

I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Low-density polyethylene (LDPE) merupakan salah satu bahan plastik yang paling banyak digunakan karena kekuatan, fleksibilitas, dan biaya produksinya yang rendah, sehingga banyak diterapkan dalam produk industri dan rumah tangga (Ghayebzadeh *et al.*, 2020). Namun, sifat persistensi LDPE telah berkontribusi secara signifikan terhadap penumpukan limbah plastik global di lingkungan laut. Di Indonesia, pengelolaan limbah plastik yang buruk telah mencapai sekitar 3,22 juta ton, menimbulkan ancaman lingkungan yang serius, terutama bagi ekosistem pesisir dan laut (Jambeck *et al.*, 2015).

Perairan pesisir Semarang mengalami kontaminasi plastik dan mikroplastik yang signifikan. Konsentrasi mikroplastik dilaporkan mencapai 8.107 partikel/m³ pada sedimen pesisir, 4.523 partikel/m³ pada sedimen estuari, dan rata-rata 100 partikel/mL pada air laut (Setyaningsih *et al.*, 2023). Di sedimen laut, konsentrasi mikroplastik berkisar antara 1.858 hingga 2.577 partikel/kg (Ibrahim *et al.*, 2023), sementara sedimen dari ekosistem pesisir, sungai, dan mangrove di Semarang mengandung sekitar 3.584–8.106 partikel/m³ (Laila *et al.*, 2020). Meskipun batas ambang lingkungan untuk kontaminasi mikroplastik belum ditetapkan, peningkatan konsentrasi diketahui berdampak negatif pada kesehatan ekosistem perairan. Bukti

kontaminasi ini juga ditunjukkan oleh deteksi partikel mikroplastik dalam saluran pencernaan dan insang ikan makarel (*Rastrelliger kanagurta*) yang dikumpulkan dari Lokasi Lelang Ikan Tambak Lorok (TPI), Tanjung Mas, Semarang, dengan jumlah berkisar antara 15 hingga 111 partikel per individu, terutama dalam bentuk serat, fragmen, pelet, dan film (Senduk *et al.*, 2021).

Kecamatan Tanjung Mas merupakan kawasan pesisir yang sangat strategis, terdiri dari fasilitas pelabuhan (53%), kolam budidaya perairan (6,5%), dan kawasan industri (4,2%). Pelabuhan Tanjung Mas berfungsi sebagai pusat hub untuk transportasi maritim dan perdagangan domestik dan internasional di Semarang (Anisyah *et al.*, 2016). Peran strategis ini telah mendorong perkembangan pemukiman yang cepat, dengan kawasan permukiman mencakup sekitar 37,63 ha di Tambak Lorok dan Kebonharjo (Mudiyanti dan Sriyono, 2019). Aktivitas manusia yang intensif, termasuk pembuangan limbah domestik dan pembuangan limbah industri, telah menjadi kontributor utama polusi laut di kawasan Tanjung Mas (Geyer *et al.*, 2017), memperkuat statusnya sebagai *hot spot* polusi untuk kontaminasi plastik dan mikroplastik.

Sejauh ini, strategi mitigasi yang dilakukan pemerintah untuk polusi plastik dan mikroplastik di Indonesia masih bersifat preventif dan belum secara efektif mengatasi penumpukan limbah plastik yang sudah ada di lingkungan. Selain itu, sumber-sumber mikroplastik yang beragam dan sebagian besar tidak terkendali yang berasal dari produk rumah tangga, kosmetik, dan barang-barang konsumen lainnya telah semakin membatasi

efektivitas pendekatan pengelolaan yang ada (Yulina *et al.*, 2021). Akibatnya, strategi remediasi alternatif dan berkelanjutan sangat diperlukan.

Biodegradasi plastik muncul sebagai solusi menjanjikan untuk mengurangi polusi plastik. Mikroorganisme, termasuk bakteri, jamur, dan alga, memiliki kemampuan adsorpsi dan metabolik yang memungkinkan mereka beradaptasi dengan substrat yang persisten di lingkungan alam. Di antara mikroorganisme tersebut, bakteri khususnya menonjol karena kemampuannya memproduksi enzim spesifik yang memfasilitasi pemanfaatan polimer yang sulit terurai, termasuk plastik, sebagai sumber karbon (Gao dan Sun, 2021). Peningkatan dan stabilitas relatif jumlah mikroplastik di lingkungan laut menunjukkan bahwa bakteri laut telah mengalami proses adaptasi, menjadikannya kandidat potensial untuk biodegradasi plastik.

Studi-studi sebelumnya yang dilakukan di berbagai lingkungan laut telah melaporkan komunitas bakteri yang beragam yang terkait dengan permukaan plastik. Misalnya, studi pesisir di Singapura mengidentifikasi genus bakteri seperti *Erythrobacter*, *Vibrio*, dan *Pseudomonas* (Curren dan Leong, 2019), sementara penelitian di Estuari Humber, Inggris, mengungkapkan kemampuan *Arcobacter* sp. dan *Colwellia* sp. untuk mengkolonisasi permukaan LDPE (Oberbeckmann *et al.*, 2016). Genus lain, termasuk *Vibrio*, *Escherichia*, dan *Pseudomonas*, juga dilaporkan terkait dengan substrat plastik. Namun, komunitas bakteri inti yang secara konsisten terkait dengan mikroplastik belum diidentifikasi secara definitif. Famili

seperti Rhodobacteraceae dan Flavobacteriaceae, bersama dengan genus termasuk Albirhodobacter, Hydrogenophaga, dan Methylothermobacter, termasuk di antara takson yang paling sering terdeteksi pada permukaan mikroplastik (Debroy *et al.*, 2021).

Mengingat tingkat pencemaran plastik yang signifikan dan pentingnya ekologi strategis Tanjung Mas, Semarang, penelitian terhadap komunitas bakteri yang terkait dengan pencemaran plastik di wilayah ini sangatlah penting. Oleh karena itu, studi ini menggunakan pendekatan metagenomik struktural untuk mengkarakterisasi profil komunitas bakteri dan memprediksi potensi fungsional gen pengurai plastik yang terkait dengan LDPE di lingkungan laut Tanjung Mas, Semarang (Oberbeckmann *et al.*, 2016).

1.2 Rumusan Masalah

- 1.2.1 Bagaimana profil komunitas bakteri pembentuk biofilm pada permukaan LDPE dari Tanjung Mas Semarang berdasarkan analisis metagenomik?
- 1.2.2 Bagaimana potensi gen degradasi plastik pada biofilm bakteri biodegradator LDPE dari Tanjung Mas, Semarang ?
- 1.2.3 Bagaimana potensi bakteri biodegradator LDPE yang dapat dikulturkan serta kesesuaiannya dengan temuan berbasis metagenomik ?

1.3 Tujuan Penelitian

- 1.3.1 Mengetahui profil komunitas bakteri pembentuk biofilm pada permukaan LDPE dari Tanjung Mas Semarang berdasarkan analisis metagenomik.
- 1.3.2 Menganalisis gen degradasi plastik pada biofilm bakteri biodegradator LDPE dari Tanjung Mas, Semarang.
- 1.3.3 Menganalisis potensi bakteri biodegradator LDPE yang dapat dikulturkan serta kesesuaiannya dengan data metagenomik.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Penelitian Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan analisis mendalam mengenai profil komunitas bakteri pembentuk biofilm pada permukaan LDPE beserta potensinya sebagai biodegradator LDPE dari Kecamatan Tanjung Mas, Semarang.

1.4.2 Manfaat Penelitian Praktis

a) Bagi penulis

Penelitian ini diharapkan dapat mendambah wawasan penulis mengenai profil komunitas bakteri biodegradator LDPE dari sampel biofilm di Tanjung Mas, Semarang.

b) Bagi pihak lain

Penelitian ini diharapkan dapat berperan sebagai sumber informasi, bahan evaluasi dalam penelitian dan pengembangan pemanfaatan, pengembangan aplikasi bakteri sebagai biodegradator LDPE berikutnya.