

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kelapa sawit merupakan komoditas utama dalam industri minyak di dunia. Namun, aktivitas produksi minyak kelapa sawit yang dilakukan oleh pabrik dapat menimbulkan dampak akibat limbah yang dihasilkan (Mosunmola & Olatunde, 2020). Dampak negatif yang ditimbulkan lebih mengarah pada lingkungan fisik (Pradani *et al.*, 2017). Pencemaran dari limbah yang dihasilkan oleh produksi minyak sawit pertahun berkisar 48.235.405 juta ton dengan jumlah limbah cair atau limbah POME (*Palm Oil Mill Effluent*) berkisar antara 2,5 ton atau 0,5 ton per tandan buah segar (TBS) (Ngatirah, 2017).

Limbah POME masih menjadi isu yang signifikan dalam isu lingkungan dari pabrik kelapa sawit karena jumlahnya yang besar dan belum dimanfaatkan dengan baik (Santoso *et al.*, 2017). Permasalahan ini tidak hanya menjadi isu lingkungan secara global, tetapi juga berdampak langsung terhadap kehidupan masyarakat yang sekitar pabrik kelapa sawit. Limbah POME yang tidak diolah secara optimal dapat menghasilkan bau yang sangat menyengat akibat proses dekomposisi aerobik yang berpotensi menyebabkan gangguan pernapasan serta menurunkan kualitas hidup (Mulyani, 2016). Bau ini disebabkan oleh senyawa organik yang terurai secara tidak sempurna, menghasilkan gas-gas seperti hidrogen sulfida (H_2S), ammonia (NH_3), dan metana (CH_4) (Desmiarti & Hazmi, 2021). Metana dari proses penguraian limbah POME merupakan emisi gas rumah kaca penyebab pemanasan global dan perubahan iklim (Rahayu *et al.*, 2015).

Selain bau, lumpur dari limbah POME sering sekali mengendap di aliran air, terutama parit yang ada di dekat pabrik. Lumpur ini berasal dari sisa-sisa bahan organik yang belum terurai dengan baik, termasuk minyak dan lemak yang sulit

terdegradasi (Simbolon *et al.*, 2021). Akumulasi lumpur di perairan dapat menyebabkan penyumbatan saluran air yang berisiko menyebabkan banjir saat musim hujan, menurunnya kualitas air dapat berdampak pada ekosistem perairan (Desmiarti & Hazmi, 2021), serta peningkatan aktivitas mikroba anaerob yang memperparah produksi bau akibat pembusukan yang tidak sempurna.

Salah satu upaya pengolahan limbah POME untuk mengurangi dampak bagi lingkungan tersebut adalah dengan membuat Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dibuat dalam bentuk kolam-kolam terbuka atau *lagoon* (Nugroho, 2019). Namun, sistem pengolahan dengan cara ini masih belum maksimal untuk mengurangi dampak lingkungan apabila tidak ada pengelolaan yang berkelanjutan.

Sistem pengolahan limbah POME menggunakan kolam-kolam terbuka masih kurang efektif karena berpeluang menimbulkan biogas ke atmosfer, yang memiliki komposisi utama CH_4 dan CO_2 yang tidak diketahui dan tidak dapat dikendalikan jumlahnya (Wu *et al.*, 2010). Gas rumah kaca berkontribusi lebih dari 90% terhadap total emisi dari pengolahan POME di pabrik kelapa sawit (Rahayu *et al.*, 2015). Di sisi lain, kandungan hara dalam bahan organik POME menjadi bagian dari siklus hara yang berlangsung secara alami. Siklus ini terjadi pada saat proses pengolahan limbah cair atau POME tersebut. Meskipun unsur hara seperti nitrogen diperlukan untuk tanaman, apabila jumlahnya terlalu berlebihan maka dapat menyebabkan dampak negatif (Simbolon, 2016).

Efektivitas pengolahan limbah juga dapat terganggu akibat endapan lumpur yang berlebihan di dasar kolam, sehingga mengurangi kapasitas pengolahan dan menghambat proses biodegradasi (Simbolon *et al.*, 2021). Munculnya busa atau minyak di permukaan kolam yang merupakan indikasi bahwa proses pemisahan minyak dalam limbah POME masih belum optimal, sehingga dapat menyebabkan pencemaran lebih lanjut (Ulfariani, 2018). Selain itu, warna air yang keruh atau

terlalu pekat menunjukkan bahwa masih banyak zat organik yang belum terurai secara sempurna (Sarah, 2023). Hal ini dapat menyebabkan peningkatan kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan *Total Suspended Solids* (TSS) dalam air limbah, yang menjadi parameter utama pencemaran lingkungan (Hafiz, 2024). Sistem pengolahan kolam-kolam ini juga sering mengalami kendala akibat kurangnya suplai oksigen yang diperlukan bagi bakteri akuatik untuk menguraikan bahan organik secara efisien (Budiyanti *et al.*, 2020). Hal ini dapat menghambat proses dekomposisi limbah dan menyebabkan penurunan kualitas air limbah yang telah diolah (Fitria *et al.*, 2021).

Limbah POME tidak dapat dibuang secara sembarangan pada lingkungan, khususnya lingkungan perairan karena mengandung minyak dan lemak yang mempunyai sifat sulit terurai serta membentuk lapisan tipis yang mengapung di permukaan air, menghalangi penetrasi sinar matahari dan mengurangi intensitas fotosintesis akuatik. Hal tersebut memicu terganggunya ekosistem yang ada di perairan tersebut (Fajri *et al.*, 2021).

Salah satu cara mengatasi masalah pengolahan limbah POME untuk mengurangi kandungan minyak dan lemaknya adalah melalui proses bioremediasi. Bioremediasi dapat diartikan sebagai upaya restorasi biologis terhadap komponen lingkungan yang tercemar menjadi tidak tercemar. Tahap bioremediasi disebut sebagai biodegradasi. Proses biodegradasi biasanya memanfaatkan populasi bakteri ataupun produk lain seperti enzim yang bakteri itu hasilkan (Swandi *et al.*, 2015). Bakteri yang mampu mendegradasi senyawa minyak dan lemak pada limbah POME disebut sebagai bakteri lipolitik melalui produksi enzim lipase (Karim, 2019). Lipase (*triasilgliserol lipase*) merupakan enzim larut yang berfungsi menghidrolisis *triasilgliserol* menjadi asam lemak bebas dan gliserol (Bestari *et al.*, 2015).

Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa bakteri lipolitik pada limbah POME berpotensi dalam mendegradasi minyak, yang diukur melalui indeks aktivitas lipolitik dari masing-masing isolat bakteri. Indeks lipolitik isolat terbesar dengan kode BL₁ sebesar 2,78 mm dan Indeks lipolitik terendah BL₈ sebesar 1,40 mm (Karim, 2019). Sejalan dengan itu, penelitian yang dilakukan oleh (Khairani & Manalu, 2023) juga membuktikan bahwa bakteri lipolitik mampu mendegradasi lemak pada limbah POME. Dengan nilai indeks aktivitas lipolitik terbesar adalah pada isolat BL₁ sebesar 0,48 mm dan indeks aktivitas lipolitik terkecil adalah pada isolat BL₉ sebesar 0,16 mm. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Kawuri & Darmayasa, 2022) terdapat 3 jenis bakteri yang mampu mendegradasi senyawa minyak dan lemak yaitu genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan *Klebsiella sp.*

Oleh karena itu, diperlukan evaluasi terhadap efektivitas sistem pengolahan limbah POME serta inovasi dalam bioremediasi agar dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan limbah tersebut.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas dapat diidentifikasi berbagai masalah diantaranya sebagai berikut:

1. Limbah POME yang dihasilkan pabrik kelapa sawit dalam jumlah besar masih menjadi masalah lingkungan yang belum tertangani secara optimal dan belum dimanfaatkan secara optimal.
2. Limbah POME mengandung senyawa organik yang menyebabkan bau menyengat, terutama gas metana (CH₄), hidrogen sulfida (H₂S), dan amonia (NH₃), yang berdampak negatif terhadap kesehatan pernapasan masyarakat sekitar.

3. Lumpur dari limbah POME sering mengendap di aliran air dan menyebabkan penyumbatan, yang berisiko memicu banjir saat musim hujan.
4. Kandungan minyak dan lemak dalam limbah POME sulit terurai, membentuk lapisan di permukaan air yang menghambat penetrasi cahaya matahari sebagai fotosintesis akuatik dan mengganggu ekosistem perairan.
5. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang menggunakan sistem kolam terbuka (*lagoon*) masih memiliki banyak kelemahan, seperti produksi gas rumah kaca yang tinggi (CH_4 dan CO_2) serta kurangnya kontrol terhadap emisi yang dihasilkan.
6. Endapan lumpur yang berlebihan dalam IPAL mengurangi kapasitas pengolahan limbah dan menghambat proses biodegradasi.
7. Busa atau minyak yang masih tampak di permukaan air limbah menunjukkan bahwa proses pemisahan minyak belum optimal.
8. Kurangnya suplai oksigen dalam sistem pengolahan menyebabkan proses dekomposisi organik tidak berjalan maksimal, meningkatkan kandungan COD, BOD, dan TSS dalam air limbah.
9. Alternatif pengolahan limbah, seperti bioremediasi dengan bakteri lipolitik, belum banyak diterapkan secara luas di industri kelapa sawit.
10. Perlu adanya evaluasi dan inovasi dalam penerapan bioremediasi untuk meningkatkan efektivitas pengolahan limbah POME, terutama dalam degradasi minyak dan lemak.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun yang menjadi ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menggunakan sampel limbah POME yang diperoleh dari 7 kolam berbeda pabrik Garuda Emas Perkasa, kemudian dikomposit.

2. Isolat hasil isolasi yang terpilih diseleksi dengan menggunakan media selektif agar lipolitik untuk mengetahui kemampuannya dalam menghasilkan enzim lipase.
3. Isolat terpilih diidentifikasi dan Karakterisasi secara fenetik dan filogenetik berdasarkan hasil pengukuran indeks lipolitik tertinggi atau yang paling potensial.

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan ruang lingkup, maka diperoleh batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Isolasi bakteri lipolitik berasal dari titik pengambilan sampel yang telah ditentukan, yaitu dari 7 kolam limbah pabrik Garuda Emas Perkasa yang kemudian dikomposit.
2. Seleksi bakteri lipolitik untuk mendapatkan bakteri yang paling potensial dalam mendegradasi senyawa lipid dalam limbah POME menggunakan media selektif lipolitik.
3. Identifikasi dan Karakterisasi bakteri lipolitik yang paling potensial dalam mendegradasi senyawa lipid dalam limbah POME berdasarkan hasil pengukuran indeks lipolitik.

1.5 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan, maka yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana keberadaan dan keberagaman bakteri lipolitik dari limbah POME?
2. Bagaimana kemampuan isolat bakteri lipolitik yang diperoleh dalam menghasilkan enzim lipase?

3. Apakah strain atau jenis bakteri yang paling potensial dalam menghasilkan enzim lipase?

1.6 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dikemukakan, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui keberagaman isolat bakteri lipolitik dari limbah POME yang diisolasi.
2. Untuk menguji kemampuan isolat bakteri lipolitik yang diperoleh dalam menghasilkan enzim lipase.
3. Untuk mengetahui strain atau jenis bakteri lipolitik yang paling potensial dalam menghasilkan enzim lipase.

1.7 Manfaat Penelitian

Adapun penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut:

1. Mendapatkan isolat bakteri lipolitik yang berpotensi dalam mendegradasi senyawa lipid pada limbah POME.
2. Mengetahui bakteri yang mampu menghasilkan enzim lipase dan berpotensi sebagai agen pendegradasi senyawa lipid yang terdapat pada limbah POME.
3. Mengetahui strain atau jenis bakteri lipolitik yang paling potensial dalam menghasilkan enzim lipase.
4. Menambah wawasan mengenai bakteri yang memiliki kemampuan menghasilkan enzim lipase untuk mendukung biodegradasi lipid pada limbah POME.