

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem pesisir yang sangat produktif dan memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan, seperti sebagai habitat biota laut, pelindung pantai, serta penyerap karbon (Alongi, 2002). Namun, saat ini ekosistem mangrove menghadapi berbagai tekanan, salah satunya adalah pencemaran lingkungan akibat aktivitas manusia. Limbah industri, tumpahan minyak, dan akumulasi mikroplastik menjadi ancaman serius bagi keseimbangan ekosistem ini (Auta et al., 2018; Kathiresan & Bingham, 2001). Mikroplastik yang terakumulasi di sedimen tidak hanya mencemari lingkungan, tetapi juga berdampak negatif terhadap organisme laut dan kesehatan manusia melalui rantai makanan.

Salah satu pendekatan yang mulai banyak dikembangkan untuk mengatasi pencemaran tersebut adalah melalui bioteknologi lingkungan, khususnya dengan memanfaatkan mikroorganisme penghasil enzim untuk proses biodegradasi. Enzim merupakan biomolekul protein yang mampu mempercepat reaksi kimia tanpa ikut dikonsumsi, dan berperan penting dalam menguraikan senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dan ramah lingkungan (Berg et al., 2015). Enzim seperti lipase dan alkana monooksigenase diketahui mampu mendegradasi senyawa lipid, hidrokarbon, hingga polimer sintetis seperti mikroplastik (Urbanek et al., 2018; Karigar & Rao, 2011). Oleh karena itu, pemanfaatan enzim dari mikroba menjadi alternatif solusi biologis yang efisien dan berkelanjutan untuk mengatasi masalah pencemaran di lingkungan pesisir.

Sedimen mangrove diketahui mengandung keanekaragaman mikroba yang tinggi karena paparan senyawa organik dari peluruhan daun, sedimen, serta limbah antropogenik (Alongi, 2002). Mikroorganisme seperti bakteri dari genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan *Acinetobacter* telah dilaporkan memiliki kemampuan menghasilkan enzim lipase dan alkana monooksigenase yang berperan dalam proses biodegradasi hidrokarbon dan mikroplastik (Urbanek et al., 2018; Van Beilen & Funhoff, 2007; Gupta et al., 2004). Kemampuan adaptasi bakteri terhadap kondisi lingkungan ekstrem di mangrove menjadikannya kandidat potensial untuk aplikasi bioremediasi secara in situ.

Berdasarkan latar belakang tersebut, Bakteri dipilih sebagai fokus dalam penelitian ini karena memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan ekstrem, laju pertumbuhan cepat, serta kemudahan dalam kultur dan manipulasi genetik (Ghosal et al., 2016). Selain itu, bakteri menunjukkan efisiensi tinggi dalam produksi enzim ekstraseluler yang berperan dalam proses biodegradasi senyawa pencemar, baik organik maupun anorganik. Dibandingkan dengan mikroorganisme lain seperti fungi, bakteri cenderung lebih tahan terhadap variasi salinitas, pH, dan ketersediaan oksigen yang umum dijumpai di lingkungan mangrove (Tyagi & Kumar, 2021).

Enzim lipase dan alkana monooksigenase dipilih karena memiliki peran komplementer dalam proses degradasi polutan organik. Lipase berperan dalam hidrolisis senyawa lipid dan ester, yang umum ditemukan dalam limbah industri dan komponen mikroplastik berbasis poliester (Gupta et al., 2004), sementara alkana monooksigenase merupakan enzim kunci dalam oksidasi senyawa hidrokarbon rantai panjang seperti yang terkandung dalam minyak bumi dan polimer jenis polietilena (Van Beilen & Funhoff, 2007). Lipase terimmobilisasi seperti Novozym 435 mampu mengkonversi limbah minyak goreng menjadi biodiesel dengan efisiensi lebih dari 90% dalam waktu 10–24 jam (Lopresto et al., 2015). Selain itu, lipase dari spesies *B. cepacia* berhasil mengurangi kandungan lemak pada limbah industri makanan seperti pengolahan kentang (Mello et al., 2015). Sementara itu, alkana monooksigenase (terutama *alkB*) efektif dalam menginisiasi oksidasi senyawa alkana menjadi alkohol, aldehida, dan akhirnya asam lemak. Enzim ini memainkan peran penting dalam bioremediasi lingkungan tercemar hidrokarbon, seperti tumpahan minyak. Studi oleh Liu et al. (2022) menunjukkan bahwa *G. sihwaniensis* memiliki regulasi ekspresi gen *alkB2* yang efisien dalam mendegradasi alkana rantai sedang hingga panjang (C14–C20).

Kombinasi kedua enzim ini penting dalam memulai dan mempercepat proses biodegradasi senyawa kompleks di sedimen tercemar. Penelitian ini tidak hanya memberikan pemahaman ilmiah mengenai kemampuan enzimatik bakteri mangrove, tetapi juga mendukung pengembangan strategi bioremediasi ramah lingkungan terhadap pencemaran hidrokarbon dan mikroplastik. Dengan demikian, studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam upaya

pelestarian ekosistem mangrove melalui pendekatan biologis yang efektif dan berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana variasi aktivitas enzim lipase dan alkana monooksigenase yang ditunjukkan oleh isolat bakteri dari sedimen mangrove?
2. Apakah terdapat isolat bakteri dari sedimen mangrove yang memiliki aktivitas enzimatik namun tidak terdeteksi membawa gen *lipA* dan *alkB*, atau sebaliknya?

1.3. Tujuan

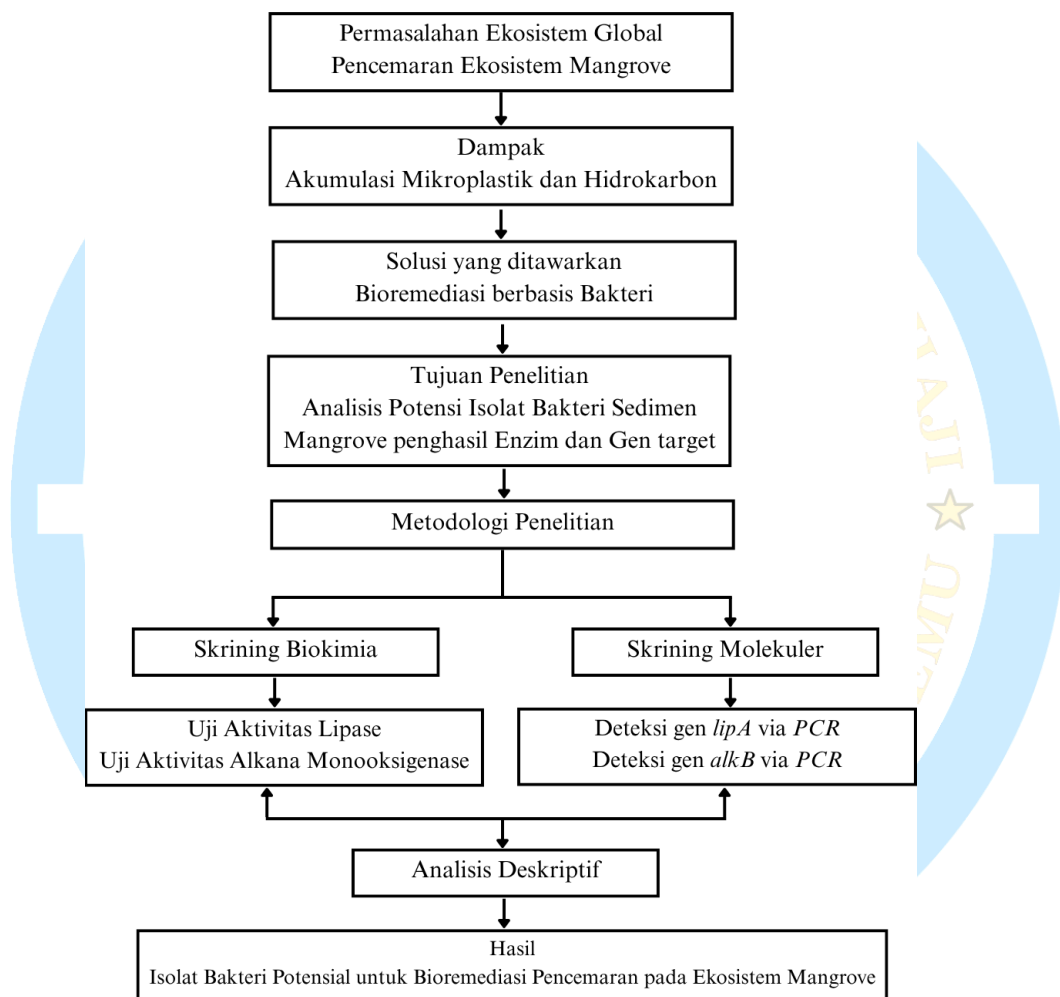
Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi isolat bakteri dari sedimen mangrove Pulau Dompok dan Pengudang, Kepulauan Riau, dalam menghasilkan enzim lipase dan alkana monooksigenase melalui pendekatan biokimia. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mendeteksi keberadaan gen *lipA* dan *alkB* sebagai gen penyandi kedua enzim tersebut melalui pendekatan molekuler, serta menganalisis keterkaitan antara keberadaan gen penyandi enzim target dengan tingkat aktivitas yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan isolat bakteri yang telah diperoleh sebelumnya dari hasil koleksi BRIN, sehingga pada penelitian ini fokus utama diarahkan pada pengujian aktivitas enzim dan karakterisasi molekulernya.

1.4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat menunjang upaya mitigasi pencemaran mikroplastik khususnya di lingkungan mangrove. Dengan menskrining bakteri yang memproduksi enzim lipase dan alkana monooksigenase, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi biologis untuk degradasi yang lebih ramah lingkungan. Selain itu, diharapkan hasil penelitian ini dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi bioremediasi yang efisien dan berkelanjutan serta meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga ekosistem mangrove.

1.5. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir ini menggambarkan peta konseptual dari proses berpikir peneliti dalam menjawab permasalahan pencemaran lingkungan di ekosistem mangrove. Alur ini menjelaskan bagaimana isu pencemaran dikaitkan dengan potensi bakteri sedimen sebagai agen biodegradasi melalui produksi enzim lipase dan alkana monooksigenase, serta bagaimana pendekatan biokimia dan molekuler digunakan untuk mengidentifikasi potensi tersebut secara ilmiah.



Gambar 1. Kerangka Pikir Penelitian