

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ekosistem laut merupakan sistem lingkungan alam terbesar sekaligus memiliki fungsi sebagai pengatur stabilitas ekologi di Bumi (Mendler *et al.*, 2014). Salah satu sumber daya kunci ekosistem laut adalah hutan mangrove, ekosistem unik yang terletak di zona intertidal wilayah tropis dan subtropis (Zhang *et al.*, 2022). Ekosistem mangrove memiliki peran sangat penting dalam melindungi pantai dari erosi serta menyediakan habitat bagi berbagai jenis flora, fauna, dan mikroorganisme. Selain itu, mangrove berperan dalam menyimpan karbon dengan jumlah besar. Lebih jauh, ekosistem ini berperan mendukung siklus daur ulang nutrisi melalui siklus biogeokimia (Menendez *et al.*, 2018). Tidak hanya itu, ekosistem mangrove juga turut berkontribusi dalam memperbaiki struktur lanskap pesisir secara berkelanjutan (Xu *et al.*, 2025).

Daerah Brebes menunjukkan potensi signifikan dalam pengembangan kawasan hutan mangrove, dengan didukung oleh karakteristik keanekaragaman jenis yang khas (Christy *et al.*, 2019). Berdasarkan data terkini, kawasan mangrove Brebes mencakup 121 hektar (ha) dengan rencana perluasan meningkat hingga 609 ha pada tahun 2030 (Suroso & Firman, 2018). Hutan Mangrove Pandansari Brebes teridentifikasi sebagai kawasan utama yang didominasi oleh tiga jenis mangrove, yaitu *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, dan *Avicennia alba* (Nainggolan *et al.*, 2022). Hasil studi

Nugraha *et al.* (2020) mencatat bahwa parameter lingkungan di perairan mangrove Brebes berada pada kisaran suhu antara 28,00-30,20°C, nilai pH 7,64-8,41, dan salinitas 5,94-32,20‰. Kondisi tersebut menjadikan ekosistem mangrove sebagai habitat ideal bagi sejumlah besar mikroorganisme yang terdiri dari khamir, bakteri, jamur, alga, dan *actinomycetes* yang melakukan transformasi nutrisi. Pada daerah mangrove tropis, 91% total biomassa mikroba didominasi bakteri dan jamur (Thatoi *et al.*, 2013).

Khamir *manglicolous* merupakan istilah khusus untuk khamir yang hidup di ekosistem mangrove. Khamir *manglicolous* menjadi komponen penting dari mikrobiota mangrove dengan distribusi yang meliputi seluruh komponen sistem, seperti vegetasi, sedimen, air, hingga asosiasi dengan invertebrata. Karakteristik unik ekosistem mangrove menciptakan lingkungan optimal bagi khamir *manglicolous* (Nimsi *et al.*, 2023). Khamir dalam ekosistem mangrove berkontribusi dalam penguraian materi organik, membantu siklus nutrisi, serta sebagai sumber nutrisi bagi invertebrata dan *zooplankton* (Chi *et al.*, 2012).

Khamir *manglicolous* memiliki karakteristik fisiologis yang unik, terutama adaptasi terhadap salinitas tinggi dan kemampuan untuk fermentasi. Khamir *manglicolous* menunjukkan keunggulan dibandingkan khamir terestrial dalam beberapa hal seperti ketahanan terhadap salinitas, kemampuan produksi enzim, dan potensi biosintesis senyawa bioaktif dengan berbagai aplikasi (Nimsi *et al.*, 2023). Potensi bioteknologi khamir laut dari sedimen mangrove telah menjadi fokus penelitian terkini, terutama dalam

produksi enzim industri, bioenergi, *single cell oil*, agen antikanker, antimikroba, dan biosurfaktan (Sarkar & Rao, 2016). Penelitian Pothayi & Devasia (2020) mengungkapkan bahwa strain dari khamir *manglicolous* dapat menghasilkan berbagai jenis enzim seperti protease, lipase, ligninase, urease, amilase, selulase, DNase, dan kitinase.

Protease menempati posisi dominan dalam industri enzim dengan berkontribusi sebesar 60% dari total nilai pasar enzim dunia (Sarkar *et al.*, 2024). Analisis data pasar global menunjukkan nilai komersial enzim protease mencapai 2,76 miliar USD pada tahun 2019. Angka ini diproyeksikan terus meningkat 6,1% per tahun hingga 2024 (Choudhary *et al.*, 2022). Enzim protease memiliki nilai ekonomi tinggi dan aplikasi yang sangat luas dalam industri, seperti industri detergen, pengolahan kulit dan tekstil, makanan, pengolahan susu, farmasi, dan pengolahan limbah industri (Razzaq *et al.*, 2019). Protease dapat dihasilkan dari berbagai sumber biologis, termasuk tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme. Namun, pemanfaatan sumber nabati dan hewani memiliki keterbatasan. Berbeda dengan mikroorganisme yang lebih mudah untuk dibudidayakan serta lebih tinggi dalam hal kecepatan pertumbuhan dan kapasitas produksi. Oleh karena itu, mikroorganisme dianggap sebagai sumber protease yang lebih prospektif untuk aplikasi industri (Yuniati *et al.*, 2015).

Khamir *manglicolous* telah diketahui mampu memproduksi enzim protease yang bernilai industri (Nimsi *et al.*, 2023). Jamur termasuk di dalamnya khamir, menawarkan keunggulan status GRAS (*Generally*

Recognized as Safe) serta kemampuan mengekstraksi enzim ekstraseluler yang mempermudah proses pemurnian enzim (Lageiro *et al.*, 2007). Protease khamir memiliki beberapa kelebihan dibandingkan protease bakteri dalam aplikasi industri, antara lain penggunaan substrat yang ekonomis, produktivitas tinggi dengan waktu yang lebih singkat, serta proses pemisahan biomassa yang lebih efisien (Naeem *et al.*, 2022).

Enzim yang dihasilkan oleh khamir sedimen mangrove menunjukkan ketahanan terhadap kondisi lingkungan ekstrem dan variasi parameter kultur sehingga berpotensi untuk produksi skala besar (Pothayi & Devasia, 2020). Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengidentifikasi khamir dari ekosistem mangrove sebagai penghasil enzim yang berperan dalam industri. Beberapa genus khamir dari ekosistem mangrove yang dapat menghasilkan enzim protease diperoleh dari genus *Candida* sp., *Debaromyces* sp., *Trichosporon* sp., *Wickerhamiella* sp., *Saccharomyces* sp., *Rhodotorula* sp., *Cryptococcus* sp., *Aureobasidium* sp., dan *Pichia* sp. (Pothayi & Devasia, 2022; Nimsi *et al.* 2023).

Enzim protease yang dihasilkan khamir memiliki potensi berbagai aplikasi industri, terutama sebagai komponen dalam formulasi detergen (Sawan & Nagendran, 2014). Detergen berbasis enzim protease menawarkan banyak keunggulan dibandingkan detergen sintesis, seperti efisiensi dalam pembersihan noda, spesifik terhadap noda protein, bekerja optimal pada suhu pencucian rendah, bersifat *biodegradable*, serta lebih ekonomis (Abu-Tahon *et al.*, 2020). Selain itu, khamir sedimen mangrove menjadi sumber enzim

yang potensial karena bersifat adaptif serta mudah dimanipulasi secara genetik dan lingkungan (Elsanhoty *et al.*, 2017).

Enzim protease memiliki kemampuan tinggi dalam menguraikan noda berbasis protein seperti darah sehingga menjadikannya aditif dalam formulasi detergen (Khazi *et al.*, 2025). Enzim protease harus memiliki stabilitas tinggi pada kisaran pH basa dan suhu pencucian yang relatif tinggi agar dapat bekerja secara efektif dalam formulasi detergen (Ilmiah *et al.*, 2018). Namun, untuk dapat diaplikasikan dalam formulasi detergen, enzim harus memenuhi kriteria terhadap keberadaan surfaktan, zat pengoksidasi, dan agen pengkelat dalam formula detergen (Sharma, 2019). Oleh karena itu, kondisi lingkungan harus sesuai dengan karakteristik spesifik enzim agar dapat berfungsi secara optimal (Sumardi *et al.*, 2019).

Penelitian oleh Vidya & Sebastian (2022) mengungkapkan bahwa sedimen mangrove merupakan habitat yang kaya akan keanekaragaman khamir, beberapa diantaranya mampu menghasilkan enzim hidrolitik seperti protease. Penelitian lain oleh Sarkar *et al.* (2024) mengenai karakterisasi enzim protease yang dihasilkan dari khamir laut dan aplikasi dalam formulasi detergen. Sementara itu, menurut Nimsi *et al.* (2023), pemanfaatan enzim protease dari khamir *manglicolous* dalam industri belum banyak dieksplorasi secara mendalam. Hingga saat ini, belum ditemukan penelitian yang spesifik mengeksplorasi khamir *manglicolous* dari sedimen mangrove Pandansari Brebes sebagai sumber enzim protease untuk aditif detergen. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi khamir *manglicolous* dari

sedimen mangrove dalam menghasilkan enzim protease, menentukan pH dan suhu paling optimal, serta menguji kompatibilitas untuk aplikasi dalam industri biodetergen.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka penelitian ini dapat dirumuskan masalah sebagai berikut.

- 1.2.1 Apakah isolat khamir *manglicolous* dari Sedimen Mangrove Pandansari Brebes mampu menghasilkan enzim protease?
- 1.2.2 Pada kondisi suhu dan pH berapa aktivitas enzim protease paling optimal dari isolat khamir *manglicolous* terpilih?
- 1.2.3 Bagaimana kompatibilitas enzim protease dari isolat khamir *manglicolous* terpilih sebagai aditif detergen?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, maka penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut.

- 1.3.1 Untuk mengetahui kemampuan isolat khamir *manglicolous* dari Sedimen Mangrove Pandansari Brebes dalam menghasilkan enzim protease.
- 1.3.2 Untuk menentukan kondisi suhu dan pH aktivitas enzim protease paling optimal dari isolat khamir *manglicolous* terpilih.

1.3.3 Untuk menganalisis kompatibilitas enzim protease dari isolat khamir *manglicolous* terpilih sebagai aditif detergen.

1.4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis dan praktis sebagai berikut.

1.4.1 Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan bidang mikrobiologi, terutama aplikasi enzim protease dalam bidang industri.

1.4.2 Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan alternatif sumber enzim protease dari isolat khamir *manglicolous* untuk aplikasi aditif detergen.