

TINJAUAN ECO-ENZYME DARI SUDUT PANDANG MIKROBIOLOGI

Farida Yuliani, Endang Dewi Murrinie, Fazat Fairuzia
Universitas Muria Kudus

farida.yuliani@umk.ac.id, dewi.murrinie@umk.ac.id, fazat.fairuzia@umk.ac.id

ABSTRAK

Eco-Enzyme (EE) merupakan cairan multi fungsi hasil fermentasi dari Mikroba anaerob pada limbah organik (khususnya limbah buah buahan dan sisa sayuran) yang diberi tambahan air dan gula merah. Proses fermentasi berlangsung minimal 3 bulan. EE dapat dimanfaatkan untuk perbaikan lingkungan serta untuk kesehatan hewan, manusia dan tumbuhan. Proses fermentasi yang terjadi secara anaerobik meliputi fermentasi asam laktat, alkohol, asam asetat, asam sitrat dan asam butirat. Sehingga hasil akhir EE berupa cairan berwarna coklat beraroma asam segar dengan pH antara 3-4. Mikroba yang terlibat dalam fermentasi dapat berupa fungi atau bakteri anaerob. Pada artikel ini diuraikan tentang proses mikrobiologi yang terjadi selama pembuatan EE dan proses yang terjadi jika EE digunakan untuk menjernihkan air dan udara, untuk kebersihan mulut dan badan serta untuk kesehatan tanah dan tanaman.

Kata Kunci : fermentasi anaerob, fungi anaerob, bakteri anaerob, kulit buah, sisa sayuran

PENDAHULUAN

Eco-enzyme (untuk selanjutnya disingkat EE) merupakan enzim ramah lingkungan yang dikembangkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong yang memperoleh gelar doktornya dalam bidang pengobatan alternatif sekaligus pendiri *Health Farm* dan Asosiasi Pertanian Organik Thailand pada tahun 1984. Dr. Rosukon telah aktif terlibat dalam penelitian enzim selama lebih dari 30 tahun (Ijong, 2020) dan telah mengungkapkan sepenuhnya rahasia pembuatan dan pemanfaatan enzim dengan semangat welas asih, dan telah mempromosikan masyarakat untuk membuat enzim ramah lingkungan di rumah guna memulihkan lapisan ozon yang rusak dan mengurangi pemanasan global. Dr. Rosukon bekerja bersama para petani di seluruh Thailand dan Eropa, telah berhasil menanam dan menghasilkan produk pertanian berkualitas tinggi tanpa menggunakan pupuk buatan dan tanpa mengorbankan lingkungan (<https://www.enzymesos.com/>)

Pembuatan EE dengan menggunakan bahan dasar limbah sayur dan buah sangat membantu dalam mengurangi kerusakan lingkungan akibat pembuangan limbah organik. Organisasi Pangan dan Pertanian Perserikatan

Bangsa-Bangsa (FAO) memperkirakan bahwa kehilangan dan pemborosan dalam mengonsumsi buah-buahan dan sayuran dapat mencapai hingga 60%. dan yang tertinggi di antara semua jenis makanan. Pengolahan buah dan sayuran menghasilkan limbah sampingan yang signifikan, sekitar 25% hingga 30% dari seluruh kelompok komoditas. Limbah terutama terdiri dari biji, kulit biji, kulit buah, yang mengandung sumber senyawa bioaktif yang berpotensi berharga, seperti karotenoid, polifenol, serat makanan, vitamin, enzim, dan minyak (Sagar *et al.*, 2018) dan Dr. Rosukon telah memanfaatkannya untuk membuat EE.

METODE PENELITIAN

Pembuatan EE dilaksanakan menggunakan metode fermentasi. Bahan utama pembuatan EE adalah limbah dapur (bahan organik) , gula merah, dan air sesuai dengan rasio 3:1:10 (Arifin *et al.*2009, Yuliani, 2022, Pompavoong *et al* , 2021) Peralatan yang digunakan untuk pembuatan EE adalah timbangan atau takaran, alat pemotong (pisau atau gunting), wadah fermentasi. Adapun alat untuk memanen dan menampung hasil EE adalah corong, saringan dan botol plastik bekas yang sudah dibersihkan. Bahan yang digunakan meliputi gula merah atau molase 1 bagian, sampah organik yang berupa kulit buah dan sisa sayuran mentah 3 bagian, serta air 10 bagian. Jadi perbandingan antara molase, bahan organik, dan air adalah 1 : 3 :10 (Septiani *et al.*, 2021). Jumlah air maksimal yang harus ditambahkan adalah 60% dari kapasitas wadah. Sebagai contoh jika akan membuat EE menggunakan wadah jerigen berukuran 5 liter, maka jumlah air yang perlu ditambahkan adalah 60% dari 5 liter yaitu 3 liter (3 kg). Berat jenis air adalah 1 sehingga 3 liter air dianggap 3 kg (d 10 bagian), maka gula merah yang diperlukan adalah 1 bagian atau 3 ons (berasal dari $3/10 \text{ kg} \times 1 = 0,3 \text{ kg}$ atau 3 ons) dan bahan organik yang dibutuhkan adalah 3 bagian ($3/10 \text{ kg} \times 3 = 0,9 \text{ kg}$ atau 9 ons). Yuliani *et al.*, (2022). Namun apabila menggunakan sampah organik berupa kulit buah buahan dan limbah sayuran secara bersamaan maka perbandingan antara kulit buah dan sayur adalah 80%

berbanding 20%. Penggunaan sayur yang terlalu banyak akan membuat larutan EE beraroma kurang sedap. Bahan-bahan dimasukkan ke dalam wadah fermentasi, kemudian diaduk secara perlahan sampai gula larut di dalam air. Wadah ditutup rapat dan disimpan di tempat kering dalam suhu ruangan. Cairan dibiarkan terfermentasi selama minimal 3 bulan. Lama pembuatan EE adalah tiga bulan di wilayah tropis dan enam bulan di wilayah sub-tropis (Poompanvong *et al.*, 2021).

Pada proses pembuatan EE dibutuhkan bahan air, gula dan bahan organik. Ketiga bahan tersebut merupakan sumber energi dan makanan bagi mikroba yang akan melangsungkan proses fermentasi. Proses fermentasi tidak akan terjadi jika tidak ada mikroba. Di bawah ini dibahas mengenai fungsi masing-masing bahan pada proses pembuatan EE sampai bahan tersebut terfermentasi menjadi EE. Terdapat berbagai strategi yang efektif yang diadopsi mikroba untuk mendeteksi dan pemanfaatan substrat bahan organik. Namun semua tidak terlepas dari peran enzim, sebagai biokatalisator dalam reaksi tersebut.

AIR

Air merupakan sumber kehidupan yang utama bagi mikroba, jika tidak ada air pertumbuhan mikroba menjadi tidak aktif (dorman) (Galloway, 2018). Air bertindak sebagai pengawet yang dapat menjaga integritas jangka panjang dan kelangsungan hidup sel mikroba. Berbagai mekanisme dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut (Hallsworth, 2022). Mikroba mengambil air dengan cara memindahkannya melintasi membran sel. Mekanisme gerakan air bergantung pada gradien aktivitas air. Air yang bergerak dari lingkungan dengan aktivitas air tinggi di luar sel ke lingkungan aktivitas air rendah di dalam sel. Ketika aktivitas air di luar sel menjadi cukup rendah menyebabkan sel tidak dapat mengambil air dan sel menjadi tidak aktif. Keadaan ini tidak menyebabkan mikroba mati tetapi hanya menjadi tidak dapat tumbuh. Beberapa jenis mikroba dan ragi telah beradaptasi dengan tingkat aktivitas air yang sangat rendah.

BAHAN ORGANIK (BO).

BO dapat dimanfaatkan untuk mendukung pertumbuhan mikroba. (Arifin *et al.*, 2009). BO kompleks (makromolekul) dalam cairan fermentasi merupakan substrat dari enzim ekstraseluler mikroba dan merupakan sumber energi, karbon, dan nutrisi potensial yang dibutuhkan untuk pemeliharaan dan pertumbuhan sel bakteri dan jamur. Selulosa dan lignin adalah dua biopolimer yang paling banyak dan berlimpah dalam BO. Namun, bakteri dan jamur tidak memiliki kemampuan untuk mengangkut makromolekul ke dalam sitoplasma. Sebaliknya bakteri dan jamur tergantung pada aktivitas enzim ekstraseluler yang menghasilkan senyawa dengan berat molekul rendah yang mudah larut dalam air dan dikenali oleh reseptor dinding sel mikroba untuk diangkut ke dalam sel (Burns and Wallenstein, 2010).

BO yang umumnya merupakan limbah buah dan sayur, memiliki komposisi kimia berupa karbohidrat, lemak, protein, mineral, berpotensi menjadi sumber senyawa bioaktif berharga yang baik, termasuk nutrisi fungsional, amilopektin, fitokimia, vitamin, enzim, serat makanan, dan minyak (Basri *et al.*, 2021). BO juga merupakan sumber enzim yang dapat membantu memecah makromolekul menjadi molekul sederhana. Penggunaan BO yang banyak macam akan menjadikan kandungan enzim dan kandungan bahan aktif dalam EE semakin banyak dan lengkap (Srihadyastutie, 2021)., Beberapa contoh limbah sebagai substrat untuk produksi enzim diuraikan di bawah ini.

Jeruk

Kulit berbagai spesies jeruk adalah sumber alami berharga dari beragam senyawa bioaktif, termasuk polifenol, pektin, protein, pigmen, serat makanan, dan minyak esensial. Selain itu dapat digunakan sebagai pewarna makanan, penyedap, dan zat pengental. Limbah jeruk dan pisang sering digunakan sebagai pemberi aroma harum pada hasil EE (Wedamulla,2022). Serbuk limbah jeruk untuk memproduksi α -amilase dengan bantuan jamur *Aspergillus niger* ATCC16404

Pepaya

Pada bagian buah, daun dan batang pepaya terdapat getah putih yang mengandung enzim proteolitik atau enzim pemecah protein yang disebut enzim papain (Dominggus dkk, 2015). Selain mengandung enzim proteolitik, papain di dalam getah pepaya juga mengandung lebih dari 50 asam (Prihatini & Dewi 2021).

Nanas

Nanas adalah buah yang mengandung enzim protease konsentrasi tinggi (Bromelian) dan merupakan sumber protease bromelin alami yang potensial pada tahap matang. Enzim protease ini dapat diekstraksi dari buahnya atau bahkan dari bagian yang tidak dapat dimakan yang biasanya dianggap sebagai limbah industri (Silvestre *et al.*, 2012). Protease mengacu pada kelompok enzim yang mengkatalisis hidrolisis (pemecahan) ikatan peptida pada protein (Tap *et al.*, 2016). Bromelain tidak ada selama tahap awal perkembangan buah, tetapi kadarnya meningkat dengan cepat dan tetap tinggi hingga pemasakan, ketika kandungannya sedikit berkurang (Silvestre *et al.*, 2012). Pada EE yang terbuat dari bahan kulit buah nanas, biasanya akan dihasilkan media enzim (bacterial cellulosa) dari bakteri asam asetat *Acetobacter xylinum* (Srihardiastutie, 2021).

Limbah Sayur

Limbah sayuran merupakan substrat untuk menghasilkan enzim selulase oleh *Bacillus spp.*. Kulit kentang ternyata merupakan sumber karbon yang baik bagi jamur *Aspergillus niger* untuk menghasilkan enzim selulase (dos Santos *et al.*, 2012)

Pisang

Pisang merupakan substrat untuk menghasilkan enzim selulase. Campuran bakteri *Cellulomonas carta*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas putida*, dan *Pseudomonas fluorescence* dicampur dengan limbah padat pisang menunjukkan peningkatan jumlah selulase (Dabhi *et al.*, 2014).

GULA dan KARBOHIDRAT

Sumber gula dan karbohidrat (KH) pada proses pembuatan EE dapat berasal dari gula merah atau molase yang ditambahkan dan bahan organik (kulit buah atau sayuran) yang digunakan. Gula dan KH lainnya merupakan sumber energi bagi mikroba. Gula yang sering dianjurkan untuk pembuatan EE adalah gula merah dan atau molase. Gula aren (gula merah) diketahui mengandung nutrisi lebih banyak dibandingkan dengan gula pasir putih dan *brown sugar*. Beberapa nutrisi yang terkandung di dalam gula aren adalah kalium, zat besi, serat, magnesium magnesium, dan antioksidan. Selain itu itu, gula aren mengandung lemak dan indeks glikemik yang lebih rendah dibandingkan gula pasir. kandungan nutrisi tersebut tersedia dengan kadar yang kecil. Satu-satunya nutrisi dalam gula aren yang kadarnya tinggi adalah kalium (Srihardyastutie 2021).

Kandungan 100 gram molase menurut USDA Food Comparison Database adalah : Air: 21,87 g Lemak 0,1 g, Karbohidrat, 74,73 g Kalsium 305 mg, Cholin (protein) 13,3 mg Vitamin B5 0,804 mg Besi 4,72 mg Fosfor, 31 mg Vitamin B3 0,93 mg , Kalium 146,4mg, Selenium, 17,8 ug, Vitamin B6 0,67 mg. lainnya 3,3

g. Dalam 100 g gula aren terdapat Kalsium: 90 mg zat besi: 4 mg sisanya karoten Vitamin A, B12, C, E Float Garam mineral Protein kasar.

SUMBER MIKROBA PADA PEMBUATAN EE

Pada pembuatan EE tidak digunakan kultur murni mikroba yang berasal dari laboratorium tetapi bawaan dari air, gula atau dari bahan organik itu sendiri. Bakteri bebas dapat menempel pada bahan tersuspensi seperti mikrogel dan partikel bahan organik yang membentuk agregat besar yang tenggelam dan mengangkut bakteri ke air yang lebih dalam atau dengan cara lain bakteri bebas dapat menempel pada organisme yang lebih dan motil, tetapi kasat mata yang bermigrasi secara horizontal dan vertikal, mengangkut bakteri masuk ke cairan (Grossart, 2010).

Mikroba memiliki waktu hidup yang singkat dan terbatas, sehingga suatu spesies hanya dapat mempertahankan populasinya dengan

cara tetap melakukan pertumbuhan. Pertumbuhan mikroba didefinisikan sebagai penambahan dalam jumlah sel. Mikroba dalam wadah akan berkembangbiak dengan cepat pada awal proses fermentasi. Jika nutrisi sudah mulai sedikit maka pertumbuhan menjadi stagnan (stasioner) dan akhirnya mati. Laju perbanyakan bakteri bervariasi didasarkan pada spesies dan kondisi pertumbuhannya,. Dalam kondisi optimal, bakteri akan membelah setiap 20 menit sekali artinya bakteri mempunyai waktu generasi 20 menit Dengan waktu tersebut maka sebuah sel dapat menghasilkan beberapa juta sel selama 7 jam jika kondisi atau lingkungan pertumbuhan sesuai.

Di dalam cairan fermentasi, mikroba akan tumbuh dan berkembang dengan menguraikan bahan organik yang ada dalam substrat seperti gula, air dan bahan organik, Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroba dapat berupa faktor abiotik (fisikawi maupun kimiawi) dan faktor biotik (meliputi kehidupan aksenik dan adanya asosiasi kehidupan dengan makhluk hidup lain yang terdapat) di dalam cairan fermentasi. Faktor abiotik diantaranya temperatur, pH, kebutuhan air, tekanan osmosis dan oksigen molekuler.

Tingkat keasaman, berpengaruh pada perkembangan bakteri. Kondisi keasaman yang baik untuk bakteri yaitu 4,5 – 5,5.. Cairan dengan kandungan asam biasanya akan tahan lama, namun jika jumlah oksigen cukup dan fungi dapat tumbuh maka fermentasi akan berlangsung terus yang membuat daya awet dari asam akan hilang. Namun diantara semua mikroba hanya yeast (ragi) seperti spesies *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kudriavzevii*, dan *Yarrowia lipolytica* yang tahan terhadap pH rendah dan sukses digunakan untuk produksi asam asetat (Lund *et al.*,2020)

Perombakan bahan organik yang terdapat pada proses pembuatan EE dilakukan oleh mikroba aerob (pada tahap awal dan jika oksigen habis maka perombakan akan dilanjutkan oleh mikroba anaerob, ketika masih terdapat oksigen, dalam wadah, maka akan terjadi proses pemecahan makromolekul oleh mikroba aerob menjadi molekul sederhana. Seperti

selulosa yang ada dalam kulit buah dirombak menjadi molekul sederhana yaitu glukosa. atau fruktosa yang terkandung pada bahan organik dan gula merah, akan dirombak menjadi laktosa dan glukosa. Selanjutnya jika oksigen habis maka akan terjadi proses fermentasi. EE berbau asam segar karena mengandung asam organik yang sesuai dengan jenis bahan organik yang ditambahkan dalam pembuatan EE. Misal digunakan kulit buah nanas maka akan terbentuk asam asetat (cuka), karena buah nanas merupakan habitat bakteri *Acetobacter xylinum* yang dapat menguraikan karbohidrat menjadi asam asetat. (Mamlouk and Gullo , 2013).

Salah satu bakteri yang tumbuh dalam pembuatan EE adalah bakteri asam laktat (BAL) yaitu *Lactobacillus sp* yang mengubah oksigen menjadi senyawa hidrogen peroksida (H_2O_2). Senyawa tersebut akan bersifat toksik atau beracun pada bakteri patogen atau bakteri berbahaya yang tumbuh di larutan EE. Namun dalam dosis rendah, hidrogen peroksida juga berguna untuk desinfektan. Proses berlangsung dalam wadah tertutup dan kedap udara (Srihardyastutie, 2021). BAL adalah produsen asam laktat alami terbaik tetapi BAL memiliki kelemahan utama yaitu pertumbuhannya menurun pada nilai pH lebih rendah dari 5 (Lund *et al.*,2020).

FERMENTASI

Fermentasi menurut Taveira *et al.*(2021)didefinisikan sebagai suatu proses dimana gula diubah menjadi produk baru melalui reaksi kimia yang dilakukan oleh mikroba. Jadi proses fermentasi mengacu pada aktivitas Mikroba (Arifin *et al.*, 2009). Secara umum, semua hasil akhir fermentasi biasanya mengandung senyawa yang lebih sederhana dan mudah dicerna dibandingkan dengan bahan aslinya (Darmadi *et al.*,2020). Dalam perombakan tersebut akan dihasilkan energi (Ezemba *et al.*,2022).

Ada 3 tipe Fermentasi (Taveira *et al.*,2021; Ezemba, 2022)

Fermentasi asam laktat

Fermentasi asam laktat dimulai dengan gula yang disebut laktosa yang diperoleh dari hasil perombakan bahan organik oleh fungi dan bakteri. Beberapa Mikroba, yang dikenal sebagai bakteri asam laktat, menggunakan

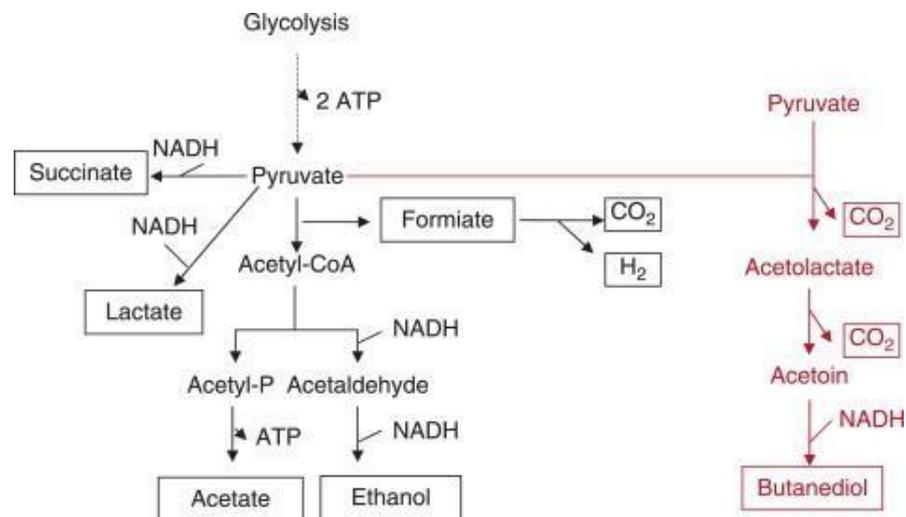
laktosa untuk mendapatkan energi. Fermentasi satu molekul laktosa menghasilkan dua molekul asam laktat, dua molekul ATP (sumber energi paling berguna pada makhluk hidup) dan dua molekul air.

Dalam fermentasi asam laktat, Strain ragi dan bakteri mengubah pati atau gula yang terdapat dalam bahan organik menjadi asam laktat. Reaksi ini tidak memerlukan panas. *Bakteri Lactobacillus sp* adalah spesies yang paling umum digunakan dalam industri untuk fermentasi asam laktat. Orang kuno selalu menggunakan fermentasi untuk mengawetkan makanan. Hal ini dimungkinkan karena produksi asam laktat, mampu menghambat pertumbuhan mikroba lain yang tidak diinginkan (Ezemba, 2022).

Fermentasi Etanol / Alkohol: ragi memecah molekul piruvat (produk akhir glikolisis) menjadi molekul alkohol dan karbon dioksida (CO₂) untuk menghasilkan anggur dan bir.

Fermentasi Asam Asetat: Fermentasi pati, gula dari biji-bijian atau fermentasi buah menjadi cuka dan bumbu yang berasa asam. misalnya cuka apel dan kombucha (berasal dari fermentasi kulit dan buah nanas. Ragi, fungi serta beberapa bakteri menggunakan gula yang disebut glukosa (dapat berasal dari molase, gula merah atau hasil perombakan bahan organik oleh Mikroba aerob maupun anaerob dalam wadah fermentasi). Fermentasi satu molekul glukosa, memproduksi dua molekul ATP, dua molekul alkohol (etanol), dua molekul CO₂ dan dua molekul air.

Selain ketiga jenis proses fermentasi tersebut di atas, dalam kondisi anaerob sering terjadi adanya fermentasi campuran. Jumlah setiap produk akhir fermentasi bervariasi tergantung jenis mikroba dan kondisi pertumbuhannya; namun, rasio produk asam dan netral adalah 4:1. Fermentasi asam campuran juga menghasilkan CO₂ dan H₂ dalam jumlah yang sama. Enzim yang mengontrol fermentasi asam campuran, diatur secara negatif oleh oksigen, sehingga fermentasi asam campuran membutuhkan kondisi anaerobik. Hasil ATP dari fermentasi asam campuran adalah sekitar 2,5 mol ATP per mol glukosa. (Ciani, 2013).



Gambar 3. Bagan alur tiga tipe fermentasi mulai dari asam piruvat (Ciani,2013).

Pada proses fermentasi, suhu berpengaruh penting untuk menentukan jenis mikroba yang dominan selama fermentasi. Karena setiap mikroba memiliki suhu pertumbuhan yang maksimal, suhu pertumbuhan minimal dan suhu optimal. Pada daerah dengan suhu rendah (atau daerah subtropis), masa fermentasi dalam pembuatan EE menjadi lebih lama dibandingkan pada daerah tropis. (Pommpavong *et al.*2022). karena pada suhu rendah, pertumbuhan mikroba cenderung lebih lambat dibanding daerah tropis (Srihardyastutie, 20221).

ENZIM

Enzim pada proses pembuatan EE dapat berasal dari enzim ekstraseluler yang dikeluarkan oleh mikroba maupun enzim yang berasal dari bahan organik itu sendiri karena bahan organik merupakan sumber enzim. Enzim merupakan satu atau beberapa gugus polipeptida (protein) yang berperan sebagai katalis biologi (bio-katalisator) yang mampu mempercepat terjadinya proses reaksi tanpa habis bereaksi dalam suatu reaksi kimia (Wiyati & Tjitraresmi, 2018, Dzulqaidah *et al.* 2021). Enzim hanya disintesis dan/atau disekresi ketika jumlah sel mikroba cukup tinggi untuk memiliki dampak mayor pada substrat yang dirombak. Enzim ekstraseluler terikat pada dinding sel dan pada biofilm untuk mikroba multiselluler. Enzim pada dinding sel dikonfigurasi sedemikian rupa sehingga situs aktifnya terbuka dan dilindungi oleh struktur khusus yang melindungi enzim dari serangan enzim protease yang ada dalam cairan/substrat. Contoh struktur selulosom yang mengandung atau melindungi enzim selulase (serta hemiselulase dan pektinase). Sel dengan enzim terikat dinding sel harus bersentuhan dengan substratnya. Setelah enzim berdifusi menjauh dari sel mikroba yang memilikinya, maka enzim dapat diserap, didenaturasi, dan terdegradasi. Namun, beberapa enzim ekstraseluler lebih stabil dari pada enzim intraselulernya karena memang demikian terglisosilasi, memiliki ikatan disulfida: modifikasi memberikan stabilitas termo, rentang pH yang luas untuk aktivitas, dan beberapa resistensi terhadap protease. Beberapa enzim ekstraseluler mikroba diantaranya adalah Anilase, Selulase, Invertase, Pectinase (Burns & Wallenstein, 2019). Keberadaan enzim ekstraseluler dan makromolekul BO yang didegradasi sangat kompleks dan beragam.

Banyak residu buah digunakan sebagai substrat untuk produksi amilase. Beberapa contoh adalah limbah pisang, limbah kurma, limbah jeruk, kulit kentang, limbah singkong biji mangga..Amilase diproduksi oleh berbagai mikroorganisme seperti, *Aspergillus awamori*, *Aspergillus oryzae*, *A. tamarisii*, *A. niger* *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *Rhizopus oryzae*,

Candida guilliermondii, dan *Thermomyces lanuginosus*. Enzim Selulase. Selulase terdiri dari exo-1,4- β glucanase, endo-1,4- β -d-glucanase, dan β -d-glucosidase. Enzim ini berfungsi untuk pembebasan senyawa kaya aroma, serta dalam ekstraksi senyawa fenolik Berbagai macam enzim yang terdapat dalam cairan EE inilah yang nantinya akan mematikan mikroba itu sendiri, terutama jika nutrisi sudah habis, mikroba akan menjadi substrat enzim dan mati. Setelah fermentasi selesai, enzim-enzim ini dapat dipisahkan dari campuran dan digunakan dalam berbagai proses industri

HASIL dan PEMBAHASAN

Hasil EE biasanya berwarna coklat berbau asam segar dengan pH berkisar antara 3-4 tergantung bahan organik yang digunakan. Selain hidrogen peroksida, kandungan bahan aktif di dalam larutan tersebut antara lain yakni etanol dan asam organik seperti asam asetat. Sedangkan enzim yang ada di dalamnya antara lain amilase, lipase, dan protease (Arun & Sivashanmugam, 2015). Derajat keasaman cairan EE yang dihasilkan adalah antara 3-4. Karena keasamannya ini EE tidak ada masa kadaluarsanya selama wadah yang digunakan untuk menyimpan kedap udara (selalu tertutup rapat). Pada akhir proses fermentasi pH menjadi sangat rendah dan mikroba sudah dalam kondisi kehabisan nutrisi, sehingga mikroba mati Hasil praktek di Fakultas Pertanian Universitas Muria Kudus tercantum pada Table 1. Analisis derajat keasaman terhadap hasil EE dari bahan dasar tunggal masing masing limbah kulit buah pisang, kulit jeruk dan pepaya yang difermentasi secara terpisah. Hasil menunjukkan bahwa nilai pH EE berkisar antara 3-3,5. dengan kepekatan antara 1120-1911 ppm. Setelah diencerkan menjadi 400 ml pH berubah menjadi 5-6 dan setelah diencerkan menjadi 1000 ml pH berubah menjadi 5,5-6. Hal ini menunjukkan bahwa EE yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman adalah yang telah diencerkan 1000 kali. Sesuai dengan apa yang telah dilakukan oleh penemu EE

Tabel 1. Hasil Pengamatan pH dan Kepekatan Cairan EE

No	Asal	pH dan Konsentrasi Larutan		
		1 ml/ EE 400 ml air	1 ml EE/1000 ml air	EE Murni
1	Limbah Pisang	pH : 5	pH: 5,5	pH: 3,5
		29 ppm	15 ppm	1899 ppm
2	Jeruk	pH : 6	pH : 6	pH : 3
		39 ppm	20 ppm	1911 ppm
4	Pepaya	pH: 6	pH : 6	pH : 3
		10 ppm	6 ppm	1120 ppm

Derajat keasaman (pH) EE yang dihasilkan sangat rendah mengandung asam organik hasil fermentasi. seperti asam sitrat dan asam asetat yang dapat membunuh spora virus dan bakteri (Etienne *et al.*, 2013), sehingga cairan EE banyak digunakan untuk tujuan kebersihan dan kesehatan. atau sebagai disinfektan. Cairan EE merupakan sumber radikal hidroksil (Srihardyastutie, 2021). Radikal hidroksil dapat digunakan untuk membunuh mikroba yang terdapat di rongga mulut yang menyebabkan gigi keropos dan infeksi pada gusi (Ikai *et al.*, 2010).

Cairan EE adalah cairan yang sudah steril. Jika tutup wadah selalu rapat, maka cairan EE murni tidak ada masa kadaluarsanya. Sebaiknya pastikan tutup wadah tetap dalam kondisi rapat. Jika menggunakan EE, cairan EE diambil seperlunya saja. Apabila produk EE berbau got atau bau busuk) berarti ada mikroba dari udara yang masuk ke dalam wadah. Dimungkinkan wadah berlubang tetapi tidak kasat mata atau tutup wadah kurang rapat, Bau busuk ini diakibatkan oleh peruraian enzim dalam EE. menjadi amonia. Enzim adalah protein sehingga bila terurai oleh mikroba akan berbau busuk. EE yang busuk atau ada belatung tidak perlu dibuang, tetapi cukup mengganti atau memastikan wadah menjadi kedap udara dan dibiarkan terfermentasi lagi. Sehingga bau busuk hilang.

Produk EE dapat dimanfaatkan untuk banyak hal diantaranya adalah untuk disinfektan , sebagai penjernih air,dan udara, untuk pupuk tanaman. Satu liter EE dapat membersihkan perairan yang tercemar sampai

dengan 1000 liter (Santividya, 2018), Hal ini karena EE mengandung enzim protease, lipase, Amilase., yang dapat memecah kotoran yang melayang atau endapan lumpur sehingga menjadi partikel2 kecil yang mudah larut di sungai, dan sungai menjadi jernih ((Arun & Sivashanmugam, 2015) serta mempercepat proses penghancuran bahan organik dalam air (Verma *et al.*, 2019). Oleh karena itu tanah yang keras ketika disiram EE akan menjadi gembur .. EE dapat memperbaiki kualitas udara karena mampu mereduksi karbondioksida dan polutan serta mampu membentuk gas ozon (O3) (Larasati *et al.*, 2020). Sebagai pupuk tanaman EE dengan resep EE :Air = 1 : 1000 dapat meningkatkan jumlah anakan pada tanaman padi (Hasanah *et al.*, 2021). Hal ini disebabkan karena EE mengandung unsur hara makro dan mikro serta hormon alami (Pakki *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Eco-enzym merupakan hasil fermentasi limbah organik dapur yang mempunyai banyak manfaat untuk alam dan manusia Pembuatan EE melalui proses fermentasi yang melibatkan mikroba seperti jamur dan bakteri untuk menguraikan atau mengubah bahan-bahan organik menjadi enzim yang bermanfaat . Mikroba yang terlibat pada pembuatan EE tidak berasal dari kultur murni yang ditambahkan dari luar tetapi berasal dari permukaan BO, gula, air , dan wadah fermentasi. Selama fermentasi, mikroorganisme akan menghasilkan enzim-enzim yang dapat membantu dalam berbagai aplikasi seperti EE dapat diaplikasikan sebagai desinfektan penjernih air dan udara, pupuk tanaman

DAFTAR PUSTAKA

- What its ECO-Enzyme (2020). <https://www.enzymesos.com/>
Sagar,N.A. Pareek,S., Sharma,S.,Yahia E.M.& Lobo,M.G. (2018). Fruit and Vegetable Waste: Bioactive Compounds,Their Extraction, and Possible Utilization. Comprehensive Reviewsin Food Scienceand Food Safety. Vol.17, 512- 531
Sargen, M. & Utter, D. September 26 (2019). Biological Roles of Water: Why is water necessary for life?

<https://sitn.hms.harvard.edu/uncategorized/2019/biological-roles-of-water-why-is-water-necessary-for-life/>. Diakses pada 14 Juni 2023

- Yulianingrum, H., Yono, Sophiawati, T., & Wahyuni, S. (2018). Prosiding Seminar Nasional Kesiapan Sumber Daya Pertanian dan Inovasi Spesifik Lokasi Memasuki Era Industri 4.0. Dosis Penggunaan Mikro Organisme Lokal (Mol) Rumen Sapi Untuk Pengomposan . (pp: 114-120). Jawa Tengah:Balai Penelitian Lingkungan Pertanian.
- Widharma I.G.S. (2021). ECO ENZYME. Politeknik Negeri Bali. Retrieved from:<https://www.researchgate.net/publication/351690851>
- Arifin, I.W., Syambarkah, A., Purbasari H.S., Ria, R., & Puspita, V.A.. (2009). Introduction of eco-enzyme to support organic farming in Indonesia. J. Food Ag- Ind., Special Issue, S356-S359.
- Yuliani, F., Kristiowati, D., Hermyantono, C. (2022). Pelatihan Pembuatan Cairan Serbaguna *Eco-Enzyme* dari Sampah Organik dan Cara Pemanfaatannya di Desa Gondangmanis, Bae, Kudus. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services Vol 6(1)*, 37-45
- Ijong. (2020). Proses Penelitian tentang manfaat eco enzyme lebih dari 30 tahun oleh Doktor Rosukon Thailand dan dikembangkan oleh Doktor Joean Oon dari Malaysia. Retrived from: <https://fokusberitanasional.net/prosespenelitian-tentang-manfaat-eco-enzymelebih-dari-30-tahun-oleh-doktor-rosukonthailand-dan-dikembangkan-oleh-doktorjoean-oon-dari-malaysia/> .
- Poompanvong, R., Oon, J., & Oei, J. (2021). Modul Belajar Pembuatan Eco- Enzyme. Revisi 2. Komunitas Eco-Enzyme Nusantara. Jakarta. http://iluni1381.org/images/pdf/Modul_EEN_2021.pdf. Diakses tanggal 10 Mei 2021.
- Burns, R.G. & Wallenstein, M.D. (2010). Microbial extracellular enzymes and natural and synthetic polymer degradation in soil: Current research and future prospect Conference Paper .© 2010 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1 – 6 August 2010, Brisbane, Australia: A School of Land, Crops and Food Sciences,.
- Basri, M.M.S., Shah N., Sulaiman A. Tawakkal I.S.M.A., Nor, M.Z.M, Arifin, S.H., Gani, N.H.A., 1 and Salleh, F.S.M. (2021). Progress in the Valorization of Fruit and Vegetable Wastes: Active Packaging, Biocomposites, By-Products, and Innovative Technologies Used for Bioactive Compound Extraction. *Polymers (Basel)*.13 (20), 3503
- Srihardyastutie, A. (2021). Pembuatan Eco-enzyme Suatu Peninjauan dari Prinsip Dasar Proses Fermentasi. Jurusan Kimia. Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya.
- Prihatini, I. & Dewi, R.K.. (2021). Kandungan Enzim Papain pada Pepaya (*Carica papaya* L) Terhadap Metabolisme Tubuh .Jurnal Tadris IPA Indonesia, . 1 (3), 449-558.

- Permata,D.A., Ikhwan,H., & Aisman,A.(2016). Aktivitas Proteolitik Papain Kasar Getah Buah Pepaya dengan berbagai Metode Pengeringan. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 20(2), 58- 64.
- Nor, M.Z.M., Ramchandran, L., Duke, M., Vasiljevic, T. (2015). Characteristic properties of crude pineapple waste extract for bromelain purification by membrane processing. *Food Bioprod. Process*, 52, 7103-7112. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-1812-5>
- Silvestre, M.P.C., Carreira, R.L., Silva, M.R., Corgosinho, F.C., Monteiro, M.R.P., Morais, H.A. (2012). Effect of pH and temperature on the activity of enzymatic extracts from pineapple peel. *Food Bioprocess Tech.*, 5, 1824-1831. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0616-5>
- Tap, F.M., Majid, F.A.A., Khairudin, N.B.A. (2016). Structure prediction of Stem Bromelain from pineapples (*Ananas Comosus*) using procaricain enzyme as a modelling template. *Int. J. App. Eng. Res.*, 9, 6109-6111
- Dzulqaidah,I. Zanuba,R.B. Alwi,A.S.F. Salsabila,A.R.P. Mursidi,S. Muliastari.H. 2021. Extraction and activity test of crude bromelain enzyme from pineapple fruit. *Journal of Agritechology and Food Processing* .Volume 1(2), 80-84
- dos Santos TC, Gomes DPP, Bonomo RCF, Franco M. 2012. Optimisation of solid state fermentation of potato peel for the production of cellulolytic enzymes. *Food Chem* 133:1299–304
- Dabhi BK, Vyas RV, Shelat HN. 2014. Use of banana waste for the production of cellulolytic enzymes under solid substrate fermentation using bacterial consortium. *Intl J Curr Microbiol Appl Sci* 3:337–46
- Matar, A. (2023) Are Carbs Sugar? (What Are The Differences) Are Carbs Sugar? (What Are The Differences) (lowcarbhack.com)
.Diakses pada 16 uni 2023.
- USDA Food Comparison Database (2023). Brown Sugar VS Molasses <https://foodstruct.com/compare/brown-sugar-vs-molasses>
- Lund, P.A., De Biase” D. Liran, O. Scheler,O. Mira N.P., Cetecioglu Z., Fernández E.N., Bover-Cid S. Hall, R. Sauer¹ M. & O’Byrne C. (2020). Understanding How Micro organisms Respond to Acid pH Is Central to Their Control and Successful Exploitation. *Sec. Microbial Physiology and Metabolism. Front. Microbiol* , 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.556140>
- Ezemba, C., Ekwegbalu , E.A & Ezemba, A.S .(2022). Fermentation, Types of Fermenters, Design & Uses of Fermenters and Optimzation Of Fermentation
- Process. Department of Microbiology, Chukwuemeka Odumegwu Ojukwu UniversityPress. Retrievedfrom:

https://www.researchgate.net/publication/358265321_FERMENTATION_TYPES_OF_FERMENTERS_DESIGN_USES_OF_FERMENTERS_AND_OPTIMIZATION_OF_FERMENTATION_PROCESS

- Taveira, I.C., Nogueira, K.M.V., De Oliveira ,D.L.G.& Silva,R.D.N. (2021). Fermentation: Humanity's Oldest Biotechnological Tool. <https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frym.2021.568656#K2>.
- Mamlouk , D & M. Gullo. (2013). Acetic Acid Bacteria: Physiology and Carbon Sources Oxidation. *Indian J Microbiol.*, 53 (4), 377–384 . doi: 10.1007/s12088- 013-0414-z.
- Darmadia,N.M., Semarab, D.G. & Kawan, I.M. (2020). Tongkol (*Euthynnus affinis*) Fermentation on Organoleptics and Its Biochemistry. *International Journal of Life Sciences*, 4 (3), 41-49
- Ciani, M, Comitini,,F. & Mannazzu, J. (2013). Fermentation. *Encyclopedia of Ecology*, Volume 2, 310-321. <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/mixed-acid-fermentation>.
- Wiyati, P. I., & Tjitraresmi, A. (2018). Karakterisasi, Aktivasi, dan Isolasi Enzim Bromelin dari Tumbuhan Nanas (*Ananas sp.*). *Farmaka*, 16(2), 179–185.
- Ikai, H., Nakamura, K., Shirato, M., Kanno, T.,Iwasawa, A., Sasaki, K., Niwano, Y., & Kohno, M. (2010). Photolysis of hydrogenperoxide, an effective disinfection system via hydroxyl radical formation. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 54(12). <https://doi.org/10.1128/AAC.00751-10>
- Santivdya, S. (2018). Multipurpose liquid from organic waste. <https://waste4change.com/blog/ecoenzyme-multipurpose-liquid-fromorganic-waste/>. Diakses pada tanggal 22 November 2021
- Arun, C. & Sivashanmugam, P. (2015). Investigation of bio-catalytic potential of garbage enzyme and its influence on stabilization of industrial waste activated sludge. *Process Safety and Environmental Protection*, 94, 471-478
- Verma, D., Singh, A. N., & Shukla, P. A. K. (2019). Use of Garbage Enzyme for Treatment of Waste Water. *International Journal of Scientific Resarch and Review*, 7(7).
- Qothrunnada, K. (2022). Memahami Pengertian Fermentasi: Manfaat dan Contohnya.. Retrieved from: <https://www.detik.com/bali/berita/d-6435023/memahami-pengertian-fermentasi-manfaat-dan-contohnya>. Detik Bali.. Rachmaniaa,R.A., Wahyudib,P. , Wardania ,A.M. Insania,D.R. (2017). Profil Berat Molekul Enzim Protease Buah Nanas (*Ananas comosus* L.Merr) Dan Pepaya (*Carica papaya* L.) Menggunakan Metode Sds-Page. *Alchemy Jurnal Penelitian Kimia*, 13 (1), 52 – 65.

- Matar, A. (2023) Are Carbs Sugar? (What Are The Differences) [Are Carbs Sugar? \(What Are The Differences\) \(lowcarbhack.com\)](#) .Diakses pada 16 uni 2023.
- Wuryanti, W. (2004). Isolasi dan Penentuan Aktivitas Spesifik Enzim Bromelin dari Buah Nanas (*Ananas comosus* L.). *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 7(3), 78–82. <https://doi.org/10.14710/jksa.7.3.78-82>
- Rohyani, N., Utpalasari, R. L., & Dahliana, I. (2020). Analisis Hasil Konversi Eco Enzyme Menggunakan Nenas (*Ananas comosus*) dan Pepaya (*Carica papaya* L.). *Jurnal Redoks*, 5(2).
- Perbedaan gula merah (<https://www.alodokter.com/tak-hanya-enak-gula-aren-juga-mengandung-nutrisi-yang-bermanfaat> 4 Juni 2020).
- Etienne, A., Génard, M., Lobit, P., Mbéguié-Ambéguié, D., & Bugaud, C. (2013). What controls fleshy fruit acidity? A review of malate and citrate accumulation in fruit cells. In *Journal of Experimental Botany*, Vol. 64, Issue 6
- Arun, C., & Sivashanmugam, P. (2015).. Solubilization of waste activated sludge using a garbage enzyme produced from different pre-consumer organic waste. *RSC Advances*, 5(63). <https://doi.org/10.1039/c5ra07959d>
- Pakki, T., Adawiyah, R., Yuswana, A., Namriah, Dirgantoro, M. A., & Slamet, A. (2021). Pemanfaatan Eco-Enzyme Berbahan Dasar Sisa Bahan Organik Rumah Tangga dalam Budidaya Tanaman Sayuran di Pekarangan. *Prosiding PEPADU 2021: Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3
- Larasati, D., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. (2020). Uji Organoleptik Produk EcoEnzyme dari Limbah Kulit Buah (Studi Kasus di Kota Semarang). *Seminar and Services Nasional Edusainstek*
- Hasanah, Y., Mawarni, L., & Hanum, H. (2021). Eco enzyme and its benefits for organic rice production and disinfectant. *Journal of Saintech Transfer*, 3(2), 119–128. <https://doi.org/10.32734/jst.v3i2.4519>