

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran laut Indonesia oleh senyawa *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon* (PAH) berada pada kondisi yang serius. Berdasarkan data pada *Ocean Health Index* (OHI) tahun 2023, nilai kesehatan laut Indonesia masih dibawah rata-rata global, yaitu 69 dari rata-rata global 73 (OHI, 2023). PAH sebagai organik persisten, berasal dari berbagai sumber termasuk limbah industri, pembakaran bahan bakar fosil, dan tumpahan minyak. Penelitian Faiz Norrrahim et al. (2021), menunjukkan bahwa dari berbagai kontaminan, PAH berada di urutan ketiga dengan persentase 16%, dimana posisinya setelah logam berat dan minyak dengan persentase 31% dan 20%.

Seiring berkembangnya industri minyak, batu bara, dan tingginya aktivitas permukiman sehingga lingkungan memiliki potensi tercemar oleh PAH. Kasus tumpahan minyak di Yeosu, Korea pada tahun 2015 yang dilaporkan oleh Min et al. (2023) bahwa senyawa PAH yang ada pada sedimen sudah melebihi ambang batas. Di Indonesia sendiri kasus cemaran PAH di Indonesia menjadi isu serius karena masih banyak sumber cemaran salah satunya insiden tumpahan minyak di Teluk Balikpapan tahun 2018, yang menyebabkan kerusakan pada ekosistem laut secara signifikan. Meskipun belum ada penelitian yang menyatakan dengan spesifik yang menunjukkan bahwa kadar PAH di sedimen pesisir Balikpapan meningkat pasca insiden, namun temuan di Yeosu, Korea pada tahun 2015 sangat memungkinkan dapat terjadi. Penelitian lain terkait PAH di Indonesia seperti yang dilaporkan Pratama et al. (2024), bahwa terdapat kandungan PAH di perairan Celukanbawang, Bali dengan rata-rata yang melebihi ambang batas yaitu 0,021 (mg/L). Selain itu, dalam penelitian Ahmad (2012), ditemukan bahwa bagian timur Teluk Jakarta memiliki kadar PAH sebesar 252,25 mg/kg, yang telah melebihi ambang batas ERM (*Environmental Risk Management*) (44,79 mg/kg) menurut NOAA, sehingga berpotensi menimbulkan dampak toksik bagi organisme sedimen.. Sumber cemaran tersebut diketahui berasal dari pembakaran bahan organik, pembakaran minyak bumi, dan tumpahan minyak.

Fenantrena sebagai salah satu jenis PAH yang tersusun atas tiga cincin benzena, seringkali menjadi fokus penelitian karena keberadaanya sering ditemukan di lingkungan dan sering digunakan sebagai standar dalam analisis PAH (United States Environmental Protection Agency (US EPA), 1999; Sumomba *et al.*, 2017). Terlihat dalam lima tahun terakhir, penelitian terkait fenantrena mengalami peningkatan yang signifikan (Mai *et al.*, 2021; Ashok *et al.*, 2022; Behera *et al.*, 2023; Fu *et al.*, 2022; Sun *et al.*, 2023; Obayori *et al.*, 2024). Hal tersebut menandakan masyarakat sadar akan lingkungan dan para peneliti terus mengkaji lebih dalam terkait sifat, sumber, dan bahaya dari fenantrena. Sebagai salah satu jenis PAH yang masuk ke dalam daftar polutan berbahaya oleh US-EPA, senyawa ini bersifat mutagenik dan karsinogenik dimana polutan dapat bereaksi dengan DNA sehingga terjadi perubahan dari basa nitrogen yang berpotensi meningkatkan kanker (Dai *et al.*, 2022; Moubarz *et al.*, 2023). Selain itu, senyawa fenantrena memiliki sifat hidrofobik karena strukturnya terdiri dari tiga cincin aromatik yang saling menyatu dan tidak memiliki gugus polar (seperti -OH, -COOH, atau -NH₂) yang dapat berinteraksi dengan air. Sifatnya yang hidrofobik menyebabkan senyawa fenantrena sulit larut dalam air (Premnath *et al.*, 2021). Akibatnya, fenantrena dapat membentuk lapisan di permukaan air, menghambat penetrasi sinar matahari dan oksigen, serta mengganggu keseimbangan ekosistem (Patel *et al.*, 2020). Gangguan ini dapat menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati mikroba, menghambat pertumbuhan tanaman, dan mengancam kelangsungan hidup berbagai organisme. Selain itu, fenantrena dapat terakumulasi dalam jaringan makhluk hidup melalui proses biomagnifikasi, sehingga konsentrasinya semakin meningkat pada tingkat trofik yang lebih tinggi dalam rantai makanan (Waigi *et al.*, 2015).

Berbagai strategi remediasi dilakukan untuk mengatasi dampak dari cemaran senyawa fenantrena termasuk metode fisika, kimia, dan biologi. Namun, metode fisika dan kimia memiliki kekurangan karena metode ini menghabiskan banyak biaya dan waktu, serta berpotensi meninggalkan residu yang akan menimbulkan permasalahan baru (Premnath *et al.*, 2021). Metode biologi dengan memanfaatkan mikroorganisme seperti bakteri, aktinobakteria, arkea, dan jamur dipilih sebagai

metode alternatif untuk mendegradasi senyawa fenantrena karena dinilai lebih ekonomis dan ramah lingkungan (Amelia & Sulistiyaning, 2021; Patel et al., 2020)

Jamur merupakan mikroorganisme yang diketahui mampu menghasilkan enzim ligninolitik seperti lakase, lignin peroksidase (LiP), dan mangan peroksidase (MnP) yang dapat mendegradasi senyawa aromatik kompleks seperti fenantrena. Enzim-enzim tersebut berperan sebagai katalisator untuk memecah struktur cincin aromatik fenantrena menjadi senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya. Hingga kini, telah dilakukan penelitian untuk menemukan dan mengetahui potensi spesies jamur dalam mendegradasi fenantrena. Eksplorasi jamur pendegradasi perlu dilakukan untuk mendapatkan mikroorganisme yang secara alami mendegradasi polutan fenantrena (Patel et al., 2020b). Sebagaimana yang dilaporkan oleh Hadibarata & Tachibana (2010), jamur *Polyporus* sp. S133 yang diisolasi dari tanah yang tercemar mampu mendegradasi fenantrena dengan persentase degradasi sebesar 92% dalam 30 hari. Penelitian lainnya juga telah berhasil mengisolasi, mengkarakterisasi dan menguji jamur pendegradasi fenantrena dari perairan laut (Sinaei & Mashinchian, 2014), tanah (de la Cruz-Izquierdo et al., 2021) dan sedimen (Keshavarzifard et al., 2017).

Salah satu wilayah perairan tercemar di Indonesia yaitu Pesisir Balikpapan yang diketahui sebagai wilayah strategis, sudah menjadi pusat industri sekaligus pariwisata (Sitorus et al., 2020). Kasus pencemaran minyak yang terjadi pada tahun 2018, mengakibatkan pencemaran yang meluas. Peristiwa tersebut menyebabkan terlepasnya sekitar 1.238.619 barel minyak mentah dan mencemari ribuan meter kubik perairan di Kota Balikpapan dan Kabupaten Penajam Paser Utara (Huda et al., 2022; Kurnia et al., 2023). Mengingat minyak mentah mengandung berbagai jenis PAH, termasuk fenantrena, maka kawasan yang terdampak pencemaran ini memiliki potensi besar sebagai sumber isolasi jamur pendegradasi PAH. Penelitian sebelumnya telah berhasil mengisolasi jamur pendegradasi PAH dari wilayah Pasar Baru di Balikpapan, namun belum dipublikasikan secara luas. Penelitian lebih lanjut mengenai potensi jamur dalam mendegradasi fenantrena di Balikpapan sangat penting untuk mengembangkan solusi bioremediasi yang efektif dan berkelanjutan bagi wilayah tercemar PAH.

Proses degradasi fenantrena dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi lingkungan, konsentrasi polutan, dan aktivitas mikroorganisme. Faktor lingkungan seperti nilai pH, ketersediaan nutrisi (karbon dan nitrogen), suhu, salinitas, kelembaban, dan ketersediaan oksigen sangat berpengaruh terhadap laju degradasi (Ghosal et al., 2016; Patel et al., 2020). Nilai pH yang optimal dapat membantu enzim yang terlibat dalam degradasi dapat berinteraksi dengan baik dengan fenantrena sehingga meningkatkan proses degradasi. Selain itu, pH yang terlalu asam atau basa dapat merubah struktur enzim sehingga menurunkan aktivitas enzim tersebut (Agrawal et al., 2021). Ketersediaan nutrisi seperti kadar karbon dan nitrogen dapat menunjang aktivitas enzim sehingga dapat meningkatkan proses biodegradasi fenantrena. Namun, rasio ketersediaan nutrisi seperti nitrogen sangat krusial karena jika jumlah nutrisi berlebih, hal tersebut dapat menghambat aktivitas enzim (Fenibo, 2021). Oleh karena itu, optimasi kondisi lingkungan sangat penting untuk meningkatkan efisiensi proses degradasi.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan isolat jamur laut yang diisolasi dari air laut pesisir Balikpapan, Kalimantan Timur dalam mendegradasi fenantrena. Selain itu pada penelitian yang diajukan ini diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai kemampuan isolat jamur di berbagai pH dan sumber nitrogen untuk mengetahui efektifitas biodegradasi proses dari fenantrena dalam kondisi laboratorium.

B. Perumusan masalah

1. Apakah terdapat isolat jamur laut asal Pesisir Balikpapan yang berpotensi mendegradasi fenantrena?
2. Bagaimana kemampuan isolat jamur asal Pesisir Balikpapan dalam mendegradasi senyawa fenantrena?
3. Bagaimana pengaruh variasi nilai pH dan sumber nitrogen dapat mempengaruhi kemampuan degradasi isolat jamur asal Pesisir Balikpapan terhadap senyawa fenantrena?

C. Tujuan penelitian

1. Mengetahui isolat asal Pesisir Balikpapan yang mampu mendegradasi fenantrena

2. Menganalisis kemampuan isolat jamur dari pesisir Balikpapan dalam mendegradasi fenantrena
3. Menganalisis pengaruh pH dan sumber nitrogen terhadap kemampuan isolat jamur asal pesisir Balikpapan dalam mendegradasi fenantrena.

D. Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi yang bermanfaat terkait potensi kemampuan isolat jamur laut asal Pesisir Balikpapan dalam mendegradasi senyawa fenantrena, sehingga dapat menjadi dasar dalam pengembangan metode bioremediasi berbasis jamur laut. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai faktor lingkungan yang berpengaruh, seperti pH dan sumber nitrogen, yang optimal bagi pertumbuhan dan aktivitas degradasi senyawa fenantrena oleh isolat jamur laut tersebut.

