

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri kulit merupakan sektor industri yang bergerak dalam bidang kerajinan dengan mengolah berbagai macam kulit mentah hewan atau kulit setengah jadi menjadi berbagai produk konsumsi seperti sarung tangan, jaket, tas, sepatu, dompet, dan lainnya (Adib *et al.*, 2018). Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), Produk Domestik Bruto (PDB) sektor industri kulit, barang dari kulit, dan alas kaki tumbuh sebesar 6.83% pada tahun 2024 (yoy). Jika tren pertumbuhan ini berlanjut, estimasi PDB sektor diperkirakan mencapai Rp 57.2 triliun pada tahun 2025, Rp 60.9 triliun pada tahun 2026, dan ±Rp 64.8 triliun pada tahun 2027. Nilai ekspor industri kulit dan alas kaki Indonesia sepanjang tahun 2024 mencapai 455.95 ribu ton, naik sekitar 21% dibanding tahun sebelumnya, dengan nilai ekspor sebesar US\$ 8,36 miliar (Kementerian Pertanian; Databoks, 2024). Di sisi lain, berdasarkan BPS Sulawesi Tenggara, volume impor barang dari kulit yang mencakup kulit mentah, disamak, atau olahan pada tahun yang sama tercatat 17.27 ribu ton, dengan nilai impor sebesar US\$ 64.58 juta.

Di Indonesia, kulit sapi digunakan terutama untuk industri alas kaki dan upholstery, di mana kebutuhan bahan bakunya diperkirakan mencapai 20 juta lembar kulit sapi per tahun sedangkan jumlah pemotongan sapi domestik hanya sekitar 5 juta ekor sehingga suplai lokal baru memenuhi sebagian kecil kebutuhan (Kemenperin, 2023). Kulit kambing banyak

dimanfaatkan untuk sarung tangan, dompet, serta produk fesyen, dengan kontribusi sekitar 10–15 % dari total bahan baku kulit domestik (Mutiar *et al.*, 2021). Kulit domba dikenal karena kelembutannya dan digunakan untuk produk pakaian, jaket, serta kerajinan tradisional seperti wayang kulit, meskipun jumlahnya jauh lebih sedikit dibandingkan kulit sapi dan kambing, yakni hanya sekitar 5 % dari total kulit yang diserap industri (Sugihartono *et al.*, 2015). Secara Global Indonesia masih tertinggal dibandingkan negara lain seperti misalnya India menyumbang sekitar 13 % produksi kulit dunia, sementara Brasil dikenal sebagai eksportir utama kulit sapi mentah, dan Italia mendominasi pasar kulit jadi bernilai tinggi (Leather Exports India, 2024; FAO, 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa pemanfaatan kulit di Indonesia memang belum sebesar negara produsen utama dunia.

Pembuatan produk dalam industri kulit memerlukan proses penyamakan kulit untuk merubah kulit mentah (*skin* atau *hide*) menjadi kulit samak (*leather*), salah satu tahap krusial dalam penyamakan kulit adalah proses buang rambut (*unhairing*) (Yuliatmo & Udkhiyati, 2020). *Unhairing* secara konvensional dilakukan dengan menggunakan bahan kimia yang disebut metode *liming* atau pengapuran. Proses yang penting ini memiliki kelemahan utama yaitu penggunaan kapur (Ca(OH)_2) yang larut dalam air dan natrium sulfida (Na_2S) yang berbahaya bagi lingkungan (Ramesh *et al.*, 2018). Proses *unhairing* ini dalam memproses 1 ton kulit memerlukan air sebanyak 4 – 6 m³, 40 kg kapur, 15 kg natrium sulfida, dan 2 kg glukosa.

Tingginya penggunaan air berpengaruh terhadap jumlah limbah cair yang terbentuk (Nugraha *et al.*, 2018). Hasil akhir dari proses ini menghasilkan banyak limbah rambut dan lumpur kapur sebagai limbah padat (Ramesh *et al.*, 2018).

Menurut (Dixit *et al.*, 2015) dalam pemrosesan *unhairing* 1 ton kulit segar menghasilkan limbah cair sebanyak 4.0-6.0 m³. Padatan tersuspensi yang dihasilkan mencapai 53-97 kg. Beban pencemaran terdiri dari *Chemical Oxide Demand* (COD) sebesar 79-122 kg dan *Biological Oxide Demand* (BOD) sebesar 28-45 kg. Kandungan sulfida mencapai 3.9-8.7 kg, NH₃-N sebesar 0.4-0.5 kg, dan total nitrogen sebesar 6-8 kg. Kandungan klorida mencapai 5-15 kg, sedangkan sulfat sebesar 1-2 kg. Efek samping berkepanjangan akan limbah tersebut berkaitan dengan dampak negatif bagi lingkungan dan penyebaran penyakit (Admasie *et al.*, 2024). Dampak negatif terhadap lingkungan terjadi karena pH air yang berubah akibat limbah cair hasil *unhairing* kulit yang mencapai 11.89 (Nugraha *et al.*, 2018) dan kadar COD serta BOD yang tinggi dalam air dapat menyebabkan penurunan signifikan oksigen terlarut, yang berakibat buruk bagi kehidupan akuatik (Abdullahi *et al.*, 2021).

Dikutip dari (Nurfaiziya *et al.*, 2023) Badan Pusat Statistik Kabupaten Garut melaporkan terdapat korelasi antara penyakit yang paling umum terjangkit di daerah tersebut dengan adanya limbah penyamakan kulit. Kabupaten Garut merupakan salah satu pusat penyamakan kulit terbesar di Indonesia, sehingga jumlah limbah yang dihasilkan juga cukup

besar. Data antara tahun 2015 hingga 2017 menunjukkan bahwa penyakit yang paling umum terjadi di antaranya adalah penyakit saluran pernapasan, gangguan kulit, dermatitis, dan diare. Penyakit saluran pernapasan menjadi penyakit yang paling sering diderita, dengan rata-rata 169.882 kasus per tahun. Penyakit ini berkaitan erat dengan limbah gas yang dihasilkan selama proses *unhairing* kulit, yaitu gas hidrogen sulfida (H_2S), yang dapat menyebabkan berbagai gangguan saluran pernapasan, mulai dari iritasi ringan hingga gagal napas atau bahkan kematian pada paparan dalam jumlah tinggi (Uddin *et al.*, 2023).

Pengurangan dampak negatif yang ditimbulkan memerlukan teknologi ramah lingkungan yang mampu mendukung proses tersebut. Cara efektif yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan enzim, enzim merupakan biokatalis yang memecah dan menghubungkan protein dan lemak (Yuliatmo & Udkhiyati, 2020). Salah satu enzim yang dapat digunakan adalah enzim proteolitik yang sering disebut sebagai enzim protease. Enzim ini merupakan enzim yang menghidrolisis protein menjadi peptida dan asam amino yang lebih sederhana (Fitriana & Asri, 2022). Contoh dari enzim proteolitik yang memiliki aktivitas keratinolitik adalah enzim keratinase yang dapat mendegradasi bahan keratin yang kaku dan berserat (Al-Kadmy *et al.*, 2023).

Keratinase merupakan enzim yang dapat membelah ikatan peptida pada protein yang bertanggung jawab atas degradasi keratin (Santos *et al.*, 2021) seperti wol, bulu, dan rambut (Saeed *et al.*, 2024). Mikroba seperti

fungi, bacteria, dan actinomycetes dilaporkan dapat menghasilkan enzim keratinase. Menurut (Gopinath *et al.*, 2015) strain bakteri yang mampu menghasilkan keratinase yang optimal adalah genus *Bacillus*. Bakteri seperti *B. subtilis*, *B. licheniformis* (Matikevičienė *et al.*, 2009), *B. polymyxa*, *B. cereus* (Laba & Rodziewicz, 2010), *B. amyloliquefaciens* (Prajapati *et al.*, 2021), *Arthrobacter* sp. (Barman *et al.*, 2017), dan *Streptomyces* sp. (Admasie *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2020) telah diteliti mampu memproduksi enzim keratinase.

Bakteri – bakteri penghasil enzim dapat diisolasi dari berbagai tempat salah satunya dari spons yang ada di perairan. Spons merupakan makroinvertebrata pemakan filter bentik sesil yang umumnya ditemukan di habitat perairan di seluruh dunia. Bakteri simbion spons air tawar dapat menghasilkan senyawa bioaktif potensial seperti enzim (Giudice & Rizzo, 2024). Penelitian terkait bakteri yang bersimbion dengan spons air tawar telah dilakukan. Penelitian oleh (Gaikwad *et al.*, 2016) menemukan bahwa bakteri yang diisolasi dari *E. carteri* merupakan bakteri filum Cyanobacteria dan Actinobacteria. Sejumlah bakteri seperti *Bacillus velezensis* (Cahyani, 2023), *Pseudomonas fluorescens* (Averina, 2022), *B. albus* (Maulana, 2022), *Streptomyces brasiliensis* (Azizah, 2023), dan *Pseudarthrobacter siccitolerans* (Maharani, 2023) telah ditemukan bersimbion dengan spons air tawar *E. carteri*.

Enzim yang didapatkan dari tiap sumber memiliki sifat yang berbeda – beda. Setiap enzim memiliki kondisi optimum masing – masing yang beda

satu sama lain. Faktor penting yang perlu dioptimalkan untuk proses enzimatis adalah pH dan suhu (Kabir & Ju, 2023). Telah diketahui bahwa enzim sensitif terhadap pH dan suhu. pH memengaruhi tingkat protonasi dari banyak gugus fungsi residu asam amino dan, dengan demikian, pelipatan protein, fungsionalitas situs aktif, dan stabilitas enzim (Dumetz *et al.*, 2008). Setiap enzim memiliki pH optimal untuk reaksi tertentu dan proses enzimatis yang terkait harus dioperasikan pada atau mendekati pH optimal (Kabir & Ju, 2023). Penelitian telah menunjukkan bahwa pH optimal untuk aktivitas keratinase berkisar antara 6 hingga 11.5. Suhu optimal untuk aktivitas keratinase bervariasi antara 25°C dan 70°C, tergantung pada sumber bakteri (Qiu *et al.*, 2020; Wibowo & Yuliatmo, 2020). Penerapan proses *unhairing* pada kulit diperlukan enzim yang optimum secara suhu dan pH untuk melihat efektivitasnya dalam proses buang rambut sehingga mampu dijadikan solusi ramah lingkungan.

Penelitian sebelumnya telah mengisolasi bakteri simbiosis spons air tawar *E. carteri* dari Sungai Porong, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia dengan total 32 isolat yang telah diuji mampu menghasilkan enzim protease dan belum dilakukan penelitian mengenai potensinya dalam menghasilkan enzim keratinase. Hal ini didukung dengan penelitian terkait potensi dari bakteri simbiosis spons air tawar *E. carteri* dalam proses *unhairing* kulit masih belum banyak dan mendetail. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi bakteri simbiosis spons air tawar *E. carteri* dalam menghasilkan enzim keratinase yang efektif untuk proses *unhairing* kulit,

serta untuk mengoptimalkan kondisi suhu dan pH yang mendukung aktivitas enzim tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat ditarik rumusan masalah sebagai berikut:

- 1.2.1 Apakah bakteri simbion spons air tawar *E. carteri* dapat menghasilkan enzim keratinase?
- 1.2.2 Bagaimana pengaruh pH dan suhu terhadap aktivitas optimal enzim keratinase yang dihasilkan oleh isolat bakteri terbaik simbion spons air tawar *E. carteri*?
- 1.2.3 Bagaimana efektivitas enzim keratinase dari isolat bakteri terbaik simbion spons air tawar *E. carteri* dalam proses *unhairing* kulit?

1.3 Tujuan

- 1.3.1 Mengetahui apakah bakteri simbion spons air tawar *E. carteri* dapat menghasilkan enzim keratinase.
- 1.3.2 Mengetahui pH dan suhu optimal yang memengaruhi aktivitas enzim keratinase yang dihasilkan oleh isolat bakteri terbaik simbion spons air tawar *E. carteri*.
- 1.3.3 Mengetahui efektivitas enzim keratinase dari isolat bakteri terbaik simbion spons air tawar *E. carteri* dalam proses *unhairing* kulit.

1.4 Manfaat

Penelitian ini bermanfaat dalam memberikan informasi ilmiah mengenai potensi bakteri simbion spons air tawar *E. carteri* sebagai

penghasil enzim keratinase. Manfaat lainnya adalah menawarkan alternatif ramah lingkungan bagi industri penyamakan kulit melalui pemanfaatan enzim ini dalam proses *unhairing*. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi penelitian lebih lanjut dalam pengembangan dan pemanfaatan mikroorganisme penghasil keratinase untuk pengolahan limbah keratin.