

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Eco-enzyme*

1. Pengertian *eco-enzyme*

Eco-enzyme merupakan cairan organik kompleks yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan organik, gula, dan air. *Eco-enzyme* cenderung berwarna coklat muda dan keruh, tergantung bahan organik yang digunakan sebagai bahan baku fermentasi. Bahan organik yang digunakan untuk pembuatan *eco-enzyme* dapat berupa sampah organik seperti sampah sayuran maupun sampah buah-buahan. Oleh karena itu *eco-enzyme* dapat digunakan sebagai cara pengolahan sampah organik (Pratamadina and Wikaningrum, 2022). *Eco-Enzyme* dikembangkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong-Thailand. Dr. Rosukon telah melakukan penelitian selama 30 tahun. Menurut Dr. Rosukon Poompanvong, *eco-enzyme* dilihat sebagai cairan sejuta manfaat. *Eco-enzyme* adalah alternatif alami dari bahan kimia sintetis berbahaya di rumah. Dengan membuat *eco-enzyme*, kita mengurangi produksi limbah kimia sintetis dan sampah plastik sisa kemasan produk rumah tangga pabrikan. Dengan membuat *eco-enzyme*, kita telah berpartisipasi mengurangi beban bumi sekaligus menerapkan gaya hidup minim kimia sintetis (Wijayanto, Pangestu and Prasetyo, 2023).

2. Proses pembuatan *eco-enzyme*

Eco-enzyme adalah cairan multifungsi yang dihasilkan dari proses fermentasi tiga bulan dengan bahan sederhana, gula merah/tetes tebu, limbah atau sampah organik dengan menggunakan komposisi 1:3:10. Selama proses fermentasi *eco-enzyme* akan menghasilkan ozon dan oksigen yang setara

dengan yang dihasilkan oleh 10 pohon (Zultaqawa, Firdaus and Aulia, 2023). Dalam pembuatannya, *eco-enzyme* membutuhkan container berupa wadah yang terbuat dari plastik, penggunaan bahan yang terbuat dari kaca sangat dihindari karena dapat menyebabkan wadah pecah akibat aktivitas mikroba fermentasi. *Eco-enzyme* tidak memerlukan lahan yang luas untuk proses fermentasi seperti pada pembuatan kompos dan tidak memerlukan bak komposter dengan spesifikasi tertentu. Jenis sampah organik yang diolah menjadi *eco-enzyme* hanya sisa sayur atau buah yang mentah. Fermentasi yang menghasilkan alkohol dan asam asetat yang bersifat disinfektan hanya dapat diaplikasikan pada produk tanaman karena kandungan karbohidrat (gula) di dalamnya. Proses pembusukan dan fermentasi daging berbeda dengan tanaman. Daging akan cepat membusuk dan menghasilkan patogen pada suhu yang tidak teregulasi. Jika ingin membuat *eco-enzyme*, atau ingin sampah organik Anda diolah oleh agen sampah, pastikan sampah sisa sayur dan buah terpisah dari sampah organik atau non-organik lainnya. Sampah organik yang tidak layak untuk dipakai untuk pembuatan *eco-enzyme* antara lain; daun-daun kering dari sampah kebun atau pertanian, daun pisang dan batang pisang, batok kelapa, ampas tebu, kepala nanas, kulit singkong, kulit ubi, talas, biji-bijian besar seperti biji mangga, durian dan lain-lain. Kemudian sampah dapur yang sudah terkena minyak atau yang sudah berada ditempat pembuangan sampah umum. Selama proses fermentasi berlangsung selama tiga bulan. Bulan pertama, akan dihasilkan alkohol, kemudian pada bulan kedua akan menghasilkan cuka dan pada bulan ketiga menghasilkan enzim. Pada bulan ketiga, *eco-enzyme* sudah bisa dipanen. Caranya adalah dengan menyaring menggunakan kain yang sudah tidak terpakai

atau baju juga bisa digunakan untuk saringan (Meil and ani Prasatio¹ , Tia Ristiawati², 2021).

3. Fungsi dan manfaat *eco-enzyme*

Eco-enzyme mengandung sejumlah bakteri yang bermanfaat untuk mengurai limbah organik, seperti bakteri asam laktat, bacillus, dan lactobacillus. Selain itu, *eco-enzyme* juga memiliki manfaat lainnya, seperti dapat digunakan sebagai pupuk organik untuk tanaman, pembersih rumah tangga, dan bahan penghilang bau tak sedap. Manfaat lainnya yaitu memiliki aktivitas antibakteri *Enterococcus faecalis* sehingga dapat digunakan untuk perawatan gigi (Mavani *et al.*, 2020). Penggunaan *eco-enzyme* juga dapat membantu mengurangi emisi gas rumah kaca karena limbah organik yang diolah dengan *eco-enzyme* tidak akan membusuk dan mengeluarkan gas metana, yang merupakan salah satu penyebab utama pemanasan global. *Eco-enzyme* dapat membantu mengurangi limbah organik yang dihasilkan oleh dapur, seperti sisa-sisa makanan dan sayuran yang sudah tidak segar (Istanti and Utami, 2022). *Eco-enzyme* mengandung enzim yang berguna dalam mempercepat reaksi biokimia di alam. Enzim dari *eco-enzyme* dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pupuk cair organik tanaman, campuran deterjen, pembersih lantai, pembersih sisa pestisida, dan pembersih kerak. Penggunaan *eco-enzyme* sebagai pupuk cair organik dapat membantu meningkatkan produktivitas tanaman dan memperbaiki kualitas tanah. Selain itu, penggunaan *eco-enzyme* sebagai bahan pembersih juga dapat membantu mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan merusak lingkungan (Produk *et al.*, 2023).

4. Faktor yang memengaruhi kualitas *eco-enzyme*

Kualitas *eco-enzyme* ditentukan oleh jenis bahan organik, tipe sumber karbohidrat, aktivitas mikroba, serta kondisi fermentasinya. Variasi bahan baku berpengaruh besar karena setiap jenis buah memiliki komposisi kimia yang menghasilkan karakteristik berbeda. Dalam penelitian Agrisaintifika disebutkan bahwa “pH berada pada rentang 3,5 - 4,0; sedangkan kadar nitrogen, fosfor dan kalium dipengaruhi oleh jenis kulit buah yang digunakan” (Illahi, Kurniasih and Sari, 2023). Sumber gula juga memengaruhi mutu fermentasi karena gula berperan sebagai substrat utama bagi mikroorganisme. Durasi fermentasi menjadi faktor lain yang berperan penting, laporan dari parapemikir menyebutkan bahwa “fermentasi selama lima bulan menghasilkan daya hambat terbesar terhadap bakteri *Escherichia coli* yaitu 17,6 mm” (Tivani, Santoso and Zaidaturriziq, 2025). Selain itu, keberagaman mikroorganisme selama fermentasi memengaruhi produksi asam organik. Parameter fisik seperti warna, aroma dan pH kerap dijadikan penanda kualitas. Studi pada *eco-enzyme* nenas dan pepaya melaporkan bahwa “pH berada pada rentang 3,15–3,29, menunjukkan fermentasi berlangsung optimal” (Rochyani, Utpalasari and Dahliana, 2020). Secara keseluruhan, mutu *eco-enzyme* bergantung pada perpaduan komposisi bahan, sumber karbohidrat, mikroorganisme, waktu fermentasi, serta kondisi proses yang menentukan pH, aktivitas enzim, warna, aroma, dan kemampuan antibakteri produk akhirnya.

B. Proses Fermentasi pada *Eco-enzyme*

1. Konsep dasar fermentasi

Durasi fermentasi *eco-enzyme* tidak bersifat mutlak selama tiga bulan, melainkan dapat disesuaikan tergantung pada kondisi lingkungan dan jenis bahan organik yang digunakan. *Eco-enzyme* sebagai desinfektan dibuat dengan waktu fermentasi 8 -10 hari telah menghasilkan kadar alkohol sebesar 60-70% dan pH di bawah 4.0. Rendahnya nilai pH pada *eco-enzyme* mencerminkan tingginya kandungan asam organik, seperti asam asetat dan asam sitrat. Ketika digunakan sebagai desinfektan, *eco-enzyme* mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* secara signifikan dengan kisaran zona hambat antara 31,85 hingga 34,41 mm, yang tergolong dalam kategori sangat kuat. Kandungan utama *eco-enzyme* berupa asam asetat berperan dalam membunuh mikroorganisme seperti kuman, virus, dan bakteri, serta mengandung enzim-enzim aktif seperti lipase, tripsin, dan amilase (Regency, 2024). Hasil fermentasi *eco-enzyme* selama tiga bulan mengandung senyawa aktif sekunder, di antaranya alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin. Senyawa-senyawa tersebut dikenal memiliki aktivitas biologis yang bermanfaat, termasuk sebagai antioksidan, antibakteri, dan anti jamur (Rusdianasari *et al.*, 2021)

2. Peran karbohidrat dalam fermentasi

Karbohidrat memiliki peran penting sebagai substrat utama bagi mikroorganisme dalam proses fermentasi dalam pembuatan *eco-enzyme*. Dalam proses fermentasi *eco-enzyme*, senyawa gula dari bahan seperti molase atau gula dipecah melalui jalur glikolisis menjadi senyawa seperti piruvat, serta kemudian dalam kondisi anaerobik sehingga dapat dikonversi menjadi etanol dan asam

organik seperti asam asetat dan asam laktat (Panataria *et al.*, 2022). Hasil dari fermentasi dapat menurunkan pH *eco-enzyme*, meningkatkan kandungan dari asam organik dan dapat memicu pembentukan *enzyme* seperti amilase, lipase dan protease yang dapat menentukan karakteristik fungsional *eco-enzyme* (Gumilar *et al.*, 2025). Jenis karbohidrat awal memengaruhi laju fermentasi dan kualitas *eco-enzyme* dan kadar karbohidrat yang cukup bisa memastikan pertumbuhan mikroorganisme optimal, sementara kelebihan ataupun kekurangan dapat menghambat aktivitas enzimatik serta dapat menimbulkan kontaminasi mikroba lain (Liubana *et al.*, 2023)

3. Jenis mikroorganisme yang berperan

Proses fermentasi *eco-enzyme* merupakan aktivitas biologi yang melibatkan beragam mikroorganisme seperti bakteri, ragi, dan kapang yang bekerja bersama dalam menguraikan bahan organik menjadi senyawa-senyawa bioaktif. Salah satu kelompok mikroba yang dominan adalah bakteri asam laktat (Lactic Acid Bacteria/LAB), misalnya *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, dan *Pediococcus* sp. Mikroorganisme ini berperan mengubah gula menjadi asam laktat yang menyebabkan penurunan pH selama proses fermentasi. Kondisi tersebut membantu menghambat pertumbuhan mikroba patogen serta berfungsi sebagai pengawet alami (Buah and Rimpang, 2023). Dalam tahap awal fermentasi, kelompok mikroorganisme ragi atau khamir seperti *Saccharomyces* sp. berperan mengubah karbohidrat sederhana menjadi alkohol dan karbondioksida, yang kemudian dioksidasi lebih lanjut oleh bakteri asam asetat (*Acetobacter* sp.) menjadi asam asetat (Canny, Lubis and Hasfita, 2025). Kehadiran berbagai mikroorganisme dalam proses fermentasi memberikan

kontribusi terhadap terbentuknya aroma khas, tingkat keasaman, serta aktivitas antibakteri pada *eco-enzyme*. Interaksi antarmikroba yang terjadi bersifat saling mendukung (sinergis), di mana ragi berperan menghasilkan alkohol yang kemudian dimanfaatkan oleh bakteri asam asetat untuk membentuk asam organik, sedangkan bakteri asam laktat berfungsi menstabilkan pH agar kondisi fermentasi tetap optimal. Dengan demikian, kombinasi bakteri, khamir, dan cendawan menjadi unsur penting yang memengaruhi karakteristik fisik dan kimia dari *eco-enzyme* yang dihasilkan.

C. Sumber Karbohidrat dalam Pembuatan *Eco-enzyme*

1. Molase tebu

Molase tebu atau tetes tebu merupakan produk sampingan dari proses pembuatan gula tebu (*Saccharum officinarum*) yang masih mengandung kadar glukosa dan berbagai nutrisi penting dalam jumlah tinggi. Bahan ini dihasilkan setelah proses ekstraksi dan kristalisasi gula, sehingga walaupun dianggap limbah, molase tetap memiliki nilai ekonomi karena harga bahan bakunya relatif murah dan mudah diperoleh di pasaran. Secara umum, molase mengandung sebagian besar gula, asam amino, serta berbagai mineral dengan tingkat keasaman (pH) berkisar antara 4,5 hingga 5,6. Kandungan sukrosa dalam tetes tebu bervariasi antara 25–40%, sedangkan kadar gula pereduksi berkisar antara 12–35%. Komponen penting yang menentukan kualitas molase dikenal dengan istilah TSAI (*Total Sugar as Inverti*), yaitu total kandungan gula yang berasal dari gabungan sukrosa dan gula reduksi. Nilai TSAI pada molase biasanya berada pada kisaran 50–65%, dan angka ini sangat berperan penting dalam industri fermentasi karena semakin tinggi nilai TSAI, maka semakin besar pula potensi

molase untuk dimanfaatkan sebagai substrat fermentasi yang efisien dan produktif (Permata Cika *et al.*, 2022).

2. Gula aren

Gula aren mengandung antioksidan dalam jumlah yang cukup besar, dan antioksidan ini berpotensi untuk menetralkan radikal bebas sehingga dapat membantu melindungi tubuh dari risiko penyakit serius seperti kanker kulit. Pada proses fermentasi, gula merah mempunyai peran yang sangat penting dalam pembuatan *eco-enzyme*, karena sukrosa yang terkandung dalam gula berfungsi sebagai bahan makanan bagi bakteri. Semakin tinggi kandungan sukrosa yang tersedia, maka hasil volume fermentasi pun akan semakin besar. Gula aren memiliki kandungan sukrosa sebesar 75,8% dan gula pereduksi sekitar 11,8%. Selain itu, gula aren mengandung protein sebanyak 1,5%, fosfor 1,37%, dan lemak 1,7%. Jika dibandingkan dengan gula kelapa, gula aren mempunyai kadar air yang lebih rendah yakni 9,16%, sedangkan gula kelapa memiliki kadar air sekitar 10,92% (Karlita, 2023)

3. Gula kelapa

Gula kelapa memiliki kandungan sukrosa sebesar 84,3% dan gula pereduksi sebesar 6,0%. Selain itu, gula kelapa juga mengandung protein sejumlah 2,9 %, fosfor 0,37% serta lemak sebesar 1,9%. Gula kelapa memiliki cita rasa yang khas sehingga penggunaannya tidak bisa digantikan oleh jenis gula yang lain. Selain berfungsi sebagai pemberi rasa manis dalam olahan makanan, gula kelapa juga berfungsi untuk memberikan warna coklat yang menarik pada makanan. Selain itu, gula ini memiliki tingkat kemanisan yang relatif tinggi yaitu sekitar 10 % dibandingkan gula pasir yang disebabkan oleh kandungan fruktosa

dalam gula kelapa yang tingkat kemanisannya lebih tinggi dibanding sukrosa. Selain memiliki tingkat kemanisan yang tinggi, gula kelapa juga mengandung sejumlah asam organik sehingga rasanya cenderung lebih asam. Hal inilah yang menyebabkan gula kelapa memiliki aroma unik, aroma karamel, dan cenderung lebih asam (Karlita, 2023).

D. Kualitas *Eco-enzyme*

1. Kualitas fisik

a. Warna

Warna pada *eco-enzyme* yang baik umumnya mencerminkan bahwa proses fermentasinya telah berjalan dengan benar dan mencapai tahap kematangan. Beberapa hasil penelitian di Indonesia juga menunjukkan bahwa warna *eco-enzyme* yang dinilai memenuhi kualitas berada pada kisaran coklat muda hingga coklat tua, yang sangat dipengaruhi oleh jenis bahan organik yang digunakan dan lamanya proses fermentasi. Warna tersebut menjadi indikator visual yang sering digunakan untuk memastikan bahwa tahapan fermentasi berlangsung secara stabil (Hidayah, Irianto and Mulyati, 2025)

b. Aroma

Aroma pada *eco-enzyme* menjadi salah satu penanda penting untuk menilai keberhasilan proses fermentasi. Produk *eco-enzyme* yang berkualitas biasanya menunjukkan aroma asam yang segar, sering kali masih menyerupai wangi buah yang menjadi bahan dasarnya, serta tidak menimbulkan bau tidak sedap. Aroma yang muncul ini berfungsi sebagai indikator bahwa aktivitas mikroorganisme berlangsung secara normal tanpa adanya kontaminasi yang dapat mengganggu jalannya fermentasi (Hidayah, Irianto and Mulyati, 2025)

2. Kualitas kimia

a. pH

pH menjadi salah satu indikator penting dalam menilai mutu *eco-enzyme*, karena tingkat keasamannya menggambarkan keberhasilan proses fermentasi serta aktivitas mikroorganisme yang terlibat selama tahapan tersebut berlangsung. Berbagai penelitian di Indonesia menyatakan bahwa *eco-enzyme* yang bermutu baik memiliki pH bersifat asam, yaitu berada pada nilai ≤ 4 . Pernyataan ini ditegaskan dalam *Jurnal Teknologi Politeknik Negeri Lhokseumawe*, yang menyebutkan bahwa “karakteristik *eco-enzyme* yang baik adalah yang memiliki pH di bawah 4 atau sama dengan 4” (Bambang Widjanarko, Putri Aulia and Khoirunnisa, 2023). Kesimpulan tersebut konsisten dengan temuan dari penelitian yang dilakukan di Poltekkes Denpasar, di mana hasil fermentasi *eco-enzyme* berbahan kulit buah menunjukkan nilai pH rata-rata 3,68, dan para peneliti menegaskan bahwa angka tersebut “memenuhi standar baik pembuatan *eco enzyme* yaitu pH di bawah 4,0” (Putri *et al.*, 2024).