

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Mikroplastik masih menjadi salah satu masalah lingkungan yang mendesak di seluruh dunia, dengan dampak yang signifikan terhadap ekosistem laut. Mikroplastik adalah partikel padat sintetis (matriks polimer) yang tidak larut dalam air dengan ukuran antara 1 μm hingga 5 mm (Campanale *et al.*, 2020). Mikroplastik terbentuk akibat proses akumulasi dari paparan sinar ultraviolet (UV), suhu tinggi, tekanan fisik dari air laut, dan aktivitas makhluk hidup terhadap limbah plastik sehingga menghasilkan material plastik berukuran mikro. Indonesia termasuk dalam negara kedua terbesar setelah Tiongkok sebagai penyumbang sampah plastik yang dibuang ke laut. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2021, Indonesia menghasilkan jumlah sampah plastik tahunan hingga 64 juta ton, dengan 3.2 juta ton sampah plastik dibuang ke lingkungan laut. Kementerian Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan (PPKL) menyatakan kelimpahan mikroplastik di permukaan air pada 24 Provinsi di Indonesia berada pada rentang 0.122 partikel/ m^3 sampai dengan 4.880 partikel/ m^3 (Pariwisata *et al.*, 2024).

High-Density Polyethylene (HDPE) merupakan salah satu kelompok plastik dari *Polyethylene* (PE) yang paling banyak ditemukan di lingkungan perairan, dengan kontribusi lebih dari sepertiga terhadap produksi mikroplastik di seluruh dunia (Newrick *et al.*, 2025). HDPE memiliki sedikit percabangan dengan densitas yang lebih tinggi, sehingga

biasa dimanfaatkan sebagai wadah produk yang lebih keras seperti sampo, sabun, dan dirigen (Chen & Lin, 2021). Sifatnya yang ringan membuat plastik PE mudah sekali bergerak dan mengapung di permukaan laut. PE bersifat *non-renewable* sehingga membutuhkan waktu 500-1000 tahun agar dapat terurai secara alami. Kumpulan mikroplastik yang dibiarkan terus menerus di lingkungan akan menimbulkan dampak ekologis serius, seperti gangguan rantai makanan serta penurunan kualitas lingkungan. (Clarinsa & Sutoyo, 2021). Upaya berkelanjutan untuk mengurangi keberadaan mikroplastik di perairan laut perlu dilakukan, salah satunya adalah biodegradasi, yaitu proses penguraian bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana oleh mikroorganisme. Proses biodegradasi tergolong aman dan ramah lingkungan karena bakteri di alam berperan sebagai pengurai, konsumen, dan penjaga keseimbangan siklus biogeokimia (Pakpahan, *et al.*, 2021; Rindiani *et al.*, 2024).

Bioremediasi memanfaatkan peran bakteri untuk mereduksi mikroplastik dan mengubahnya menjadi senyawa yang lebih sederhana. Bakteri dapat mereduksi plastik melalui proses oksidasi dan hidrolisis enzimatik. Beberapa bakteri pendegradasi ditemukan hidup sebagai bakteri asosiasi makroalga, salah satunya pada *Kappaphycus* sp. Penelitian terbaru menemukan selain sebagai penghasil karaginan, *Kappaphycus* sp. merupakan habitat bagi komunitas bakteri yang memiliki kemampuan dalam proses degradasi mikroplastik. Rupert *et al.* (2023) menemukan beberapa bakteri yang berasosiasi dengan *Kappaphycus* sp. seperti *Phaeobacter* sp., *Pseudoalteromonas* sp., *Vibrio* sp., *Ruegeria* sp.,

Bacillus aquamaris, *Thalassospira profundimaris*, *Alteromonas abrolhosensis*, *Vibrio mediterranei*, dan *Alteromonas macleodii* mampu mendegradasi polimer sintetik. Penelitian Wu *et al.* (2023) memperkuat bahwa genus *Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Corynebacterium*, *Arthrobacter*, *Micrococcus*, *Rhodococcus*, *Leucoccus*, dan *Enterobacter* termasuk dalam bakteri pendegradasi plastik PE. Kesamaan genus antara bakteri asosiasi *Kappaphycus* sp. dengan bakteri pendegradasi mikroplastik menunjukkan adanya potensi bakteri berperan sebagai biodegradator PE. Penelitian Skariyachan *et al.* (2021) menjelaskan bahwa bakteri dapat bekerja lebih baik dalam suatu kelompok, seperti konsorsium bakteri *Enterobacter* sp. dan *Pseudomonas* sp. yang mampu bekerja mendegradasi plastik. Hal ini mendukung potensi biodegradasi plastik yang ramah lingkungan meskipun penelitian yang mengeksplorasi spesies bakteri *Kappaphycus* sp. sebagai pendegradasi mikroplastik PE masih sedikit.

Kappaphycus sp. yang digunakan berasal dari kepulauan Karimunjawa, yang dimana telah ditemukan keberadaan mikroplastik. Tingkat kontaminasi mikroplastik masih tergolong rendah, yang mengindikasikan bahwa makroalga *Kappaphycus* sp. tidak sepenuhnya bebas dari mikroplastik. Keberadaan mikroplastik di Perairan Karimunjawa diakibatkan oleh tingginya jumlah sampah plastik yang berasal dari kegiatan pariwisata dan aktivitas permukiman seperti pembakaran sampah, serta arus perairan yang membawa mikroplastik dari perairan lain. Keberadaan mikroplastik diprediksi tidak hanya ditemukan di zona yang tinggi aktivitas manusia, tetapi zona yang jauh dari aktivitas

manusia juga memiliki kemungkinan tercemar karena mikroplastik dapat bergerak dan berpindah tempat mengikuti arah arus air dan angin (Salsabila *et al.*, 2022). Menurut Marganita *et al.* (2022), keberadaan mikroplastik pada Pulau Sintok berasal dari Pulau Kemujan dan Pulau Jawa yang dilihat berdasarkan pemodelan *particle tracking* menggunakan Parcels. Beberapa daerah melaporkan adanya temuan mikroplastik yang terbawa melalui hujan semakin menegaskan bahwa paparan mikroplastik dapat melalui berbagai jalur lingkungan.

Kemampuan bakteri yang berasosiasi dengan rumput laut dalam mendegradasi mikroplastik dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Salah satu yang menjadi perhatian adalah pH, dimana pada perairan Karimunjawa memiliki pH cenderung basa antara 7,9 – 8,2 (Al Faruqi *et al.*, 2015). Keadaan pH yang basa dapat memengaruhi kinerja bakteri asosiasi *Kappaphycus* sp. menjalankan aktivitas degradasi. PH menjadi faktor kunci dalam kestabilan enzim dan proses metabolisme bakteri selama biodegradasi. Perubahan pH dapat meningkatkan atau justru menurunkan efektivitas biodegradasi dalam pemecahan polimer.

Penelitian tentang kemampuan bakteri asosiasi *Kappaphycus* sp. dalam mendegradasi PE dengan variasi pH belum pernah dipublikasikan. Karena itu, pengujian pH dilakukan untuk mengetahui kondisi yang paling mendukung aktivitas degradasi bakteri, sekaligus memberikan gambaran bagaimana bakteri asosiasi berpotensi bekerja pada lingkungan perairan.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana kemampuan isolat bakteri asosiasi *Kappaphycus* sp. yang memiliki potensi mendegradasi HDPE?
2. Bagaimana pengaruh variasi pH terhadap aktivitas bakteri dalam mendegradasi HDPE?
3. Apa jenis isolat bakteri dengan potensi degradasi HDPE berdasarkan identifikasi molekuler?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui kemampuan isolat bakteri asosiasi *Kappaphycus* sp. yang memiliki potensi mendegradasi HDPE.
2. Mengetahui pengaruh pH terhadap aktivitas bakteri dalam mendegradasi HDPE.
3. Melakukan identifikasi molekuler pada isolat bakteri dengan potensi degradasi HDPE.

1.4 Manfaat

Penelitian Identifikasi Molekuler Bakteri Asosiasi *Kappaphycus* sp. dan Evaluasi Aktivitasnya terhadap *High-Density Polyethylene* (HDPE) berdasarkan Variasi pH diharapkan dapat memberikan informasi baru terhadap mikroorganisme lokal yang memiliki potensi biodegradasi, khususnya bakteri yang berasosiasi dengan *Kappaphycus* sp. yang belum banyak diteliti sebelumnya. Penelitian diharapkan mampu berkontribusi dalam pengembangan strategi pengelolaan limbah plastik yang lebih *sustainable* serta menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut.