

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Plastik Dilingkungan

Saat ini, pencemaran plastik adalah salah satu masalah serius yang perlu ditangani. Berdasarkan Kementerian Perindustrian Republik Indonesia selama tahun 2013, sekitar 1,9 juta ton plastik dengan rata-rata 1,65 juta ton per tahun telah diproduksi di Indonesia dan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya (Cordova, 2017). Sampah plastik ini berasal dari semua kegiatan yang berhubungan dengan aspek kehidupan seperti kegiatan industri, pertanian, perikanan, rumah tangga dan lain sebagainya (Auta, 2018).

Pencemaran plastik telah ditemukan di daerah pesisir, sedimen, kawasan kutub hingga khatulistiwa dari garis pantai ke laut dalam (Bao *et al.*, 2019). Plastik memiliki variasi ukuran, asal, bentuk dan komposisi dengan bentuk paling umum yaitu *fragment*, *pellet*, *film*, serat, filamen, garis dan butiran (Anggiani, 2020). Warna yang dihasilkan juga bervariasi berdasarkan gugus fungsi kimia hingga dari sumber plastik itu berasal.

2.2 Jenis Polimer Plastik

2.2.1 Polyethylene (PE)

Polyethylene (PE) adalah salah satu polimer sintetik yang hanya tersusun dari atom karbon. PE merupakan polimer yang stabil dan tahan terhadap degradasi oleh mikroorganisme.

2.2.2 Polypropylene (PP)

Polypropylene (PP) sering digunakan sebagai bahan kemasan, bahan tekstil, popok dan lain sebagainya. Polimer PP sering dibandingkan dengan polimer PE, dimana karbon pada polimer PP merupakan karbon tersier sedangkan karbon polimer PE adalah karbon sekunder.

2.2.3 Polystyrene (PS)

Polystyrene (PS) merupakan polimer plastik sintetik yang bersifat hidrofobik, sangat stabil dan memiliki berat molekul yang tinggi. PS biasanya digunakan sebagai bahan dasar kemasan, alat laboratorium, peralatan elektronik

dan lain sebagainya. PS dianggap sebagai polimer termoplastik yang paling tahan terhadap degradasi oleh mikroorganisme (Auta, 2018).

2.3 Mikroplastik

Mikroplastik adalah plastik berukuran makro yang terurai dan terfragmentasi menjadi berukuran mikro dikarenakan sinar ultraviolet, suhu dan lain sebagainya. Partikel mikroplastik masuk ke lingkungan melalui serangkaian aktivitas di darat dan lingkungan laut. Mikroplastik pertama kali ditemukan dan dilaporkan oleh Carpenter dan Smith pada awal tahun 1970.

Sumber mikroplastik dibagi menjadi dua yaitu mikroplastik primer dan sekunder. Mikroplastik primer adalah mikroplastik yang sengaja dibuat untuk aplikasi domestik maupun industri. Sedangkan mikroplastik sekunder adalah mikroplastik yang terbentuk akibat adanya proses fisik, kimia, dan biologi yang menyebabkan fragmentasi. Mikroplastik memiliki kepadatan yang lebih rendah dari air sehingga dapat mengapung, tetapi beberapa memiliki kepadatan lebih tinggi sehingga akan tenggelam ke dasar. Mikroplastik memiliki warna yang bervariasi.

Arthur & Barnes (2009) mendefinisikan mikroplastik sebagai partikel mikrodengan rentang ukuran diameter <5 mm. Partikel dengan ukuran tersebut biasanya ditemukan dalam air laut (Barnes *et al.*, 2009). Sebanyak 90% limbah mikroplastik berada di permukaan air laut (Eriksen *et al.*, 2014) dan sisanya ditemukan dalam sedimen. Terdapat dua jenis mikroplastik, yaitu primer dan sekunder. Keduanya berbahaya bila masuk ke dalam tubuh organisme. Mikroplastik primer dibuat oleh industri untuk produk tertentu seperti kosmetik, pasta gigi, sabun, dan deterjen. Mikroplastik sekunder berasal dari plastik ukuran besar yang telah terdegradasi alam menjadi partikel lebih kecil.

2.4 Limbah Plastik

Lebih dari 300 metrik ton plastik diproduksi di seluruh dunia setiap tahunnya, dan 50% dari plastik yang diproduksi tersebut merupakan produk sekali pakai. Limbah plastik sekali pakai maupun yang telah digunakan beberapa kali tetap akan tersebar ke lingkungan, memenuhi sungai, laut, dan tanah (Singh *et al.*,

2016). Di daerah pesisir dengan jumlah populasi yang tinggi, padatnya kegiatan pelayaran dengan sirkulasi air yang terbatas mengakibatkan terakumulasinya limbah plastik pada sedimen. Plastik yang ukurannya lebih kecil terkumpul di bebatuan, saluran air, ngarai, dan landasbenua (Galgani *et al.*, 1996).

Plastik yang berada di permukaan air akan lebih cepat terdegradasi karena terpapar radiasi sinar ultraviolet dari matahari. Pergerakan partikel plastik secara vertikal mungkin terjadi karena tumbuhan atau alga yang menempel di permukaan plastik tersebut, sehingga plastik menjadi lebih berat dan berada di bawah permukaan. Ketika sudah berada di sedimen, plastik akan lebih sulit terdegradasi dan memperbesar kemungkinan dikonsumsi oleh organisme, terutama organisme bentik (Morét- Ferguson *et al.*, 2010). Limbah plastik baik yang sudah dikonsumsi organisme ataupun terkumpul di sedimen laut dalam akan sangat sulit dimonitor perpindahannya. Selain itu ketika sudah menjadi mikroplastik, akan semakin sulit karena dapat berpindah ke tempat yang sulitterjangkau (Thompson, 2004).

2.5 Permasalahan Mikroplastik Di Indonesia

Permasalahan mikroplastik juga telah di temukan di Indonesia, seperti yang terjadi di Pantai Kartini yang berlokasi di Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Dimana mikroplastik ditemukan di sedimen sebanyak 643 partikel per 50 gram dan berdasarkan tingkat kedalaman sedimen, pada kedalaman 41 cm - 60 cm jumlah mikroplastik yang ditemukan sebanyak 566 partikel, kedalaman 21 cm – 40 cm sebanyak 482 partikel dan kedalaman 0 cm – 20 cm sebanyak 376 partikel. Dari hal tersebut disimpulkan bahwa semakin dalam kedalaman sedimen, partikel mikroplastik yang ditemukan semakin banyak. Bentuk yang ditemukan juga bervariasi yaitu *fibre*, *fragment*, *film* dan *pellet*, dengan dominasi bentuk *fragment* (Azizah *et al.*, 2020).

Sedimen memiliki potensi untuk mengakumulasi mikroplastik dan telah terbukti menyebabkan jangka panjang. (Fibrian *et al.*, 2014). Mikroplastik sebenarnya paling banyak ditemukan di sedimen jika dibandingkan air permukaan ataupun habitat pasir. Wilayah sedimen dangkal dikatakan merupakan tempat tenggelamnya mikroplastik. Kehadiran polimer mikroplastik dapat ditemukan

berbeda-beda, hal ini mungkin disebabkan oleh degradasi yang terjadi pada mikroplastik yang ada di sekitarnya.

2.6 Dampak Mikroplastik Di Lingkungan

Mikroplastik tentu saja memiliki berbagai dampak negatif ke lingkungan. Hal ini dikarenakan ukuran mikroplastik yang sangat kecil sehingga sangat mudah sekali masuk ke dalam lingkungan dan mengganggu suatu ekosistem. Mikroplastik yang masuk ke dalam laut dapat dengan mudah dimakan oleh ikan, plankton, cacing laut, dan hewan laut lainnya. Hal ini dapat mengganggu sistem pencernaan dari hewan tersebut hingga menyebabkan kematian.

Beberapa hewan laut dapat dikonsumsi oleh manusia. Apabila hewan laut telah mengonsumsi mikroplastik maka akan ada kemungkinan di dalam tubuh mereka mengandung mikroplastik. Ketika hewan laut ini dikonsumsi oleh manusia maka akan terjadi biomagnifikasi dari hewan laut ke tubuh manusia. Akhirnya, terjadi gangguan kesehatan pada manusia, terlebih lagi mikroplastik memiliki sifat yang karsinogenik.

Selain ekosistem laut, ekosistem darat juga dapat mengalami dampak negatif dari mikroplastik. Ketika terjadi erosi sedimen partikel plastik akan mengalami penambahan densitas. Apabila terjadi secara terus-menerus partikel mikroplastik akan mengendap di dalam sedimen kemudian terakumulasi lebih dalam. Hal ini menurunkan kesuburan tanah dan menghalangi sirkulasi di dalam tanah (Priambodo, 2022).

2.7 Bakteri Pendegradasi Mikroplastik

Plastik adalah salah satu polimer sintetik atau buatan manusia yang merupakan rantai panjang molekul polimer. Plastik memiliki karakteristik stabil dan dapat bertahan lama sehingga sering digunakan untuk kepentingan manusia. Plastik sintesis sering digunakan dalam kemasan produk seperti makanan, farmasi, kosmetik, deterjen dan bahan kimia. Mikroorganisme mendegradasi polietilen dan poliuretan dengan memanfaatkannya sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan mikroorganisme. Beberapa jenis mikroorganisme yang paling sering dimanfaatkan dalam biodegradasi adalah bakteri. Salah satu jenis bakteri yang

banyak diteliti dan memiliki kemampuan mendegradasi plastik adalah *Pseudomonas*. Bakteri *Pseudomonas* termasuk dalam golongan bakteri gram negatif, tidak membentuk spora, berbentuk rod (batang), motil dengan satu atau lebih flagela pada bagian tepi.

Jenis bakteri obligat aerob, tetapi beberapa spesies dapat tumbuh secara anaerob dalam kondisi lingkungan yang terdapat nitrat di dalamnya. Termasuk dalam bakteri katalase positif, yakni dengan memetabolisme gula secara oksidatif (Zuraidah dkk, 2020).

a. *Bacillus* sp.



Gambar 2.1 *Bacillus* sp.
(Sumber : Wulandari, D., Purwaningsih, 2020)

Kingdom : Procaryotae
 Filum : Bacteria
 Kelas : Schizomycetes
 Ordo : Eubacteriales
 Famili : Bacillaceae
 Genus : *Bacillus*

Spesies : *Bacillus* sp. (Hatmanti, 2000).

Bakteri *Bacillus* sp merupakan salah satu jenis bakteri Gram positif dan berbentuk basil (batang) yang dapat membentuk endospora berbentuk oval di bagian sentral. Koloni bakteri pada media agar berbentuk bulat sedang, tepi tidak teratur, permukaan tidak mengkilat dan berwarna kecoklatan. *Bacillus* Sp mempunyai panjang 2-3 μm dan lebar 0,7-0,8 μm . *Bacillus subtilis* dapat hidup dikondisi dengan adanya oksigen atau tidak ada oksigen sehingga disebut sebagai mikroorganisme anaerobik fakultatif (Jawetz *et al.*, 2005).

b. *Pseudomonas* sp.



Gambar 2.2 Bakteri *Pseudomonas* sp.
(Sumber : Nufaliana *et al.*, 2014)

Kingdom : Bacteria
 Filum : Proteobacteria
 Kelas : Gamma Proteobacteria
 Ordo : Pseudomonadales
 Famili : Pseudomonadaceae
 Genus : *Pseudomonas*
 Spesies : *Pseudomonas* sp. (Soedarto, 2015)

Pseudomonas aeruginosa merupakan bakteri berbentuk kokobasil atau batang berukuran 0,6 x 2 μm , bersifat aerob dan mempunyai flagel tunggal atau 2-3 flagel. Bakteri ini bersifat gram negatif dan tampak dalam bentuk tunggal, berpasangan dan seperti rantai pendek (Jawet, 2014).

c. *Azotobacter* sp.



Gambar 2.3 Bakteri *Azotobacter* sp.
(Sumber: Romiani, 2011)

Kingdom : Bacteria
 Filum : Proteobacteria

Kelas : Gammaproteobacteria
Ordo : Pseudomonadales
Famili : Pseudomonadaceae
Genus : *Azotobacte*
Spesies : *Azotobacter* sp. (Garrity *et al.*, 2004).

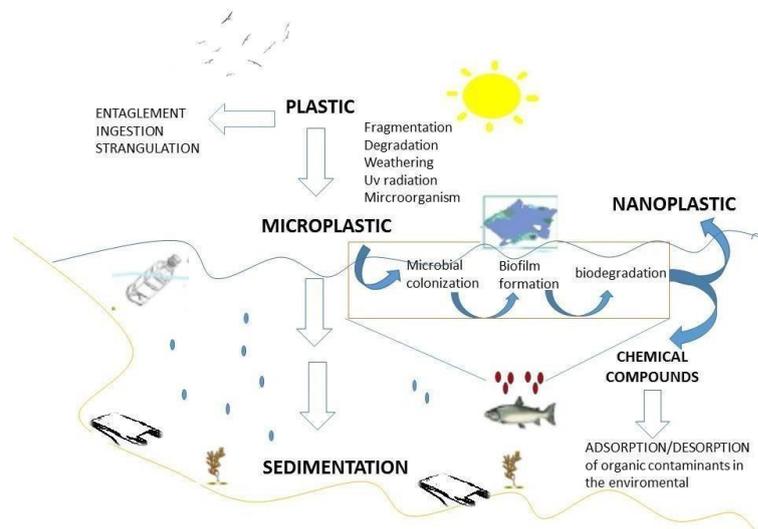
Azotobacter memiliki bentuk sel ovoid, batang maupun kokus, berdiameter 1,5-2,0 μm . Bakteri Gram negatif, bersifat motil dengan adanya flagella, namun ada juga yang non-motil. *Azotobacter* mampu tumbuh dengan pH optimum untuk pertumbuhan dan fiksasi nitrogen yaitu berkisar 7,0- 7,5. Beberapa spesies memanfaatkan garam nitrat amonium dan asam amino tertentu sebagai sumber nitrogen (Novalia *et al.*, 2022).

2.8 Degradasi Mikroplastik Secara Biologi

Ditinjau dari proses degradasinya, mikroplastik dapat terurai secara fisika, kimia dan biologi. Proses degradasi mikroplastik dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, pH, kelembaban, tekanan dan peranan dari mikroorganisme pengurai. Metode degradasi secara fisika dan kimia memiliki kekurangan karena memiliki dampak buruk terhadap lingkungan, sehingga diperlukan penanganan lain, salah satunya dengan menggunakan metode secara biologi (Tarr, 2003). Secara biologi, proses degradasi terjadi karena adanya bantuan dari organisme yang berperan sebagai agen remediasi seperti mikroorganisme yang menghasilkan enzim untuk mendegradasi mikroplastik. Kemampuan enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme dalam men degradasi mikroplastik dipengaruhi beberapa faktor lingkungan seperti, pH, suhu, berat dan ukuran dari molekul substrat. Beberapa mikroorganisme seperti fungi dan bakteri mampu mendegradasi mikroplastik (Roohi *et al.*, 2017). Secara umum proses biodegradasi plastik oleh mikroorganisme dapat dilihat pada Gambar 2.4 Biodegradasi polimer melibatkan langkah-langkah sebagai berikut (Arutchelvi, 2008) :

1. Pelekatan mikroorganisme pada permukaan plastic. Pelekatan/kontak mikroorganisme pada permukaan plastik akan membentuk biofilm.

2. Pertumbuhan mikroorganisme memanfaatkan polimer yang terdegradasi sebagai sumber energi dan makanan (asimilasi)
3. Degradasi polimer (fragmentasi melalui hidrolisis)



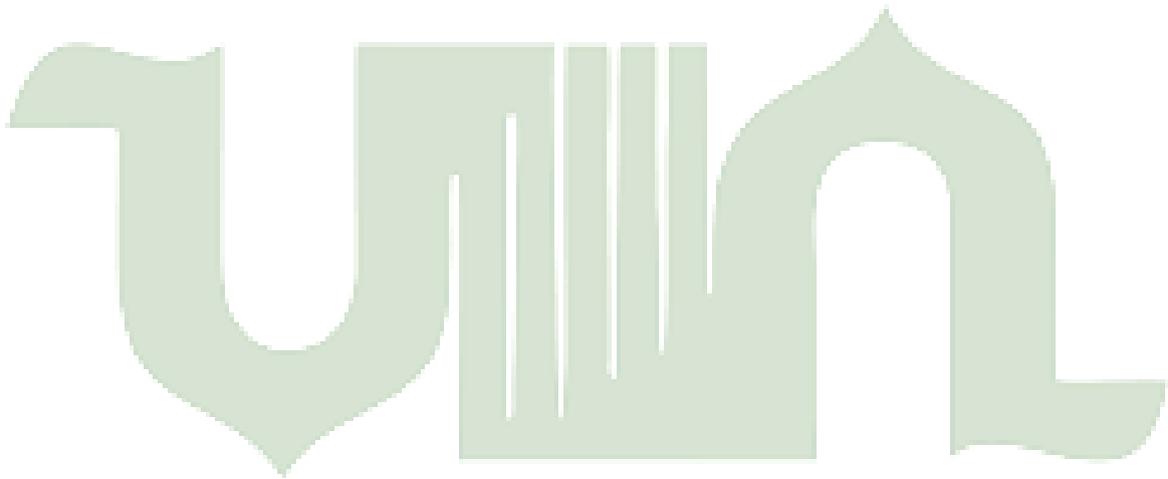
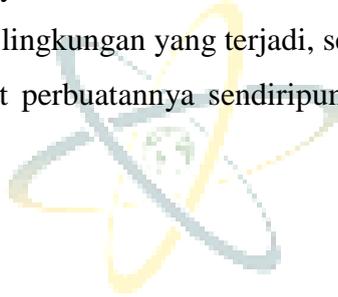
Gambar 2.4 Potensi interaksi antar mikroorganisme laut dan mikroorganisme di lingkungan laut (sumber : Urbanek, 2018).

2.9 Mekanisme Kerja Bakteri Pendegradasi Mikroplastik

Degradasi adalah proses yang melibatkan perubahan fisik atau kimia dalam polimer akibat faktor lingkungan seperti cahaya, panas, kondisi kimia atau aktivitas biologis (Tarr, 2003), sedangkan biodegradasi menurut Das & Dash (2014) adalah sebuah proses degradasi yang melibatkan senyawa kimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme terutama oleh bakteri. Melalui proses biodegradasi, bahan-bahan organik dapat terdegradasi secara aerobik dan anaerobik. Beberapa mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan actinomycetes memiliki kemampuan untuk mendegradasi plastik sintesis secara alami (biodegradasi). Umumnya, terpotongnya rantai polimer menjadi monomer memerlukan beberapa mikroorganisme yang berbeda, misalnya suatu bakteri mampu memecah polimer menjadi monomer, bakteri lain mampu menggunakan monomer dan mengeluarkan senyawa yang lebih sederhana.

Firman Allah di atas menyatakan bahwa darat dan laut merupakan ajang berbuat kerusakan. Hal ini dikarenakan, kerusakan yang disebutkan (fasad) pada ayat di atas terjadi di darat dan laut. Kerusakan yang dimaksud bisa saja berarti kerusakan lingkungan (hilangnya keseimbangan pada lingkungan) yang berakibat kurangnya manfaat dari lingkungan tersebut.

Di sisi lain, tanpa mereka sadari ketidakseimbangan tersebut membawa penderitaan bagi umat manusia. Inilah yang menjadi pesan dari Firman Allah di atas, bahwa semakin banyak dan semakin besar dosa dilakukan manusia, maka semakin besar kerusakan lingkungan yang terjadi, sehingga dampak negatif yang dirasakan manusia akibat perbuatannya sendiripun juga akan semakin banyak (Shihab, 2002).



UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
SUMATERA UTARA MEDAN