

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Naftalen dan fenantren merupakan hidrokarbon yang tergolong dalam *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAH). Golongan ini mewakili sekelompok polutan lingkungan yang banyak mengkontaminasi tanah dan sedimen, serta menjadi perhatian lingkungan akibat efek karsinogenik atau mutagenik (Mastrangelo *et al.*, 1996; Marston *et al.*, 2001; Xue dan Warshawsky, 2005). Senyawa PAH jenis naftalen diketahui dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit, dan saluran respirasi. Pada dosis tinggi naftalen menyebabkan hemolitik anemia akut, hemoglobinuria, luka gastrointestinal, dan kerusakan ginjal. Konsentrasi maksimal pemaparan naftalen kaitannya dengan kerusakan respiratori adalah 500 ppm (Patnaik, 1999). Sedangkan untuk jenis fenantren diketahui memiliki nilai LD50 700 mg/kg pada tikus. Dosis tersebut dapat menyebabkan tumor pada kulit. Kejadian karsinogenik yang disebabkan oleh fenantren sering dijumpai pada hewan (Patnaik, 1999).

Keberadaan PAH sebagai polutan sering dihasilkan dari kegiatan eksplorasi dan produksi industri pengilangan minyak bumi. Pada pengilangan minyak bumi terdapat produk samping berupa limbah lumpur minyak bumi (*oil sludge*). Kandungan PAH (termasuk naftalen dan fenantren) dalam lumpur minyak bumi mencapai 13,24% (Yuliani, 2014). Limbah ini dapat mengendap lalu mengkontaminasi tanah sekitar industri pengilangan. Dalam kehidupan

sehari-hari, naftalen dan fenantren sering digunakan dalam industri dan rumah tangga seperti kapur barus, bahan dasar pembuatan naftol, knalpot mobil, pengabuan sampah, dan pembakaran sampah (Holdsworth dan Heidi, 2006).

Upaya pengolahan limbah *oil sludge* dapat melalui metode fisika, kimia, dan biologi. Suatu metode yang dikenal dengan bioremediasi telah diterima menjadi metode penting untuk penanganan limbah-limbah minyak bumi dengan memanfaatkan *indigenous* ataupun *extraneous* mikrobia (Helmy *et al.*, 2010). Proses bioremediasi dapat mengatasi pencemaran hidrokarbon sekaligus ramah lingkungan dan dapat mereduksi komponen pencemar berbahaya (Liu *et al.*, 2010).

Bioremediasi adalah sebuah proses yang memanfaatkan kemampuan katalitik organisme hidup, khususnya mikroorganisme, untuk memperbesar laju atau tingkat penghancuran polutan, sehingga pencemaran lingkungan dapat diperbaiki atau dihilangkan (Ilyina, 2003; Alvarez & Illman, 2006). Bioremediasi merupakan metode yang menjanjikan untuk menangani pencemar organik dengan kisaran yang luas, terutama hidrokarbon minyak bumi (Liu *et al.*, 2010)

Studi degradasi oleh mikroba menunjukkan sulitnya mendegradasi PAH dengan berat molekul bervariasi karena secara umum relatif stabil dan rekalsitran dalam tanah. Kelarutannya dalam air dan tingkat penguapan yang rendah juga mempersulit proses biodegradasi (Seo, 2009). Sifatnya yang sulit terdegradasi ini menyebabkan senyawa ini dapat bertahan lama di alam. PAH dapat berpindah dari media yang berbeda di lingkungan, seperti atmosfer, air, tanah, dan sedimen

(Yirui, 2010). Pergerakan PAH di lingkungan bergantung pada kemampuannya untuk larut dalam air dan kemudahannya menguap di udara.

Penggunaan naftalen dan fenantren sebagai substrat uji degradasi PAH didasarkan atas kesederhanaan struktur dan kelarutannya. Untuk contoh, kelarutan naftalen sekitar 30 mg/L dan fenantren hanya sekitar 1 mg/L, lalu berkurang lagi sampai 0,1 mg/L untuk senyawa pyren (Li, 2009). Rendahnya kelarutan naftalen dan fenantren membatasi bioavailibilitas dan efisiensi proses bioremediasi. Selain itu, jalur biodegradatif dan reaksi enzimatik kedua senyawa ini telah beberapa kali dilaporkan. Hal ini memudahkan analisis hasil untuk pengujian dengan bakteri yang berbeda.

Dalam proses biodegradasi PAH, sering dilaporkan adanya peran biosurfaktan dalam peningkatan kelarutan meskipun hal tersebut tidak secara langsung meningkatkan biodegradasi hidrokarbon. Biosurfaktan dapat memperantarai peningkatan kelarutan dan ketersediaan substrat untuk bakteri, meningkatkan transpor substrat melalui dinding sel, menambah area interfisial, meningkatkan kontak antara bakteri dengan permukaan hidrokarbon, memfasilitasi kontak langsung antara sel dengan larutan pada fase non-polar, dan menurunkan panjang jalur difusi antara sisi adsorpsi dengan sisi pemasukan hidrokarbon (Li, 2009).

Selain biosurfaktan, beberapa enzim telah dikaitkan dengan proses biodegradasi hidrokarbon, khususnya polisiklik aromatik. Kategori enzim catechol dioksigenase adalah contoh enzim yang bekerja pada degradasi aerobik hidrokarbon aromatik. Enzim ini mengkatalis penambahan atom oksigen menjadi

2-dihydroxybenzen (cathecol) dan senyawa turunannya dengan menggantikan potongan cincin aromatiknya (Madigan *et al.*, 2010, Cao *et al.*, 2009, Hamme *et al.*, 2003). Keberadaan enzim memungkinkan sel bakteri dapat mengurai polimer hidrokarbon menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon. Keberadaan enzim juga berhubungan dengan mekanisme pengambilan substrat hidrokarbon oleh bakteri. Menurut Goswami dan Singh (1991), ada tiga mode pengambilan hidrokarbon, yaitu kontak langsung bakteri dengan hidrokarbon, pengambilan yang diperantarai biosurfaktan, dan pengambilan hidrokarbon yang sudah terlarut dalam fase air.

*Pseudomonas putida* T1(8) merupakan bakteri yang diketahui memiliki kemampuan degradasi hidrokarbon. Bakteri ini juga dapat menghasilkan biosurfaktan. Berdasarkan hasil penelitian Ni'matuzahroh (2013), *Pseudomonas putida* T1(8) memiliki produk biosurfaktan sebesar 9,8 g/L. *Pseudomonas putida* T1(8) berpotensi mendegradasi senyawa PAH, namun penelitian tentang uji biodegradasi senyawa PAH oleh *Pseudomonas putida* T1(8) belum pernah dilakukan.

Berdasarkan latar belakang di atas, perlu dilakukan penelitian untuk menguji kemampuan biodegradasi *Pseudomonas putida* T1(8) pada substrat naftalen dan fenantren. Dalam penelitian ini diamati pertumbuhan *Pseudomonas putida* T1(8), persentase biodegradasi, dan mekanisme pengambilan substrat hidrokarbon berdasarkan keberadaan biosurfaktan.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana respons pertumbuhan *Pseudomonas putida* T1(8) pada substrat naftalen dilihat dari nilai TPC?
2. Bagaimana respons pertumbuhan *Pseudomonas putida* T1(8) pada substrat fenantren dilihat dari nilai TPC?
3. Berapakah persentase degradasi naftalen dan fenantren oleh *Pseudomonas putida* T1(8) pada akhir waktu inkubasi?
4. Bagaimana mekanisme pengambilan substrat oleh *Pseudomonas putida* T1(8) pada proses degradasi naftalen dan fenantren jika ditinjau dari aktivitas emulsifikasi (AE), tegangan permukaan (TP), dan perlekatan bakteri pada hidrokarbon?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui respons pertumbuhan *Pseudomonas putida* T1(8) pada substrat naftalen dilihat dari nilai TPC.
2. Mengetahui respons pertumbuhan *Pseudomonas putida* T1(8) pada substrat fenantren dilihat dari nilai TPC.
3. Mengetahui persentase degradasi naftalen dan fenantren oleh *Pseudomonas putida* T1(8) pada akhir waktu inkubasi.
4. Mengetahui mekanisme pengambilan substrat oleh *Pseudomonas putida* T1(8) pada proses degradasi naftalen dan fenantren jika ditinjau dari aktivitas emulsifikasi (AE), tegangan permukaan (TP), dan perlekatan bakteri pada hidrokarbon.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai kemampuan dan mekanisme degradasi isolat *Pseudomonas putida* T1(8) pada senyawa tunggal naftalen dan fenantren. Selanjutnya informasi ini dapat dikembangkan sebagai dasar pelaksanaan penelitian lebih lanjut pada tingkat analisis gen katabolik. Selain itu, isolat *Pseudomonas putida* T1(8) dapat digunakan sebagai agen biodegradasi senyawa-senyawa yang lebih kompleks.

#### 1.5 Asumsi Penelitian

Poliaromatik hidrokarbon adalah hidrokarbon dengan cincin yang berfusi. Naftalen dan fenantren merupakan jenis senyawa yang tergolong dalam PAH. Kelarutan naftalen dan fenantren yang rendah membatasi ketersediaannya bagi bakteri, hal ini berimbas pada proses bioremediasi. Sedangkan untuk memecah cincin benzen pada senyawa naftalen dan fenantren dibutuhkan reaksi enzimatik yang bertahap.

Beberapa penelitian telah banyak menyebutkan bahwa genus *Pseudomonas* merupakan kelompok bakteri yang memiliki kemampuan degradasi senyawa hidrokarbon. Salah satu di antaranya adalah penelitian dari Cerniglia (1984) dan Smith (1994) yang mengungkap kemampuan *Pseudomonas sp.* NCIB 9816 dan *Pseudomonas putida* ATCC 17 484 dalam mendegradasi naftalen. Sedangkan penelitian dari Pansyrnaya (2012) menunjukkan keberhasilan *Pseudomonas putida* DSMZ 8368 tumbuh dan mendegradasi fenantren. Penelitian lain dari Ni'matuzahroh (2002) yang menguji pertumbuhan bakteri *Pseudomonas*

sp IA7D pada substrat heksadekan, solar, dan minyak pelumas menunjukkan peningkatan pertumbuhan secara eksponensial yang diduga akibat keberadaan enzim induktif yang dihasilkan oleh *Pseudomonas* sp IA7D.

Dalam pertumbuhan pada senyawa hidrokarbon, bakteri genus *Pseudomonas* diketahui dapat menghasilkan biosurfaktan sebagai senyawa yang mendukung proses degradasi. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Ni'matuzahroh tahun 2013 yang menunjukkan kemampuan isolat *Pseudomonas putida* T1(8) dalam menghasilkan biosurfaktan. Biosurfaktan ini akan membantu bakteri dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon dengan berbagai mekanisme yang berbeda.

Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa *Pseudomonas putida* T1(8) dapat tumbuh pada senyawa PAH, yaitu naftalen dan fenantren. Oleh karena adanya perbedaan struktur naftalen dan fenantren, maka respons pertumbuhan *Pseudomonas putida* T1(8) pada masing-masing substrat akan berbeda pula. Hal ini didasarkan pada kemampuan pemecahan dan pengambilan senyawa PAH oleh bakteri. Setelah tumbuh, diasumsikan *Pseudomonas putida* T1(8) dapat mendegradasi senyawa naftalen dan fenantren serta menunjukkan mekanisme perlekatan pada kedua substrat hidrokarbon tersebut.