

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Eco Enzyme*

Eco enzyme merupakan cairan hasil fermentasi limbah organik rumah tangga berupa sisa buah dan sayuran dengan penambahan sumber karbon (gula) dan air dalam perbandingan tertentu. Konsep *eco enzyme* pertama kali dikembangkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong dari Thailand sebagai upaya pemanfaatan limbah organik secara ramah lingkungan dan berkelanjutan. Proses pembuatannya relatif sederhana, mudah diaplikasikan pada skala rumah tangga, serta tidak memerlukan teknologi khusus, sehingga berpotensi mendukung pengelolaan sampah organik berbasis sumber (Suprayogi *et al.*, 2022).

Eco enzyme bersifat multifungsi dan memiliki berbagai kegunaan dalam kehidupan sehari-hari, antara lain sebagai bahan pembersih alami, pencuci buah dan sayuran, pengusir serangga, pupuk cair, serta desinfektan alami. Sifat desinfektan *eco enzyme* berkaitan dengan kandungan alkohol dan asam asetat yang terbentuk selama proses fermentasi, yang memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen (Larasati *et al.*, 2020).

Seiring meningkatnya permasalahan sampah organik rumah tangga, pemanfaatan *eco enzyme* berkembang sebagai salah satu alternatif pengelolaan limbah yang murah, mudah, dan ramah lingkungan. Selain berkontribusi dalam mengurangi timbulan sampah organik, *eco enzyme* juga menghasilkan produk bernilai guna yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh masyarakat, sehingga mendukung upaya pelestarian lingkungan dan penerapan prinsip ekonomi sirkular (Yulistia and Chimayati, 2021).

B. Proses pembuatan dan fermentasi *eco enzyme*

Proses pembuatan *eco enzyme* tergolong sederhana dan dapat dilakukan secara mandiri di rumah dengan memanfaatkan limbah organik rumah tangga, seperti sisa buah dan sayuran. Pembuatan *eco enzyme* tidak memerlukan peralatan khusus maupun lahan yang luas, sehingga mudah diterapkan pada skala rumah tangga. Wadah fermentasi yang umum digunakan berupa botol atau toples plastik, sedangkan penggunaan wadah kaca tidak dianjurkan karena berisiko pecah akibat tekanan gas selama proses fermentasi. Salah satu kendala utama dalam pembuatan *eco enzyme* adalah lamanya waktu fermentasi, yaitu sekitar tiga bulan hingga produk siap digunakan (Yulistia and Chimayati, 2021).

Pembuatan *eco enzyme* umumnya menggunakan perbandingan gula, bahan organik, dan air sebesar 1 : 3 : 10. Proses diawali dengan membersihkan wadah fermentasi dari sisa bahan kimia, kemudian memasukkan air bersih dengan jumlah maksimum sekitar 60% dari kapasitas wadah. Selanjutnya, gula atau molase ditambahkan sebagai sumber karbon, diikuti dengan penambahan potongan limbah buah dan sayuran. Seluruh bahan diaduk hingga tercampur merata dan dipastikan seluruh bahan organik terendam dalam larutan. Wadah kemudian ditutup rapat dan disimpan di tempat yang tidak terkena sinar matahari langsung serta memiliki sirkulasi udara yang baik (Kartika and Bakti, 2022).

Proses fermentasi *eco enzyme* berlangsung secara anaerob melalui aktivitas mikroorganisme, terutama bakteri dan jamur, yang berperan dalam menguraikan senyawa kompleks pada bahan organik menjadi senyawa metabolit yang lebih sederhana. Selama tahap awal fermentasi, mikroorganisme menghasilkan gas sehingga tutup wadah perlu dibuka secara berkala, umumnya sekali sehari selama

beberapa detik pada bulan pertama, untuk mencegah penumpukan tekanan. Memasuki bulan kedua dan ketiga, pembukaan wadah tidak lagi diperlukan karena aktivitas fermentasi mulai stabil (Yulistia and Chimayati, 2021).

Seiring berjalannya waktu fermentasi, terbentuk berbagai senyawa aktif, terutama asam organik seperti asam asetat, alkohol, dan enzim. Pembentukan senyawa-senyawa tersebut menyebabkan perubahan karakteristik fisikokimia *eco enzyme*, yang ditandai dengan warna coklat hingga coklat gelap, aroma asam segar khas fermentasi, serta penurunan nilai pH menjadi bersifat asam. Karakteristik fisikokimia ini sering digunakan sebagai indikator awal keberhasilan proses fermentasi *eco enzyme* (Larasati *et al.*, 2020).

Keberhasilan proses fermentasi *eco enzyme* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis dan komposisi bahan organik, jenis gula yang digunakan, lingkungan tempat fermentasi, lama fermentasi, serta konsistensi perlakuan selama proses berlangsung. Pengendalian faktor-faktor tersebut secara konsisten diperlukan agar *eco enzyme* yang dihasilkan memiliki kualitas fisikokimia yang stabil dan dapat dibandingkan secara ilmiah antarperlakuan, khususnya dalam penelitian yang membandingkan jenis bahan organik yang berbeda (Supriyani *et al.*, 2020).

C. Bahan organik dalam pembuatan *eco enzyme*

Bahan organik merupakan komponen utama dalam pembuatan *eco enzyme* karena berfungsi sebagai substrat bagi mikroorganisme selama proses fermentasi. Limbah organik rumah tangga seperti kulit buah dan sisa sayuran banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku *eco enzyme* karena ketersediaannya melimpah serta masih mengandung nutrisi yang mendukung aktivitas mikroorganisme

fermentatif. Pemanfaatan limbah organik ini tidak hanya berkontribusi dalam pengurangan timbulan sampah rumah tangga, tetapi juga menghasilkan produk yang memiliki nilai guna (Muninggar *et al.*, 2020).

Penelitian Muninggar dkk. (2020) menunjukkan bahwa *eco enzyme* yang dibuat dari limbah rumah tangga berupa kulit buah dan sisa daun sayuran menghasilkan karakteristik fisik yang baik setelah proses fermentasi selama kurang lebih tiga bulan. Hasil penelitian tersebut juga mengungkapkan bahwa *eco enzyme* dengan komposisi bahan campuran memberikan hasil terbaik dibandingkan penggunaan satu jenis bahan organik, yang ditandai dengan warna larutan cokelat homogen, aroma asam segar khas fermentasi, serta kadar air yang lebih tinggi.

Beberapa penelitian lain turut menegaskan peran penting bahan organik dalam menentukan kualitas *eco enzyme*. Istanti dkk. (2023) melaporkan bahwa *eco enzyme* berbahan limbah sayur dan buah mengandung unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai pupuk cair organik. Selain itu, Sukrianto dkk. (2023) menyatakan bahwa fermentasi limbah organik segar menghasilkan *eco enzyme* aromatik yang dapat digunakan sebagai pembersih udara alami. Penelitian Muslimaini dkk. (2024) juga menunjukkan bahwa limbah dapur berupa kulit buah dan sayuran menghasilkan *eco enzyme* berwarna coklat gelap dengan aroma alami khas hasil fermentasi.

Perbedaan jenis dan komposisi bahan organik diketahui dapat memengaruhi proses fermentasi dan karakteristik fisikokimia *eco enzyme* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kandungan air, gula alami, serat, serta senyawa bioaktif pada masing-masing bahan organik. Oleh karena itu, variasi bahan organik, seperti penggunaan kulit buah, sayuran, maupun campuran keduanya, menjadi faktor

penting yang perlu dikaji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kualitas fisikokimia *eco enzyme*, khususnya warna, aroma, kekeruhan, dan pH larutan.

D. Kulit jeruk sebagai bahan *eco enzyme*

Kulit jeruk merupakan salah satu limbah buah yang potensial dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan *eco enzyme* karena jumlahnya melimpah dan masih mengandung berbagai senyawa bioaktif. Kulit jeruk diketahui mengandung flavonoid, senyawa fenolik, serta minyak atsiri yang dapat berperan dalam proses fermentasi dan memberikan karakteristik khas pada produk *eco enzyme* yang dihasilkan. Kandungan senyawa tersebut mendukung aktivitas mikroorganisme fermentatif serta berkontribusi terhadap pembentukan sifat fisik dan kimia larutan hasil fermentasi (Ikarini *et al.*, 2021).

Penelitian Dewi dkk. (2022) menunjukkan bahwa *eco enzyme* yang dibuat dari bahan organik kulit jeruk memiliki karakteristik organoleptik berupa aroma asam segar khas jeruk yang cukup kuat. Aroma asam tersebut berkaitan dengan terbentuknya asam asetat selama proses fermentasi, yang juga berperan sebagai agen desinfektan alami. Selain aroma, *eco enzyme* berbahan kulit jeruk mengalami perubahan warna menjadi cokelat keruh setelah fermentasi, yang dipengaruhi oleh warna gula yang digunakan serta adanya residu ampas kulit jeruk dalam larutan.

Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa selama proses fermentasi terjadi penurunan volume *eco enzyme* akibat terbentuknya gas sebagai hasil aktivitas mikroorganisme. Fenomena ini menandakan bahwa proses fermentasi berlangsung secara aktif. Kandungan gula alami dan asam organik pada kulit jeruk turut mendukung pertumbuhan mikroorganisme fermentatif, sehingga

berkontribusi terhadap pembentukan pH larutan yang bersifat asam dan relatif stabil.

Karakteristik fisikokimia *eco enzyme* berbahan kulit jeruk, seperti aroma asam segar, warna coklat keruh, dan pH asam, menunjukkan bahwa kulit jeruk merupakan bahan organik yang relevan untuk dikaji dalam penelitian *eco enzyme*. Oleh karena itu, penggunaan kulit jeruk sebagai bahan utama dalam penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran ilmiah mengenai pengaruh bahan organik spesifik terhadap kualitas fisikokimia *eco enzyme*, khususnya warna, aroma, kekeruhan, dan pH.

E. Sayuran sebagai bahan *eco enzyme*

Sayuran merupakan salah satu jenis limbah organik yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan *eco enzyme* karena memiliki kandungan air dan nutrisi yang relatif tinggi serta mudah terdegradasi oleh mikroorganisme selama proses fermentasi. Kandungan air pada sayuran umumnya berkisar antara 80–90% dari bobot segar tanaman, sehingga berpengaruh terhadap volume dan karakteristik fisik *eco enzyme* yang dihasilkan, khususnya volume cairan dan tingkat kejernihan larutan (Kasiamri and Saidi, 2024).

Penelitian Supriyani dkk. (2020) menunjukkan bahwa *eco enzyme* berbahan limbah sayuran cenderung menghasilkan volume cairan yang lebih besar dibandingkan *eco enzyme* yang dibuat dari limbah buah. Hal ini disebabkan oleh kandungan air yang lebih tinggi pada jaringan sayuran. Sebagai contoh, sayuran kangkung memiliki kandungan air sebesar 85,64% pada bagian daun dan 85,04% pada bagian batang, yang berkontribusi terhadap peningkatan volume larutan hasil fermentasi.

Selain kandungan air, sayuran juga mengandung nutrisi dan senyawa bioaktif yang berperan dalam proses fermentasi *eco enzyme*. Jenis sayuran seperti kubis (*Brassica oleracea*) dan sawi (*Brassica juncea*) diketahui mengandung senyawa flavonoid dan fenolik. Senyawa-senyawa tersebut berpotensi memengaruhi karakteristik fisikokimia *eco enzyme*, seperti warna dan kestabilan larutan, serta berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan sifat bioaktif produk fermentasi (Santoso *et al.*, 2022); (Mambang *et al.*, 2021).

Dengan demikian, penggunaan sayuran sebagai bahan baku *eco enzyme* tidak hanya memengaruhi jumlah dan volume produk yang dihasilkan, tetapi juga berpotensi memengaruhi kualitas fisikokimia *eco enzyme*. Perbedaan jenis sayuran yang digunakan dalam proses fermentasi menjadi faktor penting yang perlu dikaji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik *eco enzyme*, sehingga relevan untuk diteliti dalam konteks perbandingan kualitas fisik berdasarkan jenis bahan organik.

F. Parameter kualitas fisikokimia *Eco Enzyme*

Keberhasilan proses pembuatan *eco enzyme* dapat dievaluasi melalui beberapa parameter kualitas fisikokimia yang mencerminkan optimalnya proses fermentasi. Parameter tersebut meliputi nilai pH, warna, aroma, kejernihan atau kekeruhan, *total dissolved solids* (TDS), kadar alkohol, serta volume produk yang dihasilkan. Parameter-parameter ini digunakan untuk menilai tingkat kematangan fermentasi, kestabilan produk, dan kesesuaiannya untuk digunakan (Suprayogi *et al.*, 2022).

Nilai pH merupakan parameter utama dalam evaluasi kualitas *eco enzyme* karena mencerminkan pembentukan asam organik selama fermentasi. Aktivitas

mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik menghasilkan senyawa asam, seperti asam asetat dan asam laktat, yang menyebabkan penurunan pH larutan. *Eco enzyme* yang berkualitas umumnya memiliki $\text{pH} \leq 4$, yang menunjukkan kondisi asam dan relatif stabil secara mikrobiologis (Nusantara, 2021). Nilai pH yang terlalu tinggi dapat mengindikasikan proses fermentasi yang belum optimal atau adanya gangguan selama fermentasi.

Selain pH, parameter warna dan aroma diamati secara organoleptik sebagai indikator awal keberhasilan fermentasi. *Eco enzyme* yang baik umumnya berwarna coklat muda hingga coklat gelap, tergantung pada jenis bahan organik yang digunakan dan tingkat fermentasi. Warna yang terlalu keruh atau menyimpang dapat menunjukkan adanya residu bahan organik yang belum terdegradasi secara sempurna. Aroma *eco enzyme* yang berkualitas ditandai dengan bau asam segar khas fermentasi, sedangkan aroma busuk atau menyengat dapat mengindikasikan kegagalan fermentasi atau kontaminasi mikroorganisme yang tidak diinginkan (Viza, 2022).

Kejernihan atau kekeruhan larutan merupakan parameter fisik lain yang penting dalam menilai kualitas *eco enzyme*. Tingkat kekeruhan dipengaruhi oleh sisa partikel bahan organik, biomassa mikroorganisme, serta hasil degradasi selama fermentasi. Pengukuran kekeruhan dapat dilakukan secara kuantitatif menggunakan alat turbidimeter yang dinyatakan dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*), sehingga menghasilkan data yang lebih objektif dan dapat dibandingkan antarperlakuan (Hardiawanto *et al.*, 2024).

Parameter lain yang dapat digunakan adalah *total dissolved solids* (TDS), yang menunjukkan jumlah zat terlarut dalam larutan *eco enzyme* sebagai hasil

degradasi bahan organik. Peningkatan nilai TDS mencerminkan meningkatnya konsentrasi senyawa terlarut dan tingkat kematangan fermentasi. Selain itu, kadar alkohol juga menjadi indikator tahap fermentasi, karena alkohol merupakan produk antara hasil fermentasi gula yang selanjutnya akan teroksidasi menjadi asam organik. Volume cairan yang dihasilkan juga menjadi parameter pendukung karena dipengaruhi oleh komposisi bahan organik dan efisiensi proses fermentasi, di mana volume yang relatif stabil menunjukkan proses fermentasi berlangsung secara normal (Suprayogi *et al.*, 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Munir dkk. (2021) mengenai karakteristik fisikokimia ekoenzim limbah kulit jeruk pamelito dengan variasi gula menunjukkan bahwa parameter fisik dan kimia seperti warna, aroma, dan pH dapat digunakan untuk menggambarkan kondisi hasil fermentasi *eco enzyme*. Perbedaan perlakuan, dalam hal ini variasi gula, memengaruhi karakteristik fisikokimia yang dihasilkan. Temuan tersebut menjadi dasar bahwa perbedaan faktor bahan baku maupun komposisi fermentasi berpotensi memengaruhi kualitas fisikokimia *eco enzyme*. Oleh karena itu, penelitian ini mengadaptasi pendekatan fisikokimia yang sama, namun dengan variabel perlakuan berupa perbedaan jenis bahan organik, untuk menilai kualitas fisikokimia *eco enzyme* yang dihasilkan.