

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pasar enzim global terus mengalami peningkatan signifikan, dengan proyeksi nilai pemasaran industri enzim mencapai 6,2 miliar dolar AS pada tahun 2020. Peningkatan pemasaran enzim didorong oleh permintaan produk ramah lingkungan dan efisiensi dalam berbagai sektor industri (Kiti *et al.*, 2020). Protease termasuk salah satu enzim utama yang diproduksi oleh mikroba dan telah diaplikasikan dalam berbagai bidang industri, seperti industri pangan, kesehatan, fotografi, serta terutama dalam formulasi deterjen (Sumarlin, 2008). Enzim protease berperan penting dalam menghilangkan noda berbasis protein pada pakaian, dan telah dimanfaatkan selama lebih dari 50 tahun dalam berbagai jenis produk deterjen. Penggunaan enzim protease bermanfaat untuk penghematan energi, pengurangan penggunaan bahan kimia keras, serta sifatnya yang *biodegradable*, sehingga mendukung produk yang lebih ramah lingkungan (Fuad *et al.*, 2004).

Protease (EC 3.4) adalah enzim yang berfungsi mengkatalisis pemecahan ikatan peptida dalam protein (Ayaz, 2012). Mikroorganisme merupakan penghasil utama enzim protease (Jisha *et al.*, 2013). Pemanfaatan mikroorganisme sebagai sumber enzim memiliki banyak keunggulan, di antaranya mudah dibudidayakan dalam jumlah besar dalam waktu yang singkat, pertumbuhannya cepat, dan enzim yang dihasilkan lebih stabil. Mikroorganisme dapat dengan mudah dimodifikasi secara genetik untuk meningkatkan produksi enzim yang optimal (Chi *et al.*, 2007). Salah satu

mikroorganisme yang mampu menghasilkan enzim protease adalah bakteri haloalkalifilik.

Permintaan yang semakin besar terhadap produk ramah lingkungan, terutama deterjen, mendorong pengembangan formulasi yang lebih berkelanjutan dengan enzim sebagai bahan aktif utamanya (Rukmi & Purwantisari, 2020). Berbagai enzim yang digunakan dalam industri deterjen termasuk protease, memainkan peran penting karena kemampuannya untuk memecah noda berbasis protein secara efektif (Singh *et al.*, 2012). Protease dari bakteri haloalkalifilik diidentifikasi sebagai salah satu sumber enzim yang potensial. Protease lebih stabil dan mampu mempertahankan aktivitasnya dalam kondisi ekstrem seperti pH tinggi dan konsentrasi garam yang bervariasi, dibandingkan dengan protease biasa (Daoud *et al.*, 2018; Tanwar *et al.*, 2022).

Aktivitas protease sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, terutama pH dan konsentrasi NaCl. Berbagai spesies bakteri haloalkalifilik diketahui mampu memproduksi enzim protease yang memiliki aktivitas optimal pada pH dan konsentrasi garam tinggi, di antaranya *Bacillus halodurans* CAS6 menunjukkan aktivitas optimal pada konsentrasi NaCl 30% dan pH 9 (Annamalai *et al.*, 2013). *Virgibacillus* sp. strain CD6 yang diisolasi dari ikan asin juga menunjukkan stabilitas protease dengan aktivitas maksimum pada 10% (w/v) NaCl, dan pH 7-10 (Lam *et al.*, 2018). Protease dari *Halobacillus* sp. CJ4 menunjukkan aktivitas maksimum pada pH 9 dan konsentrasi NaCl

0,4 M, menunjukkan bahwa protease memiliki stabilitas yang sangat baik dalam kondisi ekstrem (Daoud *et al.*, 2017).

Aktivitas serupa juga ditunjukkan oleh *Bacillus luteus* H11, dengan puncak aktivitas protease optimal pada pH 10,5 dan tetap stabil hingga 5 M NaCl (Kalwasińska *et al.*, 2018). Bakteri haloalkalifilik lainnya seperti *Bacillus* sp. Mk22 dari tambak garam menghasilkan produksi protease maksimum pada pH 8 dengan konsentrasi NaCl 12% (Sekar *et al.*, 2016). Protease dari *Halomonas* sp. ES10 menunjukkan aktivitas optimal pada pH 11,0, dengan aktivitas relatif masing-masing 95% dan 65% pada konsentrasi NaCl 0,5 M dan 1 M (Kim *et al.*, 1992).

Geomicrobium sp. EMB2 terlihat mempunyai stabilitas pada pH alkali serta mempertahankan struktur dan aktivitasnya dengan adanya 2-5% NaCl (Karan dan Khare, 2011). *Halobacterium* sp. strain HP25 menghasilkan protease dengan aktivitas maksimum pada pH 8,0 dan 17% NaCl (Elbanna *et al.*, 2015). *Halomonas saliphila* sp. nov., yang diisolasi dari sampel tanah salin di Provinsi Gansu, Tiongkok, juga menunjukkan kemampuan tumbuh optimal pada pH 8,0, dan konsentrasi NaCl 10–15% (Gan *et al.*, 2018).

Bakteri haloalkalifilik merupakan salah satu sumber enzim yang diisolasi dari lingkungan ekstrem, sehingga berpotensi untuk produksi protease yang stabil dalam formulasi deterjen. Protease dari bakteri haloalkalifilik menunjukkan aktivitas yang lebih baik dalam kondisi yang biasanya menantang bagi enzim lain, seperti konsentrasi NaCl yang tinggi dan pH yang ekstrem (Him & Azmi, 2017).

Pengembangan produksi protease dari bakteri haloalkalifilik di Indonesia menjadi peluang berharga mengingat luasnya pasar dan sumber daya alam yang tersedia. Permintaan enzim protease meningkat, akan tetapi sebagian besar kebutuhan domestik masih dipenuhi oleh impor. Sumber daya hayati lokal perlu dimanfaatkan agar memenuhi permintaan protease yang meningkat (Suhartono, 2000).

Penelitian berfokus pada upaya mengeksplorasi sumber bakteri haloalkalifilik baru, seperti *Halomonas* sp., yang berpotensi menghasilkan protease stabil pada kondisi ekstrem, termasuk pH dan konsentrasi NaCl tinggi. Salah satu sumber potensial untuk mendapatkan isolat bakteri *Halomonas* sp. adalah dari lingkungan unik seperti Bledug Kesongo.

Tujuan penelitian yaitu untuk menguji aktivitas protease dari bakteri haloalkalifilik yang diisolasi dari Bledug Kesongo dalam berbagai kondisi pH dan konsentrasi NaCl, serta mengevaluasi potensi protease sebagai aditif dalam formulasi deterjen yang ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana aktivitas enzim protease yang dihasilkan oleh isolat bakteri haloalkalifilik (*Halomonas* sp.) pada berbagai pH?
2. Bagaimana aktivitas enzim protease yang dihasilkan oleh isolat bakteri haloalkalifilik (*Halomonas* sp.) pada berbagai konsentrasi NaCl?
3. Apakah enzim protease dari bakteri haloalkalifilik berpotensi sebagai aditif pada formulasi deterjen?

1.3 Tujuan

1. Menganalisis aktivitas enzim protease dari isolat bakteri haloalkalifilik (*Halomonas* sp.) pada berbagai pH.
2. Menganalisis aktivitas enzim protease dari isolat bakteri haloalkalifilik (*Halomonas* sp.) pada berbagai konsentrasi NaCl.
3. Menganalisis potensi penggunaan enzim protease sebagai bahan aditif pada deterjen.

1.4 Manfaat

1. Penggunaan bakteri haloalkalifilik sebagai sumber enzim untuk diaplikasikan di deterjen, khususnya dalam berbagai kondisi pH dan NaCl.
2. Ketersediaan alternatif protease yang lebih stabil dalam kondisi ekstrim untuk meningkatkan efektivitas deterjen.