

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan limbah organik menjadi isu global yang semakin mendesak seiring meningkatnya produksi limbah dari sektor pangan. Limbah buah-buahan seperti kulit apel (*Malus domestica*) dan pir (*Pyrus communis*) merupakan salah satu kontributor utama limbah organik rumah tangga dan industri. Diperkirakan sekitar 30–50% bagian buah yang diolah menjadi produk pangan berakhir sebagai limbah, terutama berupa kulit dan ampas (Sha et al., 2023). Limbah ini jika tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan pencemaran lingkungan melalui proses pembusukan yang menghasilkan gas rumah kaca seperti metana (Atasoy et al., 2024). Namun demikian, limbah buah sebenarnya kaya akan senyawa bioaktif seperti polifenol, flavonoid, dan enzim yang berpotensi dimanfaatkan kembali melalui proses bioteknologi seperti fermentasi (Patocka et al., 2020).

Seiring berkembangnya konsep ekonomi sirkular, pemanfaatan limbah organik menjadi produk bernilai tambah seperti *ecoenzyme* menjadi semakin relevan. *Ecoenzyme* merupakan hasil fermentasi limbah organik dengan gula dan air yang menghasilkan berbagai senyawa aktif seperti asam organik, enzim, dan mikroorganisme yang bermanfaat (Panesar et al., 2026). Proses fermentasi diketahui dapat meningkatkan bioavailabilitas senyawa aktif serta menghasilkan metabolit sekunder yang memiliki aktivitas biologis, termasuk antimikroba dan antiinflamasi (Luo et al., 2024). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa fermentasi limbah buah seperti apel dan pir dapat menghasilkan produk yang berpotensi digunakan dalam bidang kosmetik dan kesehatan kulit (Krzyżostan et al., 2024).

Di sisi lain, masalah kesehatan kulit seperti jerawat (*acne vulgaris*) masih menjadi permasalahan global yang signifikan. Jerawat memengaruhi sekitar 85% remaja dan dewasa muda di seluruh dunia, serta berkaitan erat dengan aktivitas bakteri *Cutibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus* (Silletta et al., 2024). Penggunaan produk kimia sintetis sebagai agen anti jerawat seringkali menimbulkan efek samping seperti iritasi dan resistensi mikroba. Oleh karena itu, terdapat tren peningkatan penggunaan bahan alami dan berkelanjutan dalam produk perawatan kulit, termasuk yang berasal dari limbah organik (Ajaykumar et al., 2025). Senyawa bioaktif hasil fermentasi diketahui memiliki potensi sebagai agen antibakteri alami yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri penyebab jerawat (Alvarez Arraibi, 2018).

Berbagai penelitian terdahulu telah mengeksplorasi pemanfaatan limbah buah dalam bidang kosmetik dan farmasi. Misalnya, penelitian oleh Alvarez Arraibi (2018) menunjukkan bahwa ekstrak limbah apel memiliki kandungan fenolik tinggi yang efektif sebagai antibakteri terhadap *Cutibacterium acnes*. Selain itu, studi oleh Krzyżostan et al. (2024) mengungkapkan bahwa limbah kulit buah dapat dimanfaatkan dalam formulasi kosmetik berkelanjutan melalui proses fermentasi. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa fermentasi limbah buah dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan antimikroba secara signifikan dibandingkan bahan mentahnya (Ray et al., 2025). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada ekstraksi langsung atau fermentasi tunggal tanpa mengkaji secara spesifik kombinasi jenis limbah buah tertentu seperti apel dan pir dalam bentuk *ecoenzyme*.

Meskipun terdapat banyak penelitian terkait pemanfaatan limbah buah, masih terdapat beberapa keterbatasan yang signifikan. Pertama, penelitian mengenai *ecoenzyme* masih didominasi oleh studi deskriptif dan belum banyak dilakukan pendekatan kuantitatif untuk mengukur efektivitasnya secara spesifik, khususnya sebagai agen anti jerawat. Kedua, kombinasi limbah kulit apel dan pir sebagai bahan dasar fermentasi belum banyak dieksplorasi, padahal keduanya memiliki profil senyawa bioaktif yang berbeda dan berpotensi memberikan efek sinergis. Ketiga, sebagian besar penelitian belum mengkaji parameter proses fermentasi secara mendalam, seperti waktu fermentasi, pH, dan konsentrasi substrat terhadap aktivitas antibakteri. Selain itu, uji efektivitas terhadap bakteri penyebab jerawat masih terbatas dan belum menjadi fokus utama dalam banyak studi (Krzyżostan et al., 2024; Sha et al., 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi *ecoenzyme* sebagai anti-*acne* yang ramah lingkungan, serta mengkaji efektivitas dan keamanannya sebagai bahan aktif alami yang berkelanjutan. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengidentifikasi penggunaan *ecoenzyme* dalam industri *skincare* sebagai upaya mewujudkan industri yang lebih hijau dan berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mendukung inovasi berkelanjutan di bidang teknik kimia dan industri kosmetik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses fermentasi limbah kulit buah apel dan pir dalam menghasilkan *ecoenzyme* yang optimal?
2. Bagaimana karakteristik dan kandungan bioaktif *ecoenzyme* yang dihasilkan?

3. Seberapa besar efektivitas *ecoenzyme* tersebut sebagai agen antibakteri terhadap bakteri penyebab jerawat?

1.3 Batasan Masalah

Batas masalah pada penelitian ini adalah:

1. Limbah yang digunakan hanya 2 yaitu kulit buah pir (*Pyrus communis*) dan kulit buah apel (*Malus domestica*).
2. Potensi *ecoenzyme* sebagai anti bakteri terhadap bakteri penyebab jerawat dilakukan dengan cara uji anti bakteri penyebab jerawat. Bakteri yang diuji adalah *Cutibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis proses fermentasi limbah kulit buah apel (*Malus domestica*) dan pir (*Pyrus communis*) dalam menghasilkan *ecoenzyme* yang optimal.
2. Menganalisis karakteristik fisikokimia dan kandungan senyawa bioaktif *ecoenzyme* yang dihasilkan.
3. Menguji dan mengevaluasi efektivitas *ecoenzyme* sebagai agen antibakteri terhadap bakteri penyebab jerawat *Cutibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat sebagai berikut:

1.5.1 Manfaat Teoritis

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik kimia, khususnya dalam pemanfaatan *ecoenzyme* sebagai bahan aktif dalam produk *skincare*.
2. Menambah referensi ilmiah terkait penggunaan bahan alami dan ramah lingkungan dalam industri kosmetik.
3. Menjadi dasar bagi penelitian lanjutan dalam mengoptimalkan formulasi *ecoenzyme* untuk berbagai aplikasi produk perawatan kulit.

1.5.2 Manfaat Praktis

1. Bagi Industri *Skincare*: Memberikan alternatif bahan aktif alami yang aman, efektif, dan ramah lingkungan untuk diaplikasikan dalam produk perawatan kulit.
2. Bagi Masyarakat: Mendorong penggunaan produk *skincare* yang aman dan ramah lingkungan, serta meningkatkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan limbah organik.
3. Bagi Pemerintah: Memberikan solusi praktis dalam mengatasi masalah pengelolaan limbah organik sebagai bagian dari program lingkungan berkelanjutan.
4. Bagi Pelaku Usaha Kecil dan Menengah (UKM): Membuka peluang bisnis baru dalam produksi *ecoenzyme* dan produk turunannya sebagai bahan baku *skincare*.

1.5.3 Manfaat Lingkungan

1. Mengurangi pencemaran lingkungan melalui pemanfaatan limbah organik sebagai bahan baku *ecoenzyme*.
2. Mendukung prinsip ekonomi sirkular dan *zero waste* dalam pengembangan produk berbasis *ecoenzyme*.
3. Berkontribusi pada pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya dalam konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab.