

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pencemaran lingkungan akibat hidrokarbon, khususnya dari aktivitas industri minyak dan gas, merupakan salah satu isu utama dalam pencemaran lingkungan. Hidrokarbon, terutama fraksi ringan seperti solar dan minyak mentah, bersifat toksik dan memiliki sifat persistensi tinggi di lingkungan, sehingga sangat sulit diuraikan secara alami. Pencemaran ini dapat terjadi akibat aktivitas eksplorasi dan produksi minyak, kebocoran pipa, serta tumpahan akibat kecelakaan. Sebagai contoh, ledakan ladang minyak Montara pada tahun 2009 menyebabkan kebocoran minyak dalam jumlah besar yang mencemari perairan laut Timor hingga lebih dari 16.000 km², menimbulkan kerusakan ekologis yang signifikan dan berjangka panjang Larasati (2021:1)

Lebih lanjut, pencemaran hidrokarbon tidak hanya terbatas pada ekosistem laut, tetapi juga mencemari tanah dan perairan darat. Hidrokarbon yang meresap ke tanah dapat merusak struktur tanah, mengganggu aktivitas mikroba tanah, dan mengurangi kesuburan tanah. Sulistyono, Suntoro dan Masykuri (2012: 3) menyatakan bahwa senyawa hidrokarbon dapat dibawa oleh air hujan dan terakumulasi di lapisan bawah tanah sebagai polutan beracun. Selain itu, hidrokarbon yang mencapai air tanah atau badan air permukaan dapat menimbulkan pencemaran air minum dan bioakumulasi dalam rantai makanan, yang akhirnya mengancam kesehatan manusia dan organisme lainnya Wahyudi dkk (2025: 6).

Dampak ekologis dari pencemaran hidrokarbon mencakup kerusakan fisik dan biologis yang luas. Senyawa-senyawa seperti hidrokarbon aromatik polisiklik (PAHS) diketahui menyebabkan stres fisiologis pada tanaman dan organisme laut serta berkontribusi terhadap hilangnya keanekaragaman hayati. Arellano *et al.*, (2015: 15) menemukan bahwa paparan hidrokarbon di wilayah Amazon mengganggu aktivitas fotosintetik dan menyebabkan ketidakseimbangan fisiologis tanaman. Sementara itu, Ambaye *et al.*, (2024: 7) menunjukkan bahwa kontaminasi hidrokarbon dalam tanah menghambat dekomposisi bahan organik oleh mikroba, memperparah kerusakan lingkungan.

Upaya penanggulangan pencemaran hidrokarbon selama ini masih didominasi oleh metode konvensional seperti pembersihan fisik (skimming), penggunaan dispersan kimia, dan pembakaran in-situ. Metode-metode ini seringkali bersifat sementara, mahal, serta berisiko menimbulkan dampak sekunder seperti toksisitas tambahan dan kerusakan mikrobiota lokal Mohammadi dkk (2020: 10). Oleh karena itu diperlukan metode yang lebih murah dan ramah lingkungan.

Biodegradasi menjadi salah satu metode yang menjanjikan karena memanfaatkan kemampuan alami mikroorganisme untuk menguraikan senyawa organik kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan tidak toksik. Proses ini relatif murah, ramah lingkungan, dan dapat diterapkan baik secara in-situ maupun ex-situ. Hapsari (2014: 7) menegaskan bahwa hasil akhir dari biodegradasi berupa senyawa-senyawa seperti karbon dioksida dan air, yang terbentuk melalui proses mineralisasi. Selain itu, menurut Siregar dkk (2024: 8),

efektivitas biodegradasi dapat ditingkatkan melalui seleksi mikroorganisme unggul dan pengaturan kondisi lingkungan yang mendukung aktivitas metabolik bakteri.

Salah satu mikroorganisme yang telah banyak diteliti pada biodegradasi hidrokarbon antara lain *Pseudomonas aeruginosa*. Bakteri *P. aeruginosa* termasuk kelompok Gram-negatif aerobik yang memiliki enzim-enzim khusus seperti oksigenase dan dehidrogenase yang memungkinkan pemecahan rantai hidrokarbon kompleks, baik alifatik maupun aromatik. Vitasari (2024: 6) menunjukkan bahwa *P. aeruginosa* memiliki potensi tinggi dalam mendegradasi minyak mentah di lingkungan laut, bahkan mencapai efisiensi biodegradasi hingga 100% dalam sistem konsorsium. Studi lain juga menyebutkan bahwa strain biodegradasi dapat bertahan pada kondisi ekstrem, menjadikannya kandidat unggulan dalam bioremediasi limbah minyak Hasminar dkk (2019: 10).

Namun demikian, efisiensi biodegradasi sangat bergantung pada kondisi lingkungan tempat bakteri tumbuh. Variabel seperti pH, suhu, konsentrasi nutrien, salinitas (NaCl), serta jumlah substrat (hidrokarbon) dan kepadatan sel bakteri merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan biodegradasi. Pada penelitian yang dilakukan oleh Mahmuda dkk (2024:11) menunjukkan efisiensi biodegradasi solar oleh bakteri *Acinetobacter baumannii* dipengaruhi oleh pH, suhu, konsentrasi hidrokarbon awal, kadar garam, ukuran inokulum, sumber karbon dan nitrogen serta surfaktan. Pada kondisi optimum masing-masing parameter, hasil biodegradasi solar dapat mencapai 99%.

Penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada kemampuan degradasi secara umum, tetapi belum banyak yang secara spesifik mengkaji pengaruh

variasi konsentrasi solar, jumlah sel *P. aeruginosa*, dan konsentrasi NaCl secara terintegrasi dalam satu rancangan optimasi, terutama untuk limbah solar sebagai model polutan. Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini peneliti mencoba melakukan optimasi beberapa faktor yang mempengaruhi laju biodegradasi diantaranya pengaruh variasi konsentrasi solar, jumlah sel bakteri *P. aeruginosa* dan konsentrasi NaCl.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian adalah

1. Bagaimana hubungan antara jumlah sel bakteri *P. aeruginosa* dengan nilai absorbansi?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi solar, jumlah sel bakteri dan konsentrasi NaCl untuk pertumbuhan bakteri *P. aeruginosa* dalam mendegradasi hidrokarbon solar?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Untuk mengetahui hubungan antara jumlah sel bakteri *P. aeruginosa* dengan nilai absorbansi
2. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi solar, jumlah sel bakteri dan konsentrasi NaCl terhadap pertumbuhan bakteri *P. aeruginosa* dalam mendegradasi hidrokarbon solar

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Pengembangan teknologi bioremediasi

Penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan

metode bioremediasi yang lebih efisien dan ramah lingkungan untuk mengatasi pencemaran hidrokarbon, dibandingkan dengan metode fisik dan kimia yang mahal dan kurang efektif.

2. Pemulihan lingkungan

Dengan memahami kemampuan *P. aeruginosa* dalam mendegradasi hidrokarbon, penelitian ini berpotensi membantu memulihkan area yang terkontaminasi solar, sehingga mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem dan kesehatan manusia.

3. Aplikasi Praktis Dalam Industri

Hasil penelitian dapat diaplikasi dalam industri untuk mengelola limbah hidrokarbon secara lebih berkelanjutan, serta memberikan solusi bagi perusahaan yang menghadapi masalah pencemaran akibat tumpahan bahan bakar.

4. Kontribusi terhadap keberlanjutan

Penelitian ini mendukung upaya mengurangi dampak negatif dari pencemaran akibat tumpahan solar dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen pembersih alami, mengurangi ketergantungan pada bahan kimia berbahaya dalam proses remediasi.

1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Konsentrasi Solar

Penelitian ini hanya akan menggunakan konsentrasi solar tertentu yaitu 0% (v/v), 10% (v/v), 15% (v/v), kontrol ulangan sebanyak 2 kali pada semua variasi untuk mengamati efek

biodegradasi.

2. Konsentrasi NaCl

Penelitian ini hanya menggunakan konsentrasi NaCl tertentu yaitu 1% (v/v), 3% (v/v), 5% (v/v).

3. Durasi Inkubasi

Penelitian ini akan dibatasi pada waktu inkubasi tertentu yaitu 7 hari, untuk mengevaluasi laju biodegradasi.

4. Sumber Nutrisi

Penelitian ini menggunakan sumber nutrisi yaitu media *Nutrient Broth* (NB) dan media *Mineral Salt Medium* (MSM).

5. Variabel Pengukuran

Pengukuran biodegradasi hanya akan dilakukan dengan menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 600 nm.

6. Optimasi

Tidak mengamati hasil degradasi tetapi mengamati optimasi dari semua variasi

7. Jenis Bakteri

Fokus penelitian ini hanya pada bakteri *P. aeruginosa* ATCC 27853 tanpa membandingkan dengan bakteri lain. Karena, (1) Untuk mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang mekanisme degradasi dan faktor- faktor yang mempengaruhinya. (2) Untuk

menghindari kompleksitas yang timbul akibat membandingkan banyak jenis bakteri yang memiliki karakteristik berbeda. (3) Untuk mengoptimalkan kondisi pertumbuhan dan degradasi secara spesifik.

8. Laju Pertumbuhan

Dalam penelitian ini laju laju pertumbuhan bakteri *P. aeruginosa* diamati dalam kondisi biodegradasi solar selama 7 hari inkubasi