

Kapang adalah organisme yang dapat tumbuh dan ditemukan pada berbagai tempat. kapang memiliki tubuh berupa hifa, yaitu benang-benang halus yang saling berhubungan membentuk miselium (Wahyu Aji *et al.*, 2021). Kapang dapat tumbuh di berbagai lingkungan yang lembap dan mengandung sumber karbon organik, seperti permukaan makanan yang basi, tanah, atau air. Kapang yang tumbuh pada suatu material dengan lingkungan yang lembab berpotensi dalam mengakibatkan kerusakan material tersebut dengan proses biodeteriorasi. Biodeteriorasi adalah suatu proses degradasi pada suatu material yang menyebabkan kerusakan pada struktur material dalam jangka waktu tertentu akibat dari mikroorganisme yang hidup dengan faktor lingkungan yang mendukung (Mahardhika *et al.*, 2021). Kapang hidup sebagai saproba atau parasit, dan dapat menghasilkan metabolit sekunder yang berfungsi sebagai antibakteri. Berbagai macam kapang telah menunjukkan kemampuan untuk menjajah permukaan dan membentuk biofilm. Spesies *Candida* lainnya dan kapang berserabut ditemukan dalam penelitian baru-baru ini termasuk: *Aspergillus versicolor*, *Malassezia pachydermatis*, *Histoplasma capsulatum*, spesies *Pneumocystis*, *Coccidioides immitis*, spesies *Fusarium*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Trichosporon asahii*, *Mucorales*, dan *Blastoschizomyces* (Sardi, 2009). Pertumbuhan kapang yang cepat dan mudah terkontaminasi dengan jenis lain, menjadi salah satu kesulitan dalam proses identifikasi kapang secara spesifik.

Kapang pembentuk biofilm belum banyak teridentifikasi secara molekuler terutama pada lingkungan laut. Keanekaragaman cabang utama kehidupan

eukariotik ini sangat sedikit yang diketahui dalam ekosistem laut atau fungsi ekologisnya, sehingga diperlukan identifikasi secara molekuler untuk mendapatkan spesies kapang yang lebih akurat (Amend *et al.*, 2019). Pemahaman yang mendalam mengenai morfologi, metabolisme, dan interaksi molekuler biofilm jamur mikroskopis diperlukan untuk meningkatkan studi tentang sifat-sifatnya serta menemukan cara baru yang berhasil dalam menekan pertumbuhan biofilm kapang oleh agen antijamur (Kulišová *et al.*, 2023). Deteksi keberadaan dan potensi kapang secara cepat dan spesifik dilakukan melalui *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Prinsip PCR dirancang menggunakan gen target *Internal Transcribed Spacer* (ITS) untuk identifikasi isolat kapang (Cunha *et al.*, 2014; Paramastuti *et al.*, 2023). Kapang termasuk organisme eukariotik yang memiliki daerah konservatif yaitu gen penyandi rRNA 18S, 5.8S dan 28S yang diantaranya terdapat daerah ITS (*Internal Transcribed Spacer*). Penggunaan ITS rDNA dipilih karena variasi sekuens atau laju evolusinya yang cukup tinggi, bahkan dalam spesies yang sama, dibandingkan dengan daerah lainnya pada rDNA subunit kecil dan subunit besar. Semua kapang memiliki daerah ITS rDNA, sehingga memudahkan dalam identifikasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil identitas molekuler kapang yang tumbuh pada lambung kapal. Identitas molekuler pada kapang penyebab biofouling akan memberikan informasi pada peneliti mengenai hasil kekerabatan dan spesies yang teridentifikasi.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana morfologi kapang pembentuk biofilm pada lambung kapal secara mikroskopis?
2. Apakah akan memperoleh DNA isolat kapang pembentuk biofilm pada lambung kapal?
3. Bagaimana identifikasi molekuler kapang yang terseleksi?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui morfologi kapang pembentuk biofilm pada lambung kapal secara makroskopis dan mikroskopis
2. Memperoleh DNA isolat kapang pembentuk biofilm pada lambung kapal.
3. Mengetahui identitas molekuler kapang pembentuk biofilm pada lambung kapal.

1.4 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat baik dalam hal akademik dan juga pada pembaharuan ilmu pengetahuan mengenai identitas kapang secara molekuler yang tumbuh dan menjadi perusak pada lambung kapal. Sehingga dapat membantu pengembangan cat anti-fouling ramah lingkungan pada upaya pencegahan biofilm di lambung kapal secara tepat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biofilm

Biofilm adalah suatu struktur kompleks yang terdiri dari sel-sel mikroorganisme yakni sel jamur dan substansi polimerik ekstraseluler (EPS) yang melekat pada suatu permukaan. Biofilm terbentuk karena mikroorganisme cenderung menciptakan lingkungan mikro dan relung (niche) mereka sendiri. Matriks yang membentuk biofilm terdiri dari polisakarida, protein, asam nukleat (eDNA), lipid, dan lipopolisakarida. Biofilm memiliki struktur dan komposisi yang kompleks, dengan kandungan air hingga 97% dan polisakarida sebagai bahan pelekat utama. Selanjutnya, matriks ini terbentuk selama pertumbuhan, reproduksi, dan lisis (Sukmarini *et al.*, 2023). Substansi polimerik ekstraseluler (EPS) pada jamur memiliki dua tipe, yaitu EPS yang terikat longgar (LB-EPS) dan EPS yang terikat erat (TB-EPS) yang masing-masing memiliki fungsi dalam perlindungan sel mikroba dan meningkatkan adaptabilitasnya terhadap lingkungan (Wang *et al.*, 2024). *Extracellular polymeric substance* (EPS) tidak hanya ditemukan pada bakteri, namun juga terdapat pada jamur yang terdiri dari Polisakarida, lipid, dan eDNA. Polisakarida dalam EPS berperan penting dalam adhesi biofilm, sementara eDNA dapat meningkatkan adhesi antar sel dan berfungsi sebagai sumber nutrisi. Komposisi dan proporsi berbagai komponen EPS dapat bervariasi tergantung pada tahap perkembangan biofilm dan kondisi

lingkungan, yang memengaruhi struktur dan fungsi keseluruhan biofilm jamur. Matriks zat polimer ekstraseluler yang ada pada biofilm memberikan perlindungan terhadap misalnya, fluktuasi suhu dan pH, paparan sinar UV, perubahan salinitas, penipisan nutrisi, senyawa antimikroba, dan predasi. Biofilm memiliki siklus kehidupan yang meliputi perlekatan sel, pembentukan mikrokoloni, pembentukan biofilm, pemantapan dan perluasan biofilm.

Biofilm dapat terbentuk di berbagai habitat, baik di alam maupun di lingkungan buatan. Pada lingkungan alami biofilm dapat terbentuk sungai, danau, dan laut dimana mikroorganisme membentuk biofilm pada permukaan batu, pasir, dan tanaman air. Tanah dan permukaan hidup juga menjadi tempat terbentuknya biofilm seperti pada permukaan tanah, akar tanaman, pada permukaan gigi, dan bagian tubuh makhluk hidup lainnya. Habitat lain yang dapat ditumbuhi oleh biofilm adalah lingkungan buatan seperti pada sistem air yakni pipa pembuangan limbah dan sistem pengolahan air lainnya, selain itu Industri makanan dan minuman serta industri kelautan dapat menjadi habitat hidup bagi biofilm. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi pembentukan biofilm diantaranya, jenis dan sifat permukaan yang mempengaruhi kemampuan mikroba untuk melekat. Kondisi lingkungan seperti pH, suhu, dan ketersediaan nutrisi serta sumber makanan menjadi pendukung pertumbuhan mikroorganisme dan pembentukan biofilm. Faktor kimia karena adanya zat-zat tertentu seperti polisakarida, ion logam, atau molekul sinyal kimia dapat mempengaruhi perkembangan biofilm. Serta Interaksi sel, komunikasi antar sel melalui *quorum sensing* dimana mikroorganisme dapat