

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan sektor akuakultur terus mengalami peningkatan pesat untuk memenuhi kebutuhan protein hewani masyarakat dunia. Dalam konteks tersebut, budidaya ikan menjadi salah satu subsektor utama yang diandalkan, baik dari sisi produksi pangan maupun nilai ekonomis. Salah satu faktor kunci keberhasilan budidaya ikan adalah pakan. Pakan merupakan pengeluaran terbesar, yang menyumbang lebih dari 60–70% dari total biaya produksi (Munguti *et al.*, 2024). Oleh karena itu, efisiensi pemanfaatan pakan menjadi salah satu fokus penting dalam pengembangan sistem budidaya ikan yang berkelanjutan, efisien, dan ramah lingkungan.

Permasalahan yang sering muncul dalam budidaya ikan adalah rendahnya efisiensi pemanfaatan pakan, terutama pada komponen lemak. Lemak merupakan salah satu sumber energi utama dalam pakan ikan, namun pencernaan dan penyerapannya sangat bergantung pada keberadaan enzim pencernaan lemak, yaitu enzim lipase (El-Sayed *et al.*, 2021). Ketika enzim lipase dalam pakan atau dalam sistem pencernaan ikan tidak mencukupi, maka sebagian besar lemak tidak tercerna sempurna dan berakhir sebagai limbah di lingkungan budidaya. Hal ini tidak hanya menyebabkan pemborosan nutrisi, tetapi juga mencemari media pemeliharaan dan menurunkan kualitas air.

Salah satu pendekatan bioteknologi yang potensial untuk meningkatkan efisiensi pakan adalah fermentasi pakan menggunakan probiotik, khususnya dari kelompok bakteri asam laktat (BAL) seperti *Lactobacillus sp.*. Bakteri ini diketahui mampu menghasilkan berbagai enzim hidrolitik, termasuk lipase, yang dapat membantu meningkatkan pencernaan lemak (Li *et al.*, 2020). Salah satu enzim utama yang dihasilkan oleh *Lactobacillus sp.* adalah enzim lipase, yaitu enzim yang mengkatalisis hidrolisis trigliserida menjadi asam lemak bebas dan gliserol

(Guan *et al.*, 2020). Dengan kata lain, lipase membantu pemecahan lemak menjadi bentuk yang lebih sederhana dan mudah diserap oleh tubuh ikan. Selain itu, suplementasi probiotik terbukti dapat memperbaiki efisiensi konversi pakan, meningkatkan imunitas, serta memperbaiki kualitas air budidaya (Martínez Cruz *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2025).

Probiotik adalah mikroorganisme hidup yang bila diberikan dalam jumlah cukup dapat meningkatkan kesehatan inang, termasuk ikan budidaya (Pradana, 2020). Dalam akuakultur, probiotik digunakan untuk memperbaiki pertumbuhan, imunitas, mikrobiota usus, dan kualitas air. Bakteri Asam Laktat (BAL) seperti *Lactobacillus*, *Enterococcus*, dan *Pediococcus* banyak dimanfaatkan karena kemampuannya menghasilkan metabolit fungsional dan enzim pencernaan, termasuk lipase (Telaumbanua *et al.*, 2020).

Fermentasi pakan dengan *Lactobacillus* sp. dapat meningkatkan pencernaan lemak melalui proses pra-pencernaan, di mana lipase berperan mengubah lemak kompleks menjadi bentuk yang lebih mudah diserap. Aktivitas lipase yang tinggi diyakini berkorelasi positif dengan efisiensi pertumbuhan dan rasio konversi pakan (Telaumbanua *et al.*, 2020). Namun, proses fermentasi pakan masih sering dilakukan secara empiris tanpa pengukuran aktivitas enzim secara kuantitatif. Padahal, keberhasilan fermentasi sangat dipengaruhi oleh kemampuan mikroorganisme menghasilkan enzim seperti lipase (Pradana, 2020).

Salah satu metode standar untuk mengukur aktivitas lipase adalah spektrofotometri menggunakan substrat p-nitrofenil palmitat (pNPP), di mana lipase menghidrolisis pNPP menjadi p-nitrofenol (pNP) yang berwarna dan dapat diukur secara spektrofotometri pada panjang gelombang sekitar 405 nm. Metode ini cepat, akurat, dan telah digunakan secara luas dalam berbagai penelitian enzymologi dan bioteknologi untuk penentuan aktivitas lipase dari berbagai sumber mikroba atau isolat enzim (Guo *et al.*, 2015; ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2020; Sumerianz *et al.*, 2020).

Identifikasi aktivitas lipase dari *Lactobacillus* selama fermentasi penting untuk standarisasi waktu fermentasi, pemilihan strain, dan optimalisasi substrat. Selain meningkatkan kualitas nutrisi, fermentasi juga memungkinkan pemanfaatan bahan baku lokal seperti dedak padi, bungkil kelapa, limbah ikan, dan ampas tahu, sehingga mendukung budidaya ikan yang efisien dan berkelanjutan (Telaumbanua *et al.*, 2020).

Namun, praktik fermentasi pakan di lapangan masih sering dilakukan secara empiris, tanpa pengukuran aktivitas enzimatik yang jelas (Hai & Fotedar, 2021). Hal ini membuat sulit menentukan kondisi fermentasi yang optimal. Oleh karena itu, penelitian mengenai identifikasi aktivitas lipase yang dihasilkan oleh *Lactobacillus* selama fermentasi pakan ikan menjadi penting untuk mendukung standar teknologi pakan fermentasi.

1.2. Identifikasi Masalah

Permasalahan yang dapat diidentifikasi dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Belum tersedia data ilmiah yang spesifik mengenai jenis dan tingkat aktivitas enzim, khususnya lipase, yang dihasilkan oleh *Lactobacillus* sp. selama fermentasi pakan. Padahal, informasi ini penting untuk menilai kontribusi enzim terhadap proses pencernaan ikan (Pradana, 2020; Telaumbanua *et al.*, 2020).
2. Proses fermentasi pakan umumnya dilakukan tanpa pemantauan langsung terhadap aktivitas mikroorganisme, terutama produksi enzim pencernaan. Hal ini menyulitkan penentuan efektivitas fermentasi secara objektif (Mansyur & Tangko, 2020).
3. Waktu fermentasi yang optimal untuk menghasilkan aktivitas enzim tertinggi belum diketahui secara pasti. Penentuan durasi fermentasi yang tepat sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi hasil fermentasi (Glogauer *et al.*, 2011).

4. Penelitian yang secara langsung mengukur aktivitas enzim ekstraseluler selama fermentasi masih terbatas. Padahal, data ini diperlukan untuk pengembangan pakan fermentasi yang terstandarisasi dan berkualitas tinggi (Gupta *et al.*, 2002).
5. Metode kuantitatif untuk mengukur aktivitas enzim lipase menggunakan metode titrasi dengan substrat Tween 20 masih belum banyak digunakan dalam evaluasi fermentasi pakan berbasis *Lactobacillus* sp., padahal metode ini mampu mengukur jumlah asam lemak bebas (free fatty acids/FFA) hasil hidrolisis lipid secara sederhana, akurat, dan efisien sehingga berpotensi mendukung standarisasi evaluasi fermentasi pakan (Shah *et al.*, 2024; Rodríguez-Alonso *et al.*, 2023; Rogala *et al.*, 2022).

1.3. Pembatasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka batasan masalah dalam studi ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya menggunakan mikroorganisme dari genus *Lactobacillus* sp., yang diperoleh dari kultur murni atau isolat yang telah diidentifikasi sebelumnya, tanpa membandingkan dengan mikroba probiotik dari genus lain.
2. Fermentasi dilakukan pada pakan ikan komersial berbasis pelet halus, tanpa penambahan bahan baku lain seperti dedak, bungkil, atau limbah pertanian.
3. Proses fermentasi dilakukan dalam kondisi laboratorium yang terkontrol dengan variasi waktu fermentasi 0, 12, dan 24 jam, sedangkan suhu dipertahankan pada 30°C dan pH dijaga tetap pada 5 sebagai variabel kontrol untuk menjaga kondisi optimum aktivitas enzim lipase.
4. Fokus identifikasi enzim terbatas pada lipase sebagai enzim pencernaan utama yang relevan terhadap pencernaan lemak.

5. Penelitian ini tidak menilai pengaruh pakan fermentasi terhadap performa pertumbuhan ikan secara langsung, tetapi hanya berfokus pada karakteristik aktivitas enzim selama proses fermentasi pakan berlangsung.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi dan pembatasan masalah sebelumnya, penelitian ini dirancang untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan pokok berikut:

1. Apakah *Lactobacillus* sp. mampu menghasilkan enzim pencernaan lipase selama proses fermentasi pakan ikan?
2. Bagaimana tingkat aktivitas enzim lipase, yang dihasilkan oleh *Lactobacillus* sp. pada pakan ikan selama periode fermentasi tertentu?

1.5. Tujuan Penelitian

Untuk menjawab permasalahan tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi keberadaan dan jenis enzim pencernaan (lipase) yang dihasilkan oleh *Lactobacillus* sp. pada pakan ikan selama proses fermentasi.
2. Menentukan waktu fermentasi optimum yang menghasilkan aktivitas lipase tertinggi pada pakan ikan yang difermentasi dengan *Lactobacillus* sp.

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, baik secara teoritis maupun praktis, sebagai berikut:

1. Manfaat Akademis

- Memberikan kontribusi ilmiah dalam bidang akuakultur dan mikrobiologi terapan, khususnya terkait aktivitas enzim pencernaan yang dihasilkan oleh *Lactobacillus* sp. selama fermentasi pakan ikan.
- Menjadi dasar pengembangan kajian lebih lanjut mengenai karakterisasi enzim mikroba dan aplikasinya dalam teknologi pakan fungsional.

2. Manfaat Praktis

- Memberikan informasi penting bagi pelaku budidaya dan industri pakan mengenai waktu fermentasi yang optimal untuk menghasilkan pakan fermentasi dengan kualitas enzimatis yang tinggi.
- Menjadi acuan dalam pembuatan pakan fermentasi yang lebih efisien, hemat biaya, dan mudah diaplikasikan di lapangan, terutama untuk meningkatkan efisiensi pakan dan pencernaan nutrisi bagi ikan.

3. Manfaat Pengembangan Teknologi

- Mendukung inovasi pakan berbasis bioteknologi mikroba dengan pendekatan ilmiah yang terukur, sebagai solusi menuju sistem akuakultur yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

