

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan produksi plastik dunia menyebabkan peningkatan jumlah sampah plastik (Cauwenberghe *et al.*, 2013) Plastik-plastik ini digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti kemasan sekali pakai, bahan pakaian, dan lainnya (Wanner, 2021). Data produksi plastik dari tahun 1950 hingga pada tahun 2015 terus meningkat secara tajam. Pada tahun 2015, produksi plastik mencapai angka 322 juta ton dan terus meningkat setiap tahunnya (Ritchie & Roser, 2018; Wanner, 2021). Peningkatan jumlah sampah plastik di lingkungan juga menyebabkan penyebaran serpihan sampah laut. Diperkirakan pada tahun 2050, produksi plastik akan meningkat hingga 100 kali lipat (Widianarko & Hantoro, 2018).

Sampah-sampah di laut dapat menyebabkan pencemaran dan mengkontaminasi makhluk hidup yang berada di dalam perairan tersebut (Joetidawati, 2018). Data *Ocean Crusaders* (2020), menyebutkan terdapat 5,25 milyar serpihan plastik yang tersebar di perairan laut. Data statistik juga menunjukkan bahwa secara global, setiap tahunnya 269.000 ton atau setara dengan 500 milyar plastik sekali pakai digunakan dan tidak banyak yang didaur ulang. Sampah plastik tersebut kemudian terbawa hingga ke perairan laut dan menyebabkan polusi (SAS, 2020). Diperkirakan pada tahun 2030, jumlah sampah plastik yang akan dihasilkan 35-90% dari jumlah sampah plastik pada saat ini apabila sampah plastik tidak dikelola dengan benar (Borrelle *et al.*, 2020). Plastik yang dibuang ke lingkungan sebesar 60-80% dari jumlah seluruh sampah di dunia yang dapat mencemari lingkungan. Jika plastik-plastik tersebut terurai dan menjadi polusi, sampah plastik dapat membahayakan lingkungan dan ekosistem.

Plastik ini dapat terurai dalam proses pengolahan, daur ulang, ataupun degradasi secara natural (Feldman, 2002). Degradasi secara natural dapat terjadi melalui foto-oksidasi, hidrolisis, dan bi-degradasi. Foto-oksidasi dapat terjadi karena plastik terpapar oleh sinar UV dan oksigen terus-menerus (Wiles & Carlsson, 1980). Sedangkan hidrolisis dapat terjadi pada plastik-plastik yang berada di perairan laut, terutama pada jenis polimer PE

dan PA. Sampah plastik akan menyerap air laut dan suhu lingkungan yang mendukung menyebabkan plastik mengembang (Gewert *et al.*, 2015). Plastik yang mengembang ini kemudian akan terdegradasi. Bio-degradasi pada plastik disebabkan oleh mikroba yang dapat mengeluarkan enzim ekstraseluler. Enzim ini dapat memutuskan rantai karbon pada plastik sehingga menyebabkan terjadinya degradasi (Danso *et al.*, 2019).

Salah satu jenis pencemaran plastik di lingkungan adalah mikroplastik. Mikroplastik memiliki bentuk, warna, dan ukuran yang beraneka ragam. Jenis yang paling sering ditemui adalah dalam bentuk fiber, film, fragmen serta granula (Priscilla & Patria, 2020) dengan ukuran yang sangat kecil (< 5mm) (Cauwenberghe *et al.*, 2013).

Salah satu organisme yang hidup di perairan laut adalah bivalvia. Bivalvia merupakan jenis biota laut yang biasanya digunakan sebagai pendeteksi lingkungan perairan laut sekaligus bahan makanan *seafood* yang sering dikonsumsi oleh manusia. Bivalvia hidup secara *sedentary* atau memiliki pergerakan yang minimal, sehingga cemaran yang ada di dalam laut tidak dapat dihindari (Yaqin *et al.*, 2015). Bivalvia juga memiliki fungsi sebagai *filter feeder* yang dapat membersihkan kembali air laut setelah tercemar oleh polutan seperti mikroplastik. Polutan ini kemudian dapat terikat di dalam jaringan bivalvia (Tang *et al.*, 2019). Mikroplastik yang sudah terikat pada jaringan bivalvia dapat menghambat pertumbuhan larva dan menyebabkan individu dewasa memiliki ukuran yang lebih kecil bentuk cangkang yang tidak sempurna (Luan *et al.*, 2019).

Penelitian tentang mikroplastik pada bivalvia telah dilakukan di berbagai belahan dunia. Artikel jurnal yang paling sering ditemukan adalah dari negara seperti Amerika dan China yang meneliti tentang polusi mikroplastik pada kerang biru, sedangkan jenis kerang-kerang lainnya di berbagai negara berkembang masih jarang diteliti (Ward *et al.*, 2019). Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk melakukan *review* beragam spesies bivalvia yang diambil dari berbagai wilayah di penjuru dunia untuk mengetahui status pencemaran mikroplastik terkini pada kelompok bivalvia. Selain itu juga untuk menentukan jenis bivalvia yang dapat menjadi sumber paparan mikroplastik terbesar pada manusia.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Mikroplastik

Plastik merupakan kumpulan dari monomer yang terdiri dari atom karbon dan hidrogen kemudian digabungkan menjadi makromolekul dengan menggunakan proses polimerisasi (Hendrastianto, 2019). Plastik yang sering digunakan di dalam kehidupan sehari-hari ini terbagi menjadi tiga kategori yaitu, termoplastik, termosets dan elastomer (Widianarko & Hantoro, 2018). Termoplastik merupakan jenis plastik yang berubah menjadi lunak apabila dipanaskan dan akan menjadi keras apabila didinginkan, proses ini dapat dilakukan berulang kali dan dapat didaur ulang. Jenis plastik yang memiliki sifat termoplastik adalah jenis plastik polietilena tereftalat (PET), polietilena (PE), polipropilena (PP), dan polistirena (PS) (Ashby *et al.*, 2007). Termosets merupakan jenis plastik yang tidak dapat menjadi lunak setelah dibentuk dan diawetkan dengan menggunakan radiasi. Jenis plastik yang termasuk ke dalam kategori termosets adalah resin epoksi, resin melamin, dan bakalit (IUPAC, 2014; Widianarko & Hantoro, 2018). Kategori elastomer adalah molekul yang berukuran panjang yang dapat kembali ke bentuk semula setelah direntangkan atau ditarik (Gent, 2014; Widianarko & Hantoro, 2018).

Mikroplastik adalah plastik yang berukuran sangat kecil (< 5 mm) (Quinn & Crawford, 2017). Polusi mikroplastik menghambat ekosistem dan bahkan dapat masuk ke dalam rantai makanan. Mikroplastik yang berukuran sangat kecil ini dapat menembus lapisan sel-sel biota laut, terutama biota sedenter atau hidup dengan tidak berpindah-pindah. Partikel yang masuk ke dalam sel-sel makhluk hidup ini kemudian dapat bereaksi menjadi racun bagi tubuh biota tersebut dan dapat menyebabkan risiko cacat (Galloway *et al.*, 2017; Mercogliano *et al.*, 2020).

Jenis mikroplastik yang sering ditemui di perairan laut, sedimen maupun di dalam biota laut merupakan jenis mikroplastik dari polimer PE (*polyethylene*), PP (*polypropylene*) dan PS (*polystyrene*), sedangkan PET (*polyethylene tereftalat*) dan PVC (*polyvinyl Chloride*) memiliki sifat yang lebih stabil terhadap cuaca dan bahan kimia sehingga lebih susah untuk terdegradasi menjadi mikroplastik (Aliabad *et al.*, 2019; Blastic, 2016; Digka *et al.*, 2018). Polimer PET dan PVC merupakan jenis plastik yang biasanya digunakan

dalam bahan tekstil (Boucher & Friot, 2017; Sharifinia *et al.*, 2020). Ukuran mikroplastik yang sangat kecil membuat mikroplastik terlihat seperti plankton dan dapat mengendap di dalam biota laut. Hal ini membahayakan ekosistem karena akan masuk ke dalam rantai makanan (McGrath, 2020; Quinn & Crawford, 2017). Mikroplastik yang sangat kecil ini dapat dengan mudah masuk ke dalam saluran pencernaan makhluk hidup dan dapat menyebabkan menurunnya perkembangan dan sistem imun (Aliabad *et al.*, 2019; Sun *et al.*, 2020; Tang *et al.*, 2020).

Mikroplastik yang biasanya ditemukan memiliki berbagai macam bentuk, seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi bentuk mikroplastik

| Klasifikasi bentuk | Definisi |
|--------------------|----------------------------------|
| <i>Foams</i> | Polisteren, EPS |
| <i>Beads</i> | Mikrosfer, butiran mikro |
| <i>Pellet</i> | Resin, butiran mikro |
| <i>Fragment</i> | Serpihan tidak beraturan |
| <i>Fiber</i> | Filamen, serat mikro atau benang |

(Lorenzo-Navarro *et al.*, 2018; Lusher *et al.*, 2017)

Perbedaan densitas plastik akan mempengaruhi efek kelarutan terhadap asam saat melakukan digesti pada bahan organik. Semakin rendah tingkat densitasnya akan semakin larut terhadap pelarut dan ukuran mikroplastik yang diamati akan menjadi lebih kecil atau bentuknya dapat menjadi kurang akurat. Perbedaan densitas mikroplastik ini yang harus diperhatikan saat memilih pelarut untuk melakukan digesti (Da Silva *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2020). Berbagai macam densitas pada plastik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis plastik berdasarkan densitasnya

| Jenis plastik | Densitas (g/cm ³) |
|-------------------|-------------------------------|
| Polietilen (PE) | 0,91 – 0,95 |
| Polipropilen (PP) | 0,89 – 0,91 |

| Jenis plastik | Densitas (g/cm ³) |
|-----------------------------|-------------------------------|
| Polistiren (PS) | 1,05 |
| Polivinil klorida (PVC) | 1,40 |
| Poliamid (PA) | 1,13 – 1,15 |
| Selulosa asetat | 1,22 – 1,24 |
| Polietilen tereflatat (PET) | 1,34 – 1,39 |

(Da Silva *et al.*, 2020; GESAMP, 2016; Li *et al.*, 2020).

1.2.2. Bivalvia

Bivalvia merupakan jenis makhluk hidup yang biasa hidup di perairan, seperti di laut maupun di air tawar. Bivalvia adalah makhluk hidup yang memiliki dua cangkang yang dapat melindungi dagingnya. Bivalvia termasuk ke dalam jenis *filter feeder* yang dapat menjernihkan kembali habitatnya (Ward *et al.*, 2019). Bivalvia merupakan jenis bahan pangan yang biasanya sering dikonsumsi oleh manusia.

Bivalvia berkembang melalui proses metamorfosis. Perubahan yang terjadi bermula dari larva, remaja dan dewasa. Metamorfosis yang terjadi akan bergantung pada jenis bivalvia dan keadaan habitatnya, sehingga tidak semua individu memiliki jangka metamorfosis yang sama yang menghasilkan berbagai bentuk cangkang yang berbeda. Istilah *veliger* digunakan untuk bivalvia pada tahap larva dengan jangka waktu yang lebih panjang (Mikkelsen & Henne, 2019).

Pada tahap awal larva terbentuk disebut dengan D-veliger dan akan mengkonsumsi plankton. Larva mulai berkembang menjadi umbo. Umbo merupakan bagian pangkal yang menghubungkan kedua cangkang bivalvia. Saat larva mulai berkembang menjadi remaja, larva akan membentuk kaki dan insang. Insang dari bivalvia dewasa akan digunakan sebagai alat pernapasan dan tempat untuk mengumpulkan fitoplankton dengan cara mengikatnya menggunakan cairan mukosa. Partikel atau benda-benda lain yang tidak dapat dikonsumsi oleh bivalvia akan dikeluarkan kembali dengan dibungkus oleh mukosa yang disebut pseudofeses (Helm & Bourne, 2004).

Struktur tubuh bivalvia dewasa berbeda-beda sesuai dengan spesies dan habitatnya. Tetapi ada beberapa bagian yang memiliki kemiripan pada setiap bivalvia. Adanya kaki, insang dan organ pencernaan. Sifon merupakan bagian yang sudah ada sejak pada tahap larva yang digunakan untuk bergerak (berenang), pernapasan dan sebagai “mulut”. Kaki bivalvia digunakan untuk bergerak terutama pada tahap remaja. Pada beberapa jenis kerang, bagian kaki ini memiliki *byssus* yang memiliki bentuk seperti benang-benang halus yang berguna untuk mengikat atau menempelkan dirinya pada bebatuan. Selain itu, perbedaan kerang dan tiram dapat dilihat pada bagian dalamnya. Kerang memiliki posisi kaki di bagian depan sedangkan kaki tiram berada di dekat area umbo (Helm & Bourne, 2004; Kennedy, 2019). Bivalvia terbagi menjadi 4 jenis yaitu *clams*, *oyster*, *scallops*, *mussel* dan *cockle* yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis bivalvia yang dapat dikonsumsi

| Jenis | Spesies | |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------------|
| <i>Clams</i> | <i>Amiantis purpuratus</i> | <i>Ruditapes decussatus</i> |
| | <i>Amiantis umbonella</i> | <i>Ruditapes philippinarum</i> |
| | <i>Cyclina sinensis</i> | <i>Scapharca subrenata</i> |
| | <i>Donax cuneatus</i> | <i>Sinonovacula constricta</i> |
| | <i>Ennucula tenuis</i> | <i>Tegillarca granosa</i> |
| <i>Oyster</i> | <i>Alectryonella plicatula</i> | <i>Magallana bilineata</i> |
| | <i>Cerastoderma lamarcki</i> | <i>Saccostrea cucullata</i> |
| <i>Scallops</i> | <i>Chlamys farreri</i> | <i>Patinopecten yessoensis</i> |
| <i>Mussels</i> | <i>Lasmigona costata</i> | <i>Mytilus galloprovincialis</i> |
| | <i>Mytilaster lineatus</i> | <i>Mytilus trossulus</i> |
| | <i>Mytilus chilensis</i> | <i>Perna perna</i> |
| | <i>Mytilus edulis</i> | <i>Perna viridis</i> |

1.2.3. Kontaminasi Mikroplastik Bivalvia

Mikroplastik yang paling banyak ditemukan memiliki bentuk fiber dengan ukuran kecil (< 500 μm) (Ajith *et al.*, 2020). Keberadaan mikroplastik dengan karakteristik ini banyak ditemukan dalam bivalvia dari berbagai wilayah. Hal ini disebabkan karena bivalvia

merupakan makhluk hidup *filter feeder* yang dapat membersihkan perairan di sekitarnya hingga 5-25 liter (Beninger *et al.*, 2008; Thomas *et al.*, 2020). Mikroplastik dalam bentuk fiber memiliki ukuran yang sangat kecil, sehingga dapat masuk ke dalam tubuh bivalvia dengan mudah dan terikat di dalam jaringan dan pencernaan. Ukuran mikroplastik yang sangat kecil memiliki risiko yang sangat kecil, sehingga tidak banyak terjadi perubahan pada bivalvia dan sulit untuk dieksresikan (Blastic, 2016; Fang *et al.*, 2019; Kinjo *et al.*, 2019; Qiu *et al.*, 2015; Van Cauwenbergh & Janssen, 2014). Proses ini disebut juga sebagai *clearance* atau depurasi (Chae & An, 2020; Xu *et al.*, 2017).

Kontaminan yang masuk ke dalam bivalvia dapat dikeluarkan kembali dalam bentuk mukosa seperti pseudofeses maupun feses dengan cara individu tersebut harus hidup di wilayah yang bebas polusi (Smith *et al.*, 2018). Tetapi tidak semua kontaminan dapat seluruhnya dikeluarkan (Ward *et al.*, 2019). Apabila mikroplastik yang diserap memiliki ukuran yang sangat kecil ($< 500 \mu\text{m}$), kontaminan akan sulit untuk dikeluarkan (Cole & Galloway, 2019). Mikroplastik memiliki jenis polimer yang beragam, tetapi yang paling sering ditemui adalah PE, PP, dan PS (Aliabad *et al.*, 2019; Blastic, 2016).

Penelitian tentang keberadaan mikroplastik di dalam bivalvia mengganggu sistem pencernaan dan mengganggu pertumbuhan serta perkembangan (Lu *et al.*, 2020; Silva *et al.*, 2016). Selain itu, jumlah energi yang dapat diserap dan nutrisi yang didapatkan semakin sedikit sehingga dapat mengganggu antibodi bivalvia (Tang *et al.*, 2020; Xia *et al.*, 2020).

Bivalvia dari berbagai wilayah diambil untuk diuji kandungan mikroplastik yang terkandung di dalamnya, dinyatakan bahwa mikroplastik pada perairan China memiliki angka paling tinggi dengan kontaminasi mikroplastik terutama pada bivalvia. Kontaminasi mikroplastik terhadap bivalvia dan perairan China yang tinggi menyebabkan bahaya pada produk pangan terutama *seafood* karena negara China memiliki angka panen bivalvia tertinggi di dunia (Li *et al.*, 2018; Lu *et al.*, 2020).

Pada beberapa *review*, dinyatakan bahwa bivalvia hanya dapat mengeluarkan 40% dari keseluruhan kontaminan (Birnstiel *et al.*, 2019; Fernández & Albentosa, 2019b).

Informasi kontaminasi paling tinggi dan paling sering diuji adalah negara China, sedangkan penelitian mikroplastik dalam bivalvia pada negara-negara lainnya masih sangat kurang (Ward *et al.*, 2019). Hingga pada tahun 2019, informasi tentang mikroplastik yang sudah diteliti di wilayah Eropa mencapai 38% dan diikuti oleh China pada 36% (Ajith *et al.*, 2020). Oleh karena itu, penelitian tentang mikroplastik dalam bivalvia dari berbagai wilayah dengan menggunakan data terbaru untuk menentukan hingga saat ini, wilayah dan bivalvia jenis apa yang memiliki polusi mikroplastik paling tinggi maupun rendah.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penulisan *review* ini untuk mengetahui mengenai status terkini kontaminasi mikroplastik dalam berbagai jenis bivalvia dan karakteristik mikroplastik yang terkandung di dalam bivalvia. Selain itu, *review* artikel jurnal ini juga bermanfaat dan dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

