

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pencemaran lingkungan akibat limbah usaha *laundry* di Bali telah menjadi isu yang mendesak, yang memerlukan perhatian serius dari pemerintah dan masyarakat. Penelitian oleh Sutrisna dan Arini pada tahun 2023 menunjukkan bahwa meningkatnya jumlah usaha *laundry* di daerah Kecamatan Denpasar Barat menyebabkan pencemaran lingkungan yang signifikan, terutama pada kualitas air dan tanah di sekitar area usaha. Hal ini mengindikasikan perlunya penerapan sistem pengolahan limbah yang lebih efektif agar dampak negatif terhadap lingkungan dapat diminimalkan. Pencemaran ini tidak hanya berdampak pada kualitas air, tetapi juga dapat mempengaruhi kesehatan masyarakat, terutama bagi mereka yang tinggal di sekitar area usaha *laundry*.

Pemerintah Kota Denpasar melakukan upaya dalam mengatur dan mengendalikan dampak pencemaran lingkungan, khususnya yang berasal dari limbah detergen, yaitu dengan menetapkan regulasi mengenai pembuangan limbah detergen ke sumber air di Kota Denpasar. Regulasi ini telah dijelaskan dalam Peraturan Walikota Denpasar Nomor 40 Tahun 2013 mengenai Tata Cara Perolehan Izin Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH) di Kota Denpasar. Peraturan ini mengatur prosedur izin berdasarkan Pasal 7, Pasal 9 dan Pasal 10 (Pemerintah Kota Denpasar, 2013). Kota Denpasar tercatat sebagai wilayah dengan banyak parameter kualitas air melebihi baku mutu, terutama akibat pembuangan limbah domestik yang tidak terolah (Suryawana *et al.*, 2021).

Pertumbuhan industri *laundry* memiliki dampak langsung terhadap kualitas air di Kota Denpasar. Limbah *laundry* yang mengandung detergen, surfaktan, fosfat, dan bahan kimia lainnya sering dibuang tanpa pengolahan yang memadai ke sungai dan saluran air (Widianingtias *et al.*, 2023).

Pencemaran air akibat limbah domestik, khususnya dari aktivitas usaha seperti *laundry*, menjadi isu lingkungan yang cukup serius di Kota Denpasar. Hal ini dikarenakan mayoritas usaha *laundry* tidak memiliki IPAL mandiri dan membuang limbah langsung ke saluran kota (Violenta *et al.*, 2022). Di Kota Denpasar sendiri, masyarakat pengguna IPAL adalah penduduk dan usaha di wilayah Denpasar, Sanur, dan Kuta yang terhubung dengan jaringan perpipaan IPAL Suwung. Sekitar 3% dari total populasi Kota Denpasar menggunakan sistem pengolahan limbah terpusat, sementara mayoritas lainnya masih mengandalkan sistem pengolahan limbah setempat (Abfertiawan, 2020). Berdasarkan data dan laporan terkait demografi dan aktivitas ekonomi di Kota Denpasar, Kecamatan Denpasar selatan merupakan pusat pertumbuhan, terutama untuk sektor pariwisata dan jasa. Berdasarkan data dari Dinas Perizinan Kota Denpasar tahun 2023, terdapat 72 usaha *laundry* berizin yang tersebar di empat kecamatan, menunjukkan bahwa sektor ini terus berkembang dari tahun ke tahun (Dinas Perizinan Kota Denpasar, 2023).

Studi oleh *Ecological Observation and Wetland Conservation* (Ecoton) pada Januari tahun 2023 menemukan bahwa Sungai Tukad Badung tercemar mikroplastik dan limbah cair, termasuk kandungan fosfat dan *klorin* yang melebihi baku mutu. Fosfat diketahui berasal dari limbah detergen rumah tangga, sementara *klorin* berasal dari bahan pemutih dan pembersih. Karakter detergen yang

digunakan pada usaha *laundry* di wilayah Kecamatan Denpasar Selatan umumnya memakai produk berbasis senyawa kimia sintetis yang mengandung fosfat seperti *sodium tripolyphosphate*, *surfaktan anionik* seperti *linear alkylbenzene sulfonate* atau LAS, serta bahan tambahan lain seperti enzim, *optical brighteners*, pemutih (hidrogen peroksida atau natrium hipoklorit), pewangi, dan pelembut kain (Widyarani *et al.*, 2022; Zairinayati & Shatriadi, 2019). Berdasarkan Peraturan Gubernur Bali Nomor 16 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Lingkungan Hidup dan Kriteria Baku Kerusakan Lingkungan Hidup, kadar fosfat di air permukaan diklasifikasikan berdasarkan kelas peruntukan. Untuk air kelas I (peruntukan sebagai air baku untuk air minum), baku mutu total fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) adalah maksimal 0,2 mg/L.

*Surfaktan anionik* yang menjadi komponen utama dalam detergen *laundry*, bersifat toksik terhadap organisme akuatik dan sukar terurai secara alami di lingkungan. Selain itu, senyawa tambahan seperti *optical brighteners* dan pewangi mengandung *benzene derivative* dan senyawa aromatik yang dapat bersifat karsinogenik atau persisten di lingkungan (Badmus *et al.*, 2021; Castro-Sierra *et al.*, 2024; Kazemi *et al.*, 2022).

Berdasarkan penelitian oleh Mendes *et al.*, pada tahun 2024 mengungkapkan bahwa kadar fosfat dan klorin di Tukad Badung melampaui ambang batas baku mutu sesuai PP 22/2021, yakni fosfat sebesar 0,3 ppm dan klorin sebesar 0,03 ppm. Penelitian oleh Mendes *et al.*, pada tahun 2024 juga mengkaji mengenai kualitas air, status mutu air dan beban pencemaran di Sungai Badung. Dari hasil pengujian pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa air Sungai Badung terkontaminasi oleh bahan organik, minyak/lemak, dan detergen

dengan indeks pencemaran sebesar 3,65 akibat pembuangan limbah domestik dan industri yang tidak terkelola dengan baik. *Laundry* juga dibuang tanpa pengolahan yang memadai, senyawa- senyawa ini dapat mencemari saluran air, sungai, dan sumber air tanah, yang berpotensi menyebabkan dampak negatif bagi ekosistem akuatik (Dinas Lingkungan Hidup Kota Denpasar, 2024). Hal ini juga didukung dengan hasil penelitian oleh Pradnyamita *et al.*, (2020) yang menunjukkan bahwa kualitas air Tukad Badung telah mengalami indikasi pencemaran ringan hingga sedang. Parameter fisika-kimia seperti suhu, pH, kadar oksigen terlarut (DO), BOD, COD, dan TSS menunjukkan nilai yang bervariasi antara bagian hulu dan hilir sungai. Nilai suhu tercatat antara 27–31°C dengan pH 6,5–7,1 yang masih berada dalam batas baku mutu air kelas II. Namun, kadar DO menurun hingga 4,2 mg/L di wilayah padat penduduk, sementara nilai BOD dan COD yang masing-masing mencapai 6,4 mg/L dan 20 mg/L mengindikasikan adanya peningkatan bahan organik akibat aktivitas domestik. Selain itu, nilai TSS yang mencapai 70 mg/L di bagian hilir menunjukkan tingginya partikel tersuspensi yang bersumber dari limbah pasar dan rumah tangga. Selain berdampak ke ekosistem perairan, deterjen juga berdampak pada ekosistem tanah. Penelitian oleh Mohamed *et al.*, (2018) menemukan bahwa pencemaran air di DAS Sungai Ayung menyebabkan gangguan ekologis, termasuk pada keseimbangan tanah di bantaran sungai. Dampaknya terlihat dari pertumbuhan tanaman lokal yang terganggu. Bahan kimia dalam deterjen dapat mengubah struktur tanah dan menghambat pertumbuhan tanaman. Limbah deterjen yang meresap ke dalam tanah dapat mencemari tanah dan mengurangi kesuburan tanah di sekitar lingkungan. Selain itu pencemaran air tanah akibat pembuangan limbah langsung telah menyebabkan kematian biota

tanah mikro, mengganggu kemampuan tanah dalam mempertahankan kelembapan dan mineralisasi alami (Mohamed *et al.*, 2018; Ryu & Spuller, 2021). Teknologi pengolahan secara kimia dan fisika kurang efisien karena membutuhkan biaya dan tenaga yang lebih besar serta kurang efektif karena dapat menimbulkan kontaminasi logam berat lainnya. Oleh karena itu, teknologi pengolahan limbah cair *laundry* dilakukan secara biologi dengan mekanisme mikrobiologi yang memanfaatkan mikroba. Hal ini menimbulkan kebutuhan akan pendekatan yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Bioremediasi muncul sebagai salah satu solusi potensial dalam mengatasi pencemaran fosfat. Bioremediasi menggunakan mikroorganisme terbukti efektif menyerap dan menguraikan fosfat terlarut dalam limbah cair. Secara signifikan, mikroorganisme dapat menurunkan kadar fosfat dalam limbah deterjen dalam waktu 5 hari, hal ini menunjukkan potensi besar sebagai agen bioremediasi fosfat (Khadijah *et al.*, 2023). Salah satu mikroorganisme yang menunjukkan potensi besar dalam bioremediasi adalah bakteri *Pseudomonas putida*. Bakteri ini dikenal mampu mendegradasi berbagai senyawa kimia, termasuk senyawa fosfat, melalui aktivitas enzimatik yang dimilikinya. Dari sisi keamanan, bakteri *Pseudomonas putida* termasuk bakteri non-patogenik dan antagonis yang tidak berbahaya bagi manusia, hewan, dan lingkungan (Abo-Elyousr *et al.*, 2021). Salah satu hasil penelitian yang dilakukan oleh Suana dan Suryani (2019), menunjukkan bahwa penggunaan *Pseudomonas sp.* mampu menurunkan kadar logam berat Cu dan Pb secara signifikan, masing-masing hingga 85,7% dan 78,3%. Aktivitas bioremediasi juga diikuti oleh peningkatan kadar DO dan penurunan BOD, yang menandakan perbaikan kualitas air limbah secara biologis.

Salah satu strain bakteri *Pseudomonas putida* yaitu strain PCI2 menunjukkan aktivitas fosfatase yang positif dan mampu melarutkan bentuk-bentuk fosfat anorganik bahkan pada kondisi salinitas tinggi yang menandakan adaptabilitasnya terhadap lingkungan berparameter ekstrem (Pastor, 2014). Secara lebih umum, beberapa strain bakteri *Pseudomonas putida* tercatat sebagai bakteri pelarut fosfat (*phosphate-solubilizing bacteria*, PSB) yang memobilisasi fosfor melalui produksi asam organik dan enzim fosfatase, sehingga meningkatkan ketersediaan fosfat terlarut pada media beragam (Costa-Gutiérrez *et al.*, 2022; Kalayu, 2019). Penelitian yang dilakukan oleh Khadijah *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas putida* memiliki kemampuan menurunkan kadar fosfat pada limbah cair *laundry* secara signifikan dalam kondisi laboratorium. Penelitian yang dilakukan oleh Fan *et al.*, (2024) juga menunjukkan bahwa peningkatan ketahanan garam dan kemampuan degradasi pada bakteri *Pseudomonas putida*, khususnya strain KT2440, dapat dicapai melalui mekanisme adaptasi fisiologis dan rekayasa genetik. Hal ini mendukung potensi penggunaan strain bakteri *Pseudomonas* yang toleran terhadap salinitas sebagai agen bioremediasi yang efektif pada lingkungan dengan kondisi kimia yang bervariasi. Meskipun potensi bakteri *Pseudomonas putida* dalam bioremediasi fosfat telah dibuktikan dalam skala laboratorium penelitian tentang efektivitasnya dalam mengolah limbah *laundry* masih terbatas. Berdasarkan pemaparan tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas bakteri *Pseudomonas putida* sebagai agen bioremediasi dalam mendegradasi fosfat pada limbah *laundry*, dengan harapan dapat memberikan solusi yang efektif dan ramah lingkungan untuk masalah pencemaran fosfat.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan hasil literatur dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut.

1. Pencemaran saluran air, sungai dan tanah akibat dari limbah detergen yang dihasilkan dari aktivitas industri *laundry* di Kota Denpasar yang terus meningkat.
2. Kurangnya instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang memadai, sehingga limbah detergen dibuang langsung ke lingkungan melalui saluran tanpa pengolahan.
3. Minimnya penerapan bioremediasi sebagai solusi potensial untuk mengatasi pencemaran detergen dan fosfat akibat dari aktivitas industri *laundry* yang mencemari lingkungan.
4. Keterbatasan dan potensi dampak negatif dari penggunaan bakteri *Pseudomonas putida* terhadap penurunan kadar fosfat yang optimal dengan memerlukan konsentrasi yang sangat tepat, dan jika tidak dikendalikan dengan baik, justru akan berisiko menimbulkan efek samping lain yang merugikan bagi lingkungan.

## 1.3 Pembatasan Penelitian

Berdasarkan latar belakang, terdapat pembatasan masalah yang kemudian dapat digunakan sebagai dasar untuk merumuskan masalah yaitu penelitian ini dibatasi sebagai berikut.

1. Penelitian ini hanya berfokus pada pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh kandungan fosfat dalam limbah cair *laundry*, dan tidak membahas jenis senyawa pencemar lainnya seperti surfaktan, pemutih, atau senyawa organik lain.

2. Sampel limbah cair yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari usaha *laundry* di wilayah Kota Denpasar, khususnya di area yang belum terhubung dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terpusat.
3. Metode pengolahan limbah yang dikaji dalam penelitian ini hanya terbatas pada pendekatan bioremediasi biologis menggunakan bakteri *Pseudomonas putida*, dan tidak mencakup metode pengolahan fisika atau kimia.
4. Pengujian dalam penelitian ini dilakukan secara *in vitro* di laboratorium untuk menentukan efektivitas *Pseudomonas putida* dalam menurunkan kadar fosfat berdasarkan variasi konsentrasi atau populasi bakteri yang diberikan.
5. Penelitian ini tidak membahas secara mendalam dampak toksisitas jangka panjang atau risiko ekologis dari penggunaan bakteri *Pseudomonas putida* dalam jumlah besar, melainkan hanya difokuskan pada identifikasi efektivitas dan optimasi konsentrasi bakteri dalam konteks penurunan fosfat.

#### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah yang telah dipaparkan, maka permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Apakah ada pengaruh perbedaan penambahan konsentrasi kultur bakteri *Pseudomonas putida* terhadap penurunan kadar fosfat pada limbah detergen?
2. Berapakah konsentrasi bakteri *Pseudomonas putida* yang paling efektif dalam menurunkan kadar fosfat pada limbah detergen?

## 1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh perbedaan penambahan konsentrasi kultur bakteri *Pseudomonas putida* untuk mengukur pengaruh penurunan kadar fosfat pada limbah detergen
2. Untuk mengetahui berapa konsentrasi bakteri *Pseudomonas putida* yang paling efektif dalam menurunkan kadar fosfat pada limbah detergen

## 1.6 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoritis dan manfaat praktis sebagai berikut.

### 1. Manfaat Teoritis:

- a) Penelitian ini menambah wawasan ilmiah mengenai efektivitas bakteri *Pseudomonas putida* dalam proses bioremediasi, khususnya dalam mendegradasi fosfat pada limbah detergen
- b) Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam pengembangan metode bioremediasi baru yang lebih efisien dan ramah lingkungan.
- c) Memberikan kontribusi pada literatur ilmiah tentang pengelolaan limbah cair yang mengandung fosfat dengan menggunakan teknologi berbasis mikroorganisme.

### 2. Manfaat Praktis

- a) Memberikan solusi praktis bagi pengelolaan limbah detergen yang mengandung fosfat, sehingga dapat mengurangi pencemaran

lingkungan.

- b) Menawarkan alternatif pengolahan limbah yang lebih efisien dan ramah lingkungan bagi industri *laundry*
- c) Memberikan kontribusi pada literatur ilmiah tentang pengelolaan limbah cair yang mengandung fosfat dengan menggunakan teknologi berbasis mikroorganisme.
- d) Hasil penelitian ini dapat diaplikasikan oleh pelaku usaha laundry dalam mengadopsi teknologi bioremediasi untuk mengolah limbah, sekaligus meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan limbah yang bertanggung jawab.

