

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia, sebagai negara dengan populasi yang besar dan pertumbuhan ekonomi yang pesat, dihadapkan pada tantangan serius dalam pengelolaan sampah, khususnya sampah organik. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) per 1 Oktober 2024 hasil input dari 366 kab/kota se Indonesia menyebutkan jumlah timbunan sampah nasional mencapai angka 38,7 juta ton. Dari total produksi sampah nasional tersebut 62,13% atau 24,1 juta ton dapat terkelola, sedangkan sisanya 37,87% atau 14,6 juta ton sampah tidak terkelola (KLHK, 2024). Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah pasal 1, sampah merupakan sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Penumpukan sampah mesti ditanggulangi melalui pengelolaan sampah. Pengelolaan sampah yaitu kegiatan yang sistematis, menyeluruh, dan berkesinambungan yang meliputi pengurangan dan penanganan sampah. Pengurangan sampah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 huruf a meliputi kegiatan: pembatasan timbulan sampah, daur ulang sampah, dan/atau pemanfaatan kembali sampah (Prabekti, 2020).

Sampah dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu anorganik dan organik. Sampah anorganik merujuk pada limbah yang bersumber dari materi alam yang tidak dapat diperbaharui, seperti mineral, minyak bumi, plastik, dan aluminium, di mana beberapa di antaranya sangat sulit atau membutuhkan waktu lama untuk terdegradasi oleh alam. Sebaliknya, sampah organik adalah limbah yang mudah terurai secara alami, misalnya kulit buah dan sayuran (Astuti *et al.*, 2020). Secara umum, pengelolaan sampah organik masih menjadi tantangan besar karena limbah tersebut sering langsung dibuang ke TPA tanpa diolah atau dimanfaatkan terlebih dahulu, sehingga menimbulkan masalah seperti emisi gas rumah kaca, gas metana, dan bau tidak sedap akibat proses penguraian anaerobik, serta air lindi yang berpotensi mencemari lingkungan (Susilowati *et al.*, 2021). Oleh karena itu, diperlukan strategi untuk mengatasi permasalahan ini dengan mengubah limbah

organik menjadi produk bernilai tambah, seperti ekoenzim, yang dapat diterapkan di tingkat rumah tangga guna mengurangi volume sampah dan emisi gas rumah kaca (Putri, 2018).

Ekoenzim adalah produk bioteknologi dari hasil fermentasi sampah organik yang dicampur dengan air dan gula atau molase dengan perbandingan 1:3:10 (gula, limbah dapur berupa tumbuhan, air) (Vama and Cherekar, 2020). Ekoenzim mempunyai banyak manfaat, selama proses pembuatan ekoenzim berlangsung dihasilkan gas O₃ (ozon), yaitu gas yang memiliki manfaat untuk mengurangi efek rumah kaca (Widayat *et al.*, 2022). Kandungan Asam Asetat (CH₃COOH) pada ekoenzim juga dapat digunakan untuk membunuh kuman, virus, dan bakteri, sehingga dapat digunakan untuk mengusir hama tanaman dan menetralsir berbagai polutan yang mencemari lingkungan. Ekoenzim mengubah amonia (NH₃) menjadi nitrat NO₃ yang dapat digunakan untuk menutrisi tanaman, selain itu ekoenzim dapat diaplikasikan sebagai produk pembersih dalam kegiatan sehari – hari salah satunya sabun pencuci piring (Muliarta, 2021). Larutan molase berfungsi sebagai penyedia karbon dan asam organik yang mendukung proses fermentasi melalui jalur glikolisis (Dewi *et al.*, 2020). Selama fermentasi, beberapa variabel penting harus diperhatikan, seperti waktu, suhu, pH, serta sumber karbon dan nitrogen (Wikaningrum *et al.*, 2022).

Ekoenzim umumnya diproduksi dengan memanfaatkan kulit buah jeruk karena kulit buah tersebut mampu menyumbangkan aroma dan cita rasa yang intens, serta memiliki kandungan obat yang tinggi berkat keasamannya yang kuat. Gula yang ditambahkan berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroba, yang melalui proses metabolisme menghasilkan senyawa-senyawa antibakteri (Vama dan Cherekar, 2020). Fermentasi yang terjadi dalam pembuatan ekoenzim melibatkan aktivitas mikroorganisme yang memecah bahan organik menjadi senyawa-senyawa aktif, termasuk enzim (seperti amilase, protease, tripsin, dan lipase), asam organik, dan zat bioaktif lainnya. Mikroorganisme yang berperan dalam proses ini terdiri dari berbagai jenis bakteri, fungi, dan mungkin juga mikroorganisme lain yang tidak mudah diidentifikasi dengan teknik konvensional.

Satu-satunya metode untuk mengungkap keanekaragaman mikroba yang tidak dapat dikultur adalah menggunakan metode analisis metagenomik. Metode ini

dirancang khusus untuk mengumpulkan gen-gen secara langsung dari lingkungan, kemudian menganalisis informasi genetik yang terkandung di dalamnya. Dengan demikian, DNA dapat diekstraksi langsung dari lingkungan untuk mengkaji keanekaragaman spesies serta fungsinya (Streit and Schmitz, 2004). Keunggulan metode ini adalah kemampuannya untuk mengekstraksi materi DNA mikroba tanpa harus melalui proses penumbuhan pada medium buatan terlebih dahulu. Teknik metagenomik berkembang sebagai solusi atas keterbatasan metode konvensional dalam menganalisis mikroba yang tidak dapat dikultur dari suatu ekosistem, yang tidak mendukung pertumbuhan pada media artifisial. Secara mendasar, analisis metagenomik merupakan pengembangan dari teknik molekuler tradisional dalam identifikasi mikroba, dengan perbedaan terletak pada cakupan pembacaan sekuens DNA yang dilakukan secara lebih lengkap, rinci, dan akurat (Susalam, 2023).

Oleh karena itu, analisis yang lebih mendalam tentang keragaman mikroorganisme yang dihasilkan selama proses fermentasi ekoenzim diperlukan untuk memahami potensi sebenarnya dari produk ini. Pada penelitian ini dilakukan analisis metagenomik menggunakan teknologi Oxford Nanopore Technology (ONT) yang menyediakan sekuensing (pengurutan) bacaan panjang meliputi gen 16S rRNA (wilayah V1-V9) dimana output yang dihasilkan secara cepat, tinggi dan biaya yang relatif terjangkau. Pengujian berbasis *Oxford Nanopore Technology* memungkinkan identifikasi profil dan diversitas mikroorganisme, khususnya bakteri yang berperan selama proses fermentasi ekoenzim. Selain itu, teknologi ini juga memungkinkan pengungkapan keragaman mikroorganisme yang sulit atau tidak dapat dikultur menggunakan metode konvensional (Simon dan Rolf, 2011). Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian mengenai analisis metagenomik ekoenzim menggunakan metode *Next-Generation Sequencing* (NGS).

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik ekoenzim yang dihasilkan dari sampah organik?
2. Bagaimana keragaman bakteri yang terdapat dalam ekoenzim yang dihasilkan dari sampah organik berdasarkan analisis NGS?

C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik ekoenzim yang dihasilkan dari sampah organik
2. Untuk mengidentifikasi keragaman bakteri dalam ekoenzim yang dihasilkan dari fermentasi sampah organik berdasarkan analisis NGS

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Manfaat Lingkungan
 - a. Ekoenzim yang dihasilkan dari fermentasi sampah organik berkontribusi pada pengelolaan limbah yang berkelanjutan
 - b. Mengurangi akumulasi sampah di lingkungan.
 - c. Mengurangi emisi gas rumah kaca melalui pengolahan sampah organik menjadi produk yang bermanfaat.
2. Manfaat Pertanian Berkelanjutan
 - a. Meningkatkan kualitas tanah melalui stabilitas pH dan penambahan senyawa organik seperti asam asetat.
 - b. Mendukung pertumbuhan tanaman dengan memperbaiki struktur tanah, meningkatkan retensi air, dan mendorong perkembangan akar yang lebih baik.
 - c. Mengurangi ketergantungan pada pupuk dan pestisida kimia dengan menyediakan pupuk organik dan senyawa antimikroba alami.
3. Manfaat Ekonomi dan Sosial
 - a. Menyediakan alternatif ramah lingkungan sebagai pembersih alami, pupuk organik, dan pengendali hama untuk mendukung pertanian organik.
 - b. Meningkatkan efisiensi produksi pertanian dengan mengurangi biaya yang terkait dengan penggunaan bahan kimia sintetis.
 - c. Memberikan solusi inovatif bagi tantangan pengelolaan sampah dan produktivitas pertanian di era modern.

4. Manfaat Bioteknologi

- a. Mendapatkan informasi mengenai keragaman bakteri yang berperan dalam proses fermentasi ekoenzim yang dihasilkan dari sampah organik melalui analisis metagenomik berbasis NGS.

