaran MP di habitat perairan yang diteliti berbeda-beda. Hal ini dapat dilihat pada penelitian Yumni *et al.*, (2020), dimana pada ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*) dan Dencis (*Sardinella lemuru*), tidak ditemukan kandungan MP. Hal ini disebabkan oleh keadaan laut yang bersih dan tidak banyak polusi sampah plastik di laut Aceh (Yumni *et al.*, 2020). Selain itu, hasil keberadaan MP yang tidak ditemukan pada ikan tongkol dan ikan dencis dipengaruhi oleh gaya hidup ikan yang berbeda-beda. Ikan tongkol memiliki kebiasaan sering bergerombol dengan berbagai jenis ikan dengan ukuran tubuh yang sama, adapun makanan ikan tongkol berasal dari aneka jenis ikan, udang, dan kerabat cumi-cumi (Yumni *et al.*, 2020). Sementara ikan dencis memiliki sifat pelagis dan hidup berkelompok, berada di dekat permukaan dan dekat pantai, dengan makanan berupa plankton (Yumni *et al.*, 2020). Kebiasaan makan ikan di zona pelagis menyebabkan termakannya MP, namun karena laut tidak tercemar sampah plastik maka ikan secara tidak langsung tidak menelan MP (Claessens *et al.*, 2013). Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Feng *et al.*, (2019), dimana spesies ikan *Thryssa kammalensis* memiliki kelimpahan MP yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan sungai Linhong yang merupakan salah satu sungai darat terbesar di Teluk

Haizhou, mengangkut 2,26x10⁸ ton limbah domestik dan limbah industri pada 2010 dan sebagian besar plastik dapat dipindahkan ke Teluk Haizhou (EPAL, 2011). Semakin tinggi sampah plastik pada lingkungan, maka semakin tinggi pula potensi pencemaran lingkungan yang berdampak bahaya bagi ekosistem alam, termasuk biota dan manusia yang hidup dalam ekosistem (Law & Thompson, 2014). MP

pada biota perairan laut berdasarkan habitatnya diuji statistik non parametrik dengan Uji Kruskal-Wallis. Hasil uji menghasilkan nilai signifikansi >0,05 (0,09). Kelimpahan MP pada biota perairan laut berdasarkan klasifikasi teluk, selat, dan laut tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Adapun variasi bentuk dan warna MP hasil penelitian oleh peneliti terdahulu dalam kajian ini ditunjukkan dalam Gambar 1 dan 2.



Gambar 1 Bentuk MP: A. Fiber; B. Fragment; C. Sheet; D. Film; E. Granule; F. Pellet (Sumber: Feng et al., 2019; Baalkhuyur et al., 2018; Faruqi, 2019)



Gambar 2 Warna MP: A. Merah; B. Hijau; C. Biru; D. Hitam; E. Kuning; F. Putih/Transparan (Sumber: Digka et al., 2018; Ismail et al., 2019; Cole et al., 2014; Hossain et al., 2019)

Tabel 2. Mikroplastik pada Biota Perairan Laut di Berbagai Lokasi

Perairan	Jenis Biota	Hidup di Perairan	Kelompok Biota	Kelimpahan MP	Sumber
Teluk					
Teluk Indonesia	Pangandaran, Ikan <i>Trichiurus sp.</i> dan <i>Johnius sp.</i>	Tengah	Karnivora	193 partikel MP	Ismail et al., (2019)
Teluk Haizhou, China	Ikan <i>Thryssa kammalensis</i>	Tengah	Karnivora	22,21±1,70 MP/ind	Feng et al., (2019)
	Ikan <i>Cynoglossus semilaevis</i>	Dasar	Karnivora	13,54±2,09 MP/ind	
Teluk Singa	Ikan Sarden (<i>Sardina pilchardus</i>)	Permukaan	Karnivora	0,20±0,69 MP/ind	Lefebvre et al., (2019)
	Ikan Teri (<i>Engraulis encrasicolus</i>)	Permukaan	Karnivora	0,11±0,31 MP/ind	
Teluk Utara Bengal, Bangladesh	Ikan <i>Harpadon translucens</i>	Dasar	Karnivora	5,80 ±1,41 MP/ind	Hossain et al., (2019)
	Ikan <i>Harpadon neherus</i>	Dasar	Karnivora	8,72±1,54 MP/ind	
	Ikan <i>Sardinella gibbosa</i>	Permukaan	Karnivora	3,20±1,16 MP/ind	
Teluk Meksiko	Ikan tawar dan ikan laut	-	-	-	Phillips & Bonner, (2015)

Perairan	Jenis Biota	Hidup di Perairan	Kelompok Biota	Kelimpahan MP	Sumber
Padang Lamun Kepulauan Spermonde, Makassar	Tiram (<i>Pinctada sp.</i>)	Dasar	Omnivora	0,08 MP/ind	Sari, (2018)
	Tiram (<i>Pinna mucirata</i>)	Dasar	Omnivora	0,25 MP/ind	
	Tiram (<i>Malleus sp.</i>)	Dasar	Omnivora	0,125 MP/ind	
Selat					
Selat Bali	Ikan Lemuru Protolan (<i>Sardinella lemuru</i>)	Permukaan	Karnivora	1 MP/ind	Yudhantari <i>et al.</i> , (2019)
Selat Inggris	Ikan <i>John dory zeus faber</i>	Permukaan	Karnivora	2,7± 0,10 MP/ind	Lusher <i>et al.</i> , (2013)
	Ikan <i>Trisopterus minutus</i>	Permukaan	Karnivora	2,0± 0,10 MP/ind	
	Ikan <i>Merlangius merlagus</i>	Permukaan	Karnivora	1,75±0,10 MP/ind	
Selat Adriatik Utara, Italia	Kepiting (<i>C. aestuarii</i>)	Permukaan dan Lumpur	Omnivora	1,1±0,7 MP/ind	Piarulli <i>et al.</i> , (2019)
Laut					
Daratan Terumbu Pulau Gili Labak, Sumenep	Bulu babi (<i>Diadema sp.</i>)	Dasar	Herbivora	22,3 MP/ind	Lolodo & Nugraha, (2019)
Pulau Mandangin, Sampang	Ikan Kerapu (<i>Ephinepelus</i>)	Dasar	Karnivora	1-3 MP/ind	Rahmadhani, (2019)
	Ikan Kerisi Merah (<i>Nemiptenus</i>)	Dasar	Karnivora	1-6 MP/ind	
	Ikan Tongkol (<i>Euthynnus</i>)	Permukaan	Karnivora	2-5 MP/ind	
TPI Lampulo, Banda Aceh	Ikan Lemuru (<i>Sardinella</i>)	Permukaan	Karnivora	3-5 MP/ind	Yumni <i>et al.</i> , (2020)
	Ikan Tongkol (<i>Euthynnus affinis</i>)	Permukaan	Karnivora	-	
	Ikan Dencis (<i>Sardinella lemuru</i>)	Permukaan	Karnivora	-	
Perairan Pesisir Laut Utara bagian Selatan (Perancis, Belgia, Belanda, dan Inggris)	Udang coklat (<i>Crangon crangon</i>)	Permukaan	Omnivora	1,23±0,99 MP/udang	Devriese <i>et al.</i> , (2015)
Laut Kuning, China	Ikan <i>Enchelyopus elongates</i>	Tengah	Omnivora	1,2 MP/ind	Sun <i>et al.</i> , (2019)
	Ikan <i>Gadus macrocephalus</i>	Tengah	Omnivora	1,1 MP/ind	
	Ikan <i>Ammodytes personatus</i>	Tengah	Omnivora	1,4 MP/ind	
Laut Merah, Arab Saudi	Ikan <i>Acanthurus gahhm</i>	Dasar	Karnivora	1 MP/ind	Baalkhuyur <i>et al.</i> , (2018)
	Ikan <i>Epinephelus areolatus</i>	Dasar	Karnivora	1 MP/ind	
	Ikan <i>Pristipomoides multidens</i>	Tengah	Karnivora	2 MP/ind	
Lepas Pantai Portugis	Ikan <i>Alosa fallax</i>	Permukaan	Karnivora	1 MP/ind	Neves <i>et al.</i> , (2015)
	Ikan <i>Argyrosomus regius</i>	Dasar	Karnivora	0,80±0,8 MP/ind	
	Ikan <i>Boops boops</i>	Dasar	Karnivora	0,09±0,3 MP/ind	
Lepas Pantai Perairan Skotlandia Atlantik Timur Laut	Ikan <i>Pleuronectes platessa</i>	Dasar	Omnivora	0,9 ± 1,79 MP/ind	Murphy <i>et al.</i> , (2017)
	Ikan <i>Platichthys flesus</i>	Dasar	Omnivora	0,8 ± 0,94 MP/ind	
	Ikan <i>Limanda limanda</i>	Dasar	Omnivora	1,3 ± 1,67 MP/ind	
	Ikan <i>Lepidorhombus whiffiagonis</i>	Dasar	Karnivora	0,1 ± 0,32 MP/ind	
Laut Ionia Utara (Laut Mediterania)	Kerang (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	Dasar	Omnivora	1,7±0,2 MP/ind	Digka <i>et al.</i> , (2018)
	Ikan Sarden (<i>Sardina pilchardus</i>)	Permukaan	Omnivora	1,8±0,2 MP/ind	
	Ikan Pandora umum (<i>Pagellus erythrinus</i>)	Dasar	Karnivora	1,9±0,2 MP/ind	
	Ikan Belanak merah (<i>Mullus barbatus</i>)	Dasar	Karnivora	1,5±0,3 MP/ind	
Pantai Ancol, Pelabuhanratu, dan Labuan	Ikan Kakap (<i>Lutjanus sp</i>)	Dasar	Karnivora	10 MP/ind	Hapitasari <i>et al.</i> , (2016)
	Ikan Kerapu (<i>Epinephelus sp</i>)	Dasar	Karnivora		
Laut Utara Belanda	Periwinkle (<i>Littorina littorea</i>)	Dasar	Omnivora	20 MP/ind	Leslie <i>et al.</i> , (2017)
	Hopper pasir (<i>Gammarus sp</i>)	Dasar	Omnivora	11 MP/ind	
	Tiram pasifik (<i>Crassostrea gigas</i>)	Dasar	Omnivora	87 MP/ind	
	Mussel biru (<i>Mytilus edulis</i>)	Dasar	Omnivora	105 MP/ind	
Great Barrier Reef, Australia	Penyu hijau (<i>Chelonia mydas</i>)	Pesisir	Omnivora	3 MP/ind	Caron <i>et al.</i> , (2018)

Sumber: data diolah dari hasil studi literature

6. Kesimpulan

Kelimpahan MP terbanyak pada biota perairan yaitu 468 partikel MP pada spesies ikan Sapu-Sapu (*Hypostomus plecostomus*) di perairan sungai; 18 partikel MP/individu pada ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus*) di perairan payau; 1,4 – 7 partikel MP/individu pada spesies Tiram (*Saccostrea cucullata*) di perairan muara; $22,21 \pm 1,7$ partikel MP/individu pada spesies ikan *Thryssa kammalensis* di perairan teluk; $2,7 \pm 0,10$ partikel MP/individu pada spesies ikan *Zeus faber* di perairan selat; dan 22,3 partikel MP/individu pada *Diadema sp.* (Bulu Babi) di perairan laut. Ukuran MP dominan ditemukan pada biota perairan adalah 20 μm – 50 μm . Bentuk dan warna MP yang dominan ditemukan pada biota perairan permukaan dan perairan laut adalah *fiber* dan berwarna hitam. Sedangkan jenis polimer MP yang dominan ditemukan adalah *polyethylene* (PE) pada biota perairan permukaan, serta *polypropylene* (PP) dan *polyethylene* (PE) pada biota perairan laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrady, A. L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605.
- Ariskha, P. T. 2019. Studi Kandungan Micro Debris Pada Sistem Distribusi Air Minum Daerah Surabaya Timur Di IPAM Ngagel III. *Skripsi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Ariyanto, D. 2002. Analisis keragaman bentuk tubuh ikan nila strain gift pada tingkatan umur yang berbeda. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 4(1), 19–26.
- Ayun, N. Q. 2019. Analisis Mikroplastik Menggunakan FT-IR Pada Air, Sedimen, Dan Ikan Belanak (Mugil cephalus) Di Segmen Sungai Bengawan Solo Yang Melintasi Kabupaten Gresik. *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Baalkhuyur, F. M., Bin Dohaish, E. J. A., Elhalwagy, M. E. A., Alikunhi, N. M., AlSuwailam, A. M., Røstad, A., Coker, D. J., Berumen, M. L., & Duarte, C. M. 2018. Microplastic in the gastrointestinal tract of fishes along the Saudi Arabian Red Sea coast. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 407–415.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 1985–1998.
- Boerger C.M., Lattin G.L., Moore S.L., Moore C.J. 2010. Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 2275–2278.
- Browne, M. A., Niven, S. J., Galloway, T. S., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. 2013. Microplastic Moves Pollutants and Additives to Worms, Reducing Functions Linked to Health and Biodiversity. *Current Biology*, 23(23), 2388–2392.
- 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 and Technology*, 45(21), 9175–9179.
- Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. S., & Thompson, R. 2008. Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science and Technology*, 42(13), 5026–5031.
- Caron, A. G. M., Thomas, C. R., Berry, K. L. E., Motti, C. A., Ariel, E., & Brodie, J. E. 2018. Ingestion of microplastic debris by green sea turtles (*Chelonia mydas*) in the Great Barrier Reef: Validation of a sequential extraction protocol. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 743–751.
- Carr, A. 1987. Impact of Nondegradable Marine Debris on the Ecology and Survival Outlook of Sea Turtles. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6B), 352–356.
- Castañeda, R. A., Avlijas, S., Anouk Simard, M., & Ricciardi, A. 2014. Microplastic pollution in St. Lawrence River sediments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(12), 1767–1771.
- van Cauwenberghe, L., Vanreusel, A., Mees, J., Janssen, C.R. 2013. Microplastic pollution in deep-sea sediments. *Environmental Pollution*, 182, 495–499.
- Chaichana, R., & Jongphadungkiet, S. 2012. Assessment of the invasive catfish *Pterygoplichthys pardalis* (Castelnaud, 1855) in Thailand: ecological impacts and biological control alternatives. *Tropical Zoology*, 25(4), 173–182.
- Claessens, M., Van Cauwenberghe, L., Vandegehuchte, 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.
- Cole, M., Webb, H., Lindeque, P. K., Fileman, E. S., Halsband, C., & Galloway, T. S. 2014. Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms. *Scientific Reports*, 4, 1–8.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C., Goodhead, R., Moger, J., & Galloway, T. S. 2013. Microplastic ingestion by zooplankton. *Environmental Science and Technology*, 47(12), 6646–6655.
- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. 2011. Microplastic as contaminants in the marine environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597.
- Crawford, C. B., Quinn, B. 2017. *Microplastic Pollutant*. Elsevier.
- Devriese, L. I., van der Meulen, M. D., Maes, T., Bekaert, K., Paul-Pont, I., Frère, L., Robbens, J., & Vethaak, A. D. 2015. Microplastic contamination in brown shrimp (*Crangon crangon*, Linnaeus 1758) from coastal waters of the Southern North Sea and Channel area. *Marine Pollution Bulletin*, 98(1–2), 179–187.
- Dewi, I. S., Budiarsa, A. A., & Ritonga, I. R. 2015. Distribusi mikroplastik pada sedimen di Muara Badak, Kabupaten Kutai Kartanegara. *Depik*, 4(3), 121–131.
- Dewi, M., Suwarni, S., & Omar, S. B. A. 2020. Kebiasaan Makanan Ikan Sapu-sapu (*Pterygoplichthys Multiradiatus* Hancock, 1828) di Perairan Danau Sidenreng, Kabupaten Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan. *Prosiding Simposium Nasional VII Kelautan dan Perikanan*, Universitas Hasanuddin.
- Digka, N., Tsangaris, C., Torre, M., Anastasopoulou, A., & Zeri, C. 2018. Microplastics in mussels and fish from the Northern Ionian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 135,

30-40.

- Engler, R. E. 2012. The Complex Interaction between Marine debris and Toxic Chemicals in the Ocean. *Environmental Science and Technology*, 46(22), 12302-12315.
- EPAL (Environmental Protection Agency of Lianyungang), 2011. Environment Quality Bulletin of Lianyungang in 2010. Environmental Protection Agency of Lianyungang (in Chinese).
- Eriksen, M., Lebreton, L. C. M., Carson, H. S., Thiel, M., Moore, C. J., Borerro, 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), 1-15.
- Faruqi, H. M. 2019. Persebaran Komposisi dan Kelimpahan Mikroplastik di Kali Surabaya Segmen Dryorejo. *Skripsi*, Universitas Airlangga.
- Faure, F., Demars, C., Wieser, O., Kunz, M., & de Alencastro, L. F. 2015. Plastic pollution in Swiss surface waters: nature and concentrations, interaction with pollutants. *Environmental Chemistry*, 12, 582-591.
- Feng, Z., Zhang, T., Li, Y., He, X., Wang, R., Xu, J., & Gao, G. 2019. The accumulation of microplastics in fish from an important fish farm and mariculture area, Haizhou Bay, China. *Science of the Total Environment*, 696, 133948.
- Firdaus, M., Trihadiningrum, Y., Lestari, P. 2019. Microplastic pollution in the sediment of Jagir Estuary, Surabaya City, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110790.
- Fitri, I. A. 2017. Studi Awal Mikroplastik Pada Kerang Darah (*Anadara granosa*) dari Tambak Lorok Semarang. *Skripsi*, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
- Fry, D. M., Fefer, S. I., & Sileo, L. 1987. Ingestion of Plastic Debris by Laysan Albatrosses and Wedge-tailed Shearwaters in the Hawaiian Islands. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6B), 339-343.
- Galgani, F. 2015. The Mediterranean Sea: From litter to microplastics. *MICRO2015*, 15.
- GESAMP, 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. In: 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, 96p.
- Hapitasari, D. N., Farajallah, A., & Mashar, A. 2016. Analisis Kandungan Mikroplastik pada Pasir dan Ikan Demersal: Kakap (*Lutjanus Sp.*) dan Kerapu (*Epinephelus Sp.*) di Pantai Ancol Pelabuhanratu dan Labuan. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor.
- Hardesty, B. D., Harari, J., Isobe, A., Lebreton, L., Maximenko, N., Potemra, J., van Sebille, E., Dick Vethaak, A., & Wilcox, C. 2017. Using numerical model simulations to improve the understanding of micro-plastic distribution and pathways in the marine environment. *Frontiers in Marine Science*, 4, 1-9.
- Hill, A. M., & Lodge, D. M. 1999. Replacement of resident crayfishes by an exotic crayfish: the roles of competition and predation. *Ecological Application*, 9(2), 678-690.
- Hossain, M. S., Sobhan, F., Uddin, M. N., Sharifuzzaman, S. M., Chowdhury, S. R., Sarker, S., & Chowdhury, M. S. N. 2019. Microplastics in fishes from the Northern Bay of Bengal. *Science of the Total Environment*, 690, 821-830.
- Hurley, R. R., Woodward, J. C., & Rothwell, J. J. 2017. Ingestion of Microplastics by Freshwater Tubifex Worms. *Environmental Science and Technology*, 51(21), 12844-12851.
- Hwang, J., Choi, D., Han, S., Choi, J., Hong, J. 2019. An assessment of the toxicity of polypropylene microplastics in human derived cells". *Science of Total Environment*, 684, 657-669.
- Imhof, H. K., Rusek, J., Thiel, M., Wolinska, J., & Laforsch, C. 2017. Do microplastic particles affect *Daphnia magna* at the morphological, life history and molecular level? *PLoS ONE*, 12(11), 1-20.
- Ismail, M. R., Lewaru, M. W., & Prihadi, D. J. 2019. Microplastics Ingestion by Fish in The Pangandaran Bay, Indonesia. *World News of Natural Sciences*, 23, 173-181.
- Jambeck, J., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Marine Pollution*, 347(6223), 768.
- Jantz, L. A., Morishige, C. L., Bruland, G. L., & Lepczyk, C. A. 2013. Ingestion of plastic marine debris by longnose lancetfish (*Alepisaurus ferox*) in the North Pacific Ocean. *Marine Pollution Bulletin*, 69(1-2), 97-104.
- Kole, P. J., Lohr, A. J., Van Belleghem, F. G. A. J., & Ragas, A. M. J. 2017. Wear and tear of tyres: A stealthy source of microplastics in the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(10), 2-31.
- Lassen, C., Hansen, S. F., Magnusson, K., Hartmann, N. B., Rehne Jensen, P., Nielsen, T. G., & Brinch, A. 2015. Microplastics Occurrence, effects and sources of releases to the environment Denmark. In *Danish Environmental Protection Agency*.
- Law, K.L., & R.C. Thompson. 2014. Microplastic in the seas. *Science*. 345: 144-145.
- Lefebvre, C., Saraux, C., Heitz, O., Nowaczyk, A., & Bonnet, D. 2019. Microplastics FTIR characterisation and distribution in the water column and digestive tracts of small pelagic fish in the Gulf of Lions. *Marine Pollution Bulletin*, 142, 510-519.
- Leslie, H. A., Brandsma, S. H., van Velzen, M. J. M., & Vethaak, A. D. 2017. Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. *Environment International*, 101, 133-142.
- Lestari, P. dan Trihadiningrum, Y. 2019. The impact of improper solid waste management to plastic pollution in Indonesian coast and marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110505.
- Lestari, P., Trihadiningrum, Y., Wijaya, B. A., Yunus, K. A., Firdaus, M. 2020. Distribution of microplastic in Surabaya River, Indonesia. *Science of the Total Environment*, 1016, 138560.
- Li, H. X., Ma, L. S., Lin, L., Ni, Z. X., Xu, X. R., Shi, H. H., Yan, Y., Zheng, G. M., & Rittschof, D. 2018. Microplastics in oysters *Saccostrea cucullata* along the Pearl River Estuary, China. *Environmental Pollution*, 236, 619-625.
- Liebezeit, G., & Dubaish, F. 2012. Microplastics in Beaches of the East Frisian Islands Spiekeroog and Kachelotplate. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89(1), 213-217.

- Lippiat, S., Opfer, S., & Arthur, C. 2013. Marine debris monitoring and assessment: recommendations for monitoring debris trends in the marine environment.
- Lithner, D., Larsson, A., & Dave, G. 2011. Environmental and health hazard ranking and assessment of plastic polymers based on chemical composition. *Science of the Total Environment*, 409(18), 3309–3324.
- Lolodo, D., & Nugraha, W., A. 2019. Mikroplastik Pada Bulu Babi Dari Rataan Terumbu Pulau Gili Labak Sumenep. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 12(2), 112–122.
- Lusher, A., Hollman, P., & Mandoza-Hill, J. 2017. Microplastics in fisheries and aquaculture. In *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 615.
- Lusher, A. L., McHugh, M., & Thompson, R. 2013. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67(1–2), 94–99.
- Mani, T., Hauk, A., Walter, U., & Burkhardt-Holm, P. 2015. Microplastics profile along the Rhine River. *Scientific Reports*, 5, 1–7.
- Masanti, Y. D. 2017. Identifikasi Mikroplastik Pada Ikan Belanak (*Mugil cephalus*) Di Tambak Ngebruk, Semarang. *Skripsi*, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
- Muchlisin, Z.A., Musman, M., & Siti Azizah, M.N. 2010. Length-weight relationship and condition factors of two threatened fishes, *Rasbora tawarensis* and *Poropuntius tawarensis*, endemic to Lake Laut Tawar, Aceh Province, Indonesia. *Journal of Applied Ichthyology*, 26(6), 949-953.
- Munandar, K., & Eurika, N. 2016. Keanekaragaman Ikan yang Bernilai Ekonomi dan Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Ikan Sapu-Sapu di Sungai Bedadung Jember. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning*, 13(1), 717-722.
- Murphy, F., Russell, M., Ewins, C., & Quinn, B. 2017. The uptake of macroplastic & microplastic by demersal & pelagic fish in the Northeast Atlantic around Scotland. *Marine Pollution Bulletin*, 122(1–2), 353–359.
- Neves, D., Sobral, P., Ferreira, J. L., & Pereira, T. 2015. Ingestion of microplastics by commercial fish off the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1), 119–126.
- Nor, N. H. M., & Obbard, J. P. 2014. Microplastics in Singapore's Coastal Mangrove Ecosystems. *Marine Pollution Bulletin*, 79(1–2), 78–283.
- Peng, G.Y., Zhu, B.S., Yang, D.Q., Su, L., Shi, H.H., Li, D.D. 2017. Microplastics in sediments of the Changjiang Estuary, China. *Environmental Pollution*, 225, 283–290.
- Permatasari, D. R., & Radityaningrum, A. D. (2020). Kajian Keberadaan Mikroplastik Di Wilayah Perairan: Review. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VIII*, 499–506.
- Phillips, M. B., & Bonner, T. H. 2015. Occurrence and amount of microplastic ingested by fishes in watersheds of the Gulf of Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 100(1), 264–269.
- Piarulli, S., Scapinello, S., Comandini, P., Magnusson, K., Granberg, M., Wong, J. X. W., Sciotto, G., Prati, S., Mazzeo, R., Booth, A. M., & Airoidi, L. 2019. Microplastic in wild populations of the omnivorous crab *Carcinus aestuarii*: A review and a regional-scale test of extraction methods, including microfibrils. *Environmental Pollution*, 251, 117–127.
- Prabowo, G. R. . 2019. Kandungan Mikroplastik Pada Ikan Sapu-Sapu (*Hypostomus Plecostomus*) Di Kali Krukut. *Skripsi*, Universitas Bakrie.
- Puspitasari, R. L., Elfidasari, D., Sasaerila, Y., Qoyyimah, F. D., & Fatkhurokhim, F. 2018. Deteksi Bakteri Pencemar Lingkungan (Coliform) Pada Ikan Sapu-Sapu Asal Sungai Ciliwung. *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, 4(1), 24-27.
- Rahmadhani, F. 2019. Identifikasi Dan Analisis Kandungan Mikroplastik Pada Ikan Pelagis Dan Demersal Serta Sedimen Dan Air Laut Di Perairan Pulau Mandangin Kabupaten Sampang. *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.
- Ratnasari, I. O. 2017. Identifikasi Jenis Dan Jumlah Mikroplastik Pada Ikan Nila Hitam (*Oreochromis niloticus*) Di Perairan Air Payau Semarang. *Skripsi*, Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.
- Rochman, C. M., Tahir, A., Williams, S. L., Baxa, D. V., Lam, R., Miller, J. T., Teh, F. C., Werorilangi, S., & Teh, S. J. 2015. Anthropogenic debris in seafood: Plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*, 5, 1–10.
- Sari, K. 2018. Keberadaan Mikroplastik pada Hewan *Filter Feeder* di Padang Lamun Kepulauan Spermonde Kota Makasar. *Skripsi*. Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanuddin.
- Scherer, C., Brennholt, N., Reifferscheid, G., & Wagner, M. 2017. Feeding type and development drive the ingestion of microplastics by freshwater invertebrates. *Scientific Reports*, 7(1), 1–9. 7
- Slootmaekers, B., Catarci Carteny, C., Belpaire, C., Saverwyns, S., Fremout, W., Blust, R., & Bervoets, L. 2019. Microplastic contamination in gudgeons (*Gobio gobio*) from Flemish rivers (Belgium). *Environmental Pollution*, 244, 675–684.
- Storck, F. R., Karlsruhe, T., Kools, S. A. E., Institute, K. W. R., & Pfeiffer, S. R. 2015. Microplastics in Fresh Water Resources. *Journal of Science Brief*, 72(5), 1455–1457.
- Sun, X., Li, Q., Shi, Y., Zhao, Y., Zheng, S., Liang, J., Liu, T., & Tian, Z. 2019. Characteristics and retention of microplastics in the digestive tracts of fish from the Yellow Sea. *Environmental Pollution*, 249, 878–885.
- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M. P., Akkhavong, K., ... Takada, H. 2009. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2027–2045.
- Thevenon, F., Carroll, C. 2015. Plastic debris in the ocean: the characterization of marine plastics and their environmental impacts, situation analysis report. *IUCN Library System*. ISBN: 978-2-8317-1696-1.
- Tosetto, L., Williamson, J. E., & Brown, C. 2017. Trophic transfer of microplastics does not affect fish personality. *Animal Behaviour*, 123, 159–167.
- Vandermeersch, G., Van Cauwenberghe, L., Janssen, C. R., Marques, A., Granby, K., Fait, G., Kotterman, M. J. J., Diogène, J., Bekaert, K., Robbens, J., & Devriese, L. 2015. A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms. *Environmental Research*, 143, 46–55.
- Vendel, A. L., Bessa, F., Alves, V. E. N., Amorim, A. L. A., Patrício, J., & Palma, A. R. T. 2017. Widespread

- microplastic ingestion by fish assemblages in tropical estuaries subjected to anthropogenic pressures. *Marine Pollution Bulletin*, 117(1-2), 448-455.
- Virsek, M. K., Palatinus, A., Koren, S., Peterlin, M., Horvat, P., & Krzan, A. 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *Journal of Visualized Experiments : JoVE*, 118, 1-9.
- Wagner, M., Scherer, C., Alvarez-Munoz, D., Brennholt, N., Bourrain, X., Buchinger, S., Fries, E., Grosbois, C., Klasmeier, J., Marti, T., Rodriguez-Mozaz, S., Urbatzka, R., Vethaak, A. D., Winter-Nielsen, M., & Reifferscheid, G. 2014. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. *Environmental Science Europe*, 26(1), 1-9.
- Wijaya, B. A., & Trihadiningrum, Y. 2019. Pencemaran Meso-dan Mikroplastik di Kali Surabaya pada Segmen Driyorejo hingga Karang Pilang. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), G211-G216.
- Wilcox, C., Mallos, N. J., Leonard, G. H., Rodriguez, A., & Hardesty, B. D. 2016. Using expert elicitation to estimate the impacts of plastic pollution on marine wildlife. *Marine Policy*, 65, 107-114.
- Woodall, L. C., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., Paterson, G. L. J., Coppock, R., Sleight, V., Calafat, A., Rogers, A. D., Narayanaswamy, B. E., & Thompson, R. C. 2014. The deep sea is a major sink for microplastic debris. *Royal Society Open Science*, 1(4), 2-8.
- Wright, S. L., & Kelly, F. J. 2017. Plastic and Human Health: A Micro Issue? *Environmental Science and Technology*, 51(12), 6634-6647.
- 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.
- Yudhantari, C. I., Hendrawan, I. G., & Puspitha, N. L. P. R. 2019. Kandungan Mikroplastik pada Saluran Pencernaan Ikan Lemuru Protolan (Sardinella Lemuru) Hasil Tangkapan di Selat Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 2(2), 47-51.
- Yumni, Z., Yunita, D., & Sulaiman, M. I. 2020. Identifikasi Cemaran Mikroplastik pada Ikan Tongkol (Euthynnus affinis C.) dan Dencis (Sardinella lemuru) di TPI Lampulo, Banda Aceh. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 5(1), 316-320.
- 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, 541-548.
- Zubris, K. A. V., & Richards, B. K. 2005. Synthetic fibers as an indicator of land application of sludge. *Environmental Pollution*, 138(2), 201-211.