

# I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Di Indonesia, biofouling laut merupakan salah satu masalah utama karena garis pantai negara yang luas. Sebagai negara kepulauan, sangat penting untuk memiliki sarana dan prasarana kelautan. Data Kementerian Perhubungan 2023 menunjukkan setidaknya terdapat 639 pelabuhan pada 2023 dan diperkirakan meningkat menjadi 1.321 pelabuhan terintegrasi pada 2037. Pertumbuhan pesat jumlah pelabuhan terintegrasi di Indonesia juga berarti meningkatnya risiko terkait biofouling laut (Iswadi & Priyotomo, 2020). Permasalahan biofouling menjadi semakin kompleks dengan adanya peningkatan aktivitas perkapalan dan pergerakan kapal antar-pelabuhan di wilayah yang luas. Organisme-organisme laut seperti ganggang, kerang, dan moluska dapat dengan mudah menempel pada lambung kapal, struktur dermaga, dan peralatan kelautan lainnya (Sakinah *et al.*, 2023).

Dampak dari biofouling ini sangat merugikan bagi transportasi kelautan. Pertumbuhan organisme laut yang tidak diinginkan dapat menyebabkan peningkatan resistensi hidrodinamis dan penurunan efisiensi operasional kapal, meningkatkan konsumsi bahan bakar, dan memperpanjang waktu perjalanan (Song *et al.*, 2019). Organisme yang menempel pada struktur kelautan dapat merusak permukaan pelapis dan mempercepat proses korosi, yang mengakibatkan kerusakan fisik pada infrastruktur maritim (Putra *et al.*, 2020). Upaya pencegahan dan

perbaikan memerlukan biaya yang signifikan serta upaya pemeliharaan yang lebih intensif.

Biofouling diawali adanya lapisan berbagai mikroorganisme. Salah satunya bakteri yang kemudian membentuk biofilm sehingga dapat menarik organisme lain untuk tumbuh dan berkembang biak di atas permukaan material tersebut, pembentukan biofouling yang terakumulasi akan semakin menebal dan sulit untuk dihilangkan (Masruroh *et al.*, 2023). Pembentukan biofilm dari bakteri ini dapat membentuk lapisan zat polimer ekstraseluler (ZPE) seperti lendir di permukaan struktur kelautan dan pertumbuhan bakteri ini dapat memicu pertumbuhan biofouling secara lebih luas, dengan dampak yang serupa terhadap transportasi laut dan industri kelautan (Nagaraj *et al.*, 2018).

Identifikasi bakteri dalam biofouling laut telah dilakukan dengan menggunakan teknik kultur, pengamatan morfologis menggunakan mikroskop dan metode pengurutan DNA sanger. Namun, metode ini memiliki beberapa keterbatasan, terutama dalam mendeteksi mikroorganisme yang belum dapat di kultur, serta waktu dan biaya yang diperlukan untuk menganalisis sampel dalam jumlah besar (Pham & Kim, 2012). Penggunaan eDNA *metabarcoding* dapat menjadi solusi yang efektif. Melalui analisis DNA dalam sampel air atau sedimen, eDNA *metabarcoding* dapat mengidentifikasi keberadaan dan komposisi bakteri dalam biofilm di berbagai material seperti aluminium dan fiber dengan akurasi tinggi. Pemantauan yang lebih baik mungkin dilakukan terhadap pertumbuhan dan perkembangan bakteri biofilm, serta membantu dalam merancang strategi pengendalian biofouling yang lebih efisien. (Maqbul *et al.*, 2021).

Pendekatan eDNA *metabarcoding* dengan penerapan teknologi NGS (*Next-Generation Sequencing*) amplicon parsial *sequencing* platform MGI dengan gen 16S rRNA pada region V3-V4 memungkinkan analisis DNA bakteri secara massal dengan tingkat resolusi yang tinggi pada sampel bakteri (Wu *et al.*, 2016) & (Anslan *et al.*, 2021). Metode *metabarcoding* dapat menghasilkan pengurutan DNA dari berbagai tingkat identifikasi atau kelompok taksonomi bakteri yang lebih tinggi yang terdapat dalam biofilm dengan akurasi dan kecepatan yang lebih tinggi (Callahan *et al.*, 2016) & (Suyama & Matsuki, 2015). Metode ini juga menghasilkan berbagai data penting mengenai komunitas bakteri dalam biofilm seperti memberikan informasi tentang keberagaman genetik bakteri yang terlibat dalam biofouling dan memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang komposisi struktur dan fungsi komunitas bakteri biofilm (Ravi *et al.*, 2018).

Pendekatan eDNA *metabarcoding* dalam fungsi komunitas bakteri dapat memberikan tambahan informasi yang substansial, memungkinkan untuk memperoleh informasi penting mengenai peran dan kontribusi masing-masing bakteri dalam komunitas biofilm dari tingkat filum hingga spesies (Longo, 2022). Potensi fungsi komunitas bakteri biofilm dapat mencakup proses biokimia seperti degradasi zat organik, siklus biogeokimia, dan interaksi simbiotik dengan organisme lain. Informasi yang dihasilkan dari pendekatan *metabarcoding* juga dapat menentukan kemungkinan produksi senyawa enzim, gen produksi bahkan jalur metabolit yang dapat memengaruhi dinamika ekosistem di sekitar biofilm (Malla *et al.*, 2019).

Data hasil penelitian diharapkan dapat digunakan untuk pemahaman yang lebih mendalam tentang struktur komunitas bakteri biofilm dan biofouling di permukaan material struktur transportasi kelautan, pengembangan strategi pengendalian biofouling yang efisien, dan pengelolaan yang berkelanjutan terhadap permasalahan biofouling di perairan Indonesia khususnya di Pelabuhan Tanjung Mas, Semarang.

### **1.2 Rumusan Masalah**

- a) Bagaimana struktur komunitas bakteri biofilm penyusun biofouling air laut pada permukaan material kapal di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang?
- b) Bagaimana fungsi komunitas bakteri biofilm penyusun biofouling air laut pada permukaan material kapal di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang?
- c) Bagaimana perbandingan struktur dan fungsi komunitas bakteri permukaan kapal material fiber dan material aluminium di pelabuhan Tanjung Mas, Semarang?

### **1.3 Tujuan penelitian**

- a) Menganalisis struktur komunitas bakteri biofilm penyusun biofouling air laut pada permukaan material kapal di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang.
- b) Menganalisis fungsi komunitas bakteri biofilm penyusun biofouling air laut pada permukaan material kapal di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang.
- c) Membandingkan struktur dan fungsi komunitas bakteri permukaan kapal material fiber dan material aluminium di pelabuhan Tanjung Mas, Semarang.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut:

a) Manfaat penelitian teoritis

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan pengetahuan mendalam tentang komunitas bakteri biofouling pada material kapal di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang, memperkaya pengetahuan ilmiah tentang interaksi antara mikroorganisme dan material dalam lingkungan maritim.

b) Manfaat penelitian praktis

Bagi penulis

Hasil penelitian diharapkan mampu menambah wawasan penulis tentang struktur komunitas bakteri biofilm penyusun biofouling pada air laut pada permukaan material kapal di Pelabuhan Tanjung Mas Semarang.

Bagi pihak lain

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan pertimbangan dalam penelitian, pengembangan dan inovasi antifouling ramah lingkungan dan berkelanjutan dimasa mendatang.