

Physical and Biochemical Characteristics of Eco-Enzyme Solutions as Biology Learning Resources for Senior High Schools

Fadhillah Marta¹ & Ratna Dewi Eskundari^{1*}

¹Biology Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo, Indonesia;

Article History

Received : February 04th, 2026

Revised : May 20th, 2026

Accepted : May 26th, 2026

*Corresponding Author: **Ratna Dewi Eskundari** ¹Biology Education Study Program, Faculty of Teacher Training and Education, Universitas Veteran Bangun Nusantara, Sukoharjo, Indonesia;
Email: ratnadewi@univetbantara.ac.id

Abstract: The Merdeka Curriculum emphasizes student-centered and experiment-based learning that utilizes the surrounding environment as a contextual learning resource. This study analyzes the physical characteristics (pH, color, and odor) and biochemical properties (primary and secondary metabolites) of ecoenzyme solutions made from molasses and palm sugar. This study utilized an experimental approach and generated quantitative descriptive data to identify differences in physical and biochemical characteristics between the two solutions. The results show variations in pH, odor intensity, color, and metabolite content, indicating that the type of raw material influences the properties of the ecoenzyme. These findings can be used as contextual learning resources for senior high school and vocational health students in biology and chemistry learning under the Merdeka Curriculum. In addition, the analysis of primary metabolites (reducing sugars, proteins, organic acids, and lipids) and secondary metabolites (alkaloids, saponins, tannins, flavonoids, and coumarins) provides meaningful scientific evidence that links fermentation processes with observable chemical changes. This integration of laboratory investigation and real-life environmental materials supports the development of students' scientific literacy, critical thinking, and experimental skills through contextual and inquiry-based learning activities.

Keywords: Biochemical characteristic; Contextual learning; Ecoenzyme; Merdeka curriculum; Physical characteristics.

Pendahuluan

Mata pelajaran Biologi pada jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA) mempunyai fungsi strategis dalam membekali peserta didik dengan pemahaman ilmiah tentang makhluk hidup, lingkungan, serta proses biologis yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Pembelajaran biologi tidak hanya bertujuan untuk menanamkan konsep, tetapi juga mengembangkan kemampuan berfikir ilmiah, ketrampilan sains, serta sikap peduli terhadap lingkungan (Rustaman, 2018). Oleh karena itu, pembelajaran biologi perlu dirancang secara kontekstual agar peserta didik mampu mengaitkan konsep teoritis dengan fenomena nyata yang dijumpai di lingkungan sekitar.

Implementasi kurikulum merdeka ini semakin menegaskan pentingnya pembelajaran yang dikonsentrasikan pada siswa dan berdasarkan metode ilmiah. Kurikulum Merdeka ini juga diharapkan dapat menginisiasi

penggunaan lingkungan sekitar sebagai sumber belajar dan mengkonsentrasikan pembelajaran eksperimental untuk meningkatkan pemahaman suatu materi (Salsabila, 2025).

Meskipun pelaksanaan pembelajaran biologi telah berkembang, namun pada praktiknya di tingkat SMA maupun SMK tetap saja masih didominasi oleh metode ceramah serta pemanfaatan buku teks. Akibatnya, keterlibatan siswa dalam pembelajaran masih kurang optimal terutama pada SMK bidang kesehatan dan pertanian yang seharusnya lebih menitikberatkan ketrampilan aplikatif. Situasi ini menunjukkan pentingnya pengembangan sumber belajar berbasis lingkungan yang mudah diterapkan dan memanfaatkan lingkungan sekitar sehingga siswa dapat belajar secara aktif melalui praktikum dan percobaan sederhana yang sesuai dengan kehidupan sehari-hari (Yolanda, 2023).

Terkait dengan topik Biologi, pada jenjang SMA, khususnya pada mata pelajaran Biologi fase F (kelas XI–XII) terdapat materi enzim,

metabolisme, fermentasi, dan bioteknologi sederhana. Selain itu, pada mata pelajaran Kimia fase E–F, terdapat materi asam-basa, larutan, senyawa organik, dan reaksi kimia yang terjadi selama fermentasi. Lebih lanjut, pada SMK Kesehatan, pada mata pelajaran Dasar-dasar Biologi Kesehatan dan Kimia Terapan, terdapat topik mikroorganisme, senyawa bioaktif, serta pemanfaatan produk fermentasi dalam sanitasi dan kesehatan lingkungan. Namun, sekali lagi, pada prakteknya, kebanyakan pembelajaran Biologi dan Kimia di SMA dan SMK Kesehatan, masih mengandalkan metode konvensional seperti ceramah dan buku teks, bukan metode kontekstual misalnya melalui praktikum.

Salah satu materi Biologi yang berhubungan dengan mata pelajaran kimia adalah fermentasi. Fermentasi adalah proses menghasilkan produk dalam keadaan anaerob. Lebih lanjut, pemanfaatan fermentasi bahan organik menggunakan gula arena tau molase kini semakin luas diterapkan di masyarakat, terutama oleh individu yang peduli terhadap lingkungan. Material organik yang difermentasi biasanya berupa sisa buah, sayuran, maupun bunga yang dikombinasikan dengan air dan sumber gula untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme selama fermentasi. Proses ini menghasilkan cairan kompleks yang disebut dengan ecoenzyme (Eskundari et al., 2022). Proses fermentasi dilaporkan sangat bergantung pada jenis gula yang digunakan yaitu molase ataupun gula jenis lain seperti gula jawa atau gula aren (Kamaliya & Lusiani, 2023).

Ecoenzyme mempunyai karakteristik yang unik, dan hal ini dapat diamati pada kondisi fisika maupun biokimianya. Karakter fisika dari ecoenzym seperti tingkat keasaman (pH), bau dan warna, dapat diinterpretasikan pada hasil akhir fermentasi yang terjadi (Eskundari et al., 2023). Lebih lanjut, apabila dipandang pada kaca mata biokimia, larutan ecoenzyme mempunyai itu karakter unik, seperti pada kandungan metabolit primer maupun sekundernya, seperti gula reduksi dan flavonoid. Senyawa-senyawa inilah yang berperan penting dalam mengendalikan fungsi ecoenzyme baik sebagai antimikroba maupun penyubur tanaman ataupun fungsi lainnya (Juniar et al., 2025; Kesmayanti et al. 2025; Salsabila et al. 2024).

Larutan ecoenzyme dengan keunggulannya termasuk karakter fisika dan kandungan asam organik maupun setabolit sekundernya, dapat dikadikan sumber belajar kontekstual. Hal ini dikarenakan karena larutan

ecoenzyme mudah dibuat dan memang dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari serta sangat dekat dengan konsep lingkungan. Pada materi SMA pada fase F kelas 11 dan 12, terdapat topik metabolisme, enzim, fermentasi, dan bioteknologi sederhana (Widya Y, 2025). Keempat topik ini sesuai dan sejalan dengan larutan ecoenzyme. Lebih lanjut, larutan ecoenzyme juga dapat digunakan sebagai sumber belajar pada tingkat SMK Kesehatan. Hal ini dapat dibuktikan bahwa pada kompetensi dasar di SMK Kesehatan terdapat materi mikroorganisme, bioaktif, dan penerapan produk bioteknologi (Resti 2025).

Sejauh ini belum ada penelitian terkait penggunaan larutan ecoenzyme sebagai sumber belajar di SMA maupun SMK Kesehatan. Dengan demikian, penelitian ini sangat perlu untuk dilakukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat seperti pemahaman mendalam terkait pembelajaran biologi dan kesehatan pada jenjang SMA maupun SMK sederajat.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini selama 5 bulan menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif yang dapat mendeskripsikan karakteristik obyek penelitian secara sistematis.

Alat dan bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini di antaranya pH meter, alat gelas, dan hot plate. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini di antaranya larutan ecoenzyme, dan reagen untuk analisis metabolit primer maupun metabolit sekunder, seperti larutan benedict (uji gula reduksi), reagen Biuret (uji protein), baking soda, reagen Dragendroff, larutan Mg dan HCL pekat.

Metode Analisis

Analisis Karakteristik Fisika

Analisis karakter fisika yang dilakukan pada penelitian ini adalah pH, bau, dan warna. Analisis pH dilakukan dengan pengecekan pH menggunakan kertas pH (MQuant™). Analisis bau dilakukan dengan membaui larutan ecoenzyme uji melalui hidung. Terakhir, uji warna pada larutan ecoenzyme dilakukan dengan mengamati kecenderungan warna larutan ecoenzyme uji. Ketiga analisis ini dilakukan oleh beberapa panelis dan hal ini sudah lumrah

dilakukan pada penelitian kualitatif deskripsi (Laveless & Heymann., 2010)

Analisis Karakteristik Biokimia

Analisis karakteristik biokimia pada larutan ecoenzym ada beberapa 9 analisis uji, yang meliputi uji pada parameter metabolit primer dan sekunder.

Uji gula reduksi

Uji ini dilakukan dengan mereaksi 2 mL larutan ekoenzim dengan 2 mL larutan Benedict. Setelah itu dilakukan pemanasan selama 5 menit. Perubahan warna yang terjadi diamati, dan hasil positif ditunjukkan dengan adanya perubahan warna menjadi hijau, kuning, hingga merah bata.

Uji protein

Uji ini dilakukan dengan metode Biuret. Mula-mula sebanyak 2 mL larutan ecoenzyme dimasukkan ke dalam tabung reaksi kemudian ditambahkan dengan 2 mL larutan NaOH 10%, kemudiann ditambahkan dengan 2–3 tetes larutan CuSO₄ 1%. Perubahan warna yang terbentuk selanjutnya diamati dan hasil positif ditunjukkan dengan adanya warna ungu atau violet (Gornall et al., 1949; Sadasivam & Manickam, 2008).

Uji asam organik

Uji ini dilakukan dengan cara menambahkan ½ sendik teh soda kue pada 5 mL larutan ecoenzyme. Hasil positif ditandai dengan adanya gelumbang gas (Harborne, 1998; Sadasivam & Manickam, 2008).

Uji lemak

Uji ini dilakukan dengan meneteskan larutan ecoenzyme pada selembar kertas. Uji positif terlihat saat ditemukannya bercak transparan pada kertas tersebut (Hanck, 1953; Joshi & Bhosale, 2024).

Uji alkaloid

Uji ini dilakukan dengan memasukkan sebanyak 2 mL larutan ecoenzyme pada tabung reaksi dan ditambahkan dengan 2-3 tetes pereaksi Dragendorf. Adanya endapan berwarna merah bata atau orange menunjukkan hasil positif (Sreevidya & Mehrotra, 2003).

Uji saponin

Uji ini dilakukan dengan cara menuangkan sebanyak 2 mL larutan ecoenzyme pada tabung reaksi. Selanjutnya dilakukan pengocokan

selama 1 menit, dan busa yang terbentuk diamati. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya buih setinggi 1 cm yang tidak akan hilang selama 5 menit setelah pengocokan (Methods for Rapid Screening of Biologically Active Compounds, 2024; Tim min et al., 2025).

Uji tanin

Uji ini dilakukan dengan menuangkan sebanyak 2 mL larutan ecoenzyme pada tabung reaksi dan selanjutnya larutann tersebut ditetesi dengan 2-3 tetes larutan FeCl₃ 1%. Perubahan warna menjadi hijau kehitaman atau biru tua menunjukkan uji positif (Ningsih, 2020; Iqbal, 2025).

Uji flavonoid

Uji ini dilakukan dengan menuangkan 2 mL larutan ecoenzyme pada tabung reaksi. Selanjutnya pada larutan tersebut ditambahkan 2-3 tetes HCL pekat. Perubahan warna diamati dan hasil positif ditunjukkan dengan adanya perubahan warna merah, jingga, atau kuning (Hardiningsih et al., 2025).

Uji kumarin

Uji kumarin dilakukan dengan cara menuangkan 2 mL larutan ecoenzyme pada tabung reaksi dan beberapa tetes larutan NaOH 10% ditambahkan pada tabung reaksi tersebut. Perubahan larutan menjadi kuning terang menunjukkan hasil positif adanya kumarin (Gupta et al., 2020)

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Hasil analisis karakteristik fisika menunjukkan bau yang menyengat, pH asam, dan warna coklat merah hingga pekat (**Tabel 1**). Hasil 9 uji biokimia menunjukkan bahwa larutan ecoenzyme mempunyai kandungan metabolit primer maupun metabolit sekunder (**Tabel 2**).

Tabel 1. Analisis karakteristik Fisika

No	Parameter	Larutan ecoenzym (Molase)	Larutan Ecoenzym (Gula Aren)
1.	Bau	Menyengat kuat	Menyengat
2.	Nilai pH	3	4
3.	Warna	Coklat pekat	Coklat merah

Tabel 2. Analisis karakteristik Biokimia

No	Parameter	Larutan ecoenzym (Molase)	Larutan Ecoenzym (Gula Aren)
1.	Asam organik	Terjadi gelembung namun sedikit	Gelembung lebih banyak dari molase
2.	Gula reduksi	Orange kemerahan	Orange
3.	Uji protein	Sedikit biru	Biru pekat
4.	Uji lemak	Ada bercak pada kertas	Ada bercak pada kertas
5.	Saponin	++	+
6.	Alkaloid	+++	-
7.	Tanin	+ biru kehitaman	+ hijau kehitaman
8.	Flavonoid	+	++
9.	Kumarin	+	++

Pembahasan

Karakteristik Fisika

Karakteristik fisika merupakan sifat yang dapat diamati secara langsung melalui pengukuran indra, seperti bau, warna dan pH yang mencerminkan kondisi suatu larutan (Widjanarko et al., 2023). pH merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas ecoenzym karena berkaitan langsung dengan tingkat fermentasi dan kestabilan produk. Ecoenzym yang matang umumnya memiliki pH asam berkisar 3 hingga 4 yang menunjukkan terbentuknya asam organik hasil metabolisme mikroorganisme selama fermentasi (Julinae et al., 2025). Nilai pH yang terlalu tinggi mengindikasikan fermentasi yang kurang optimal, sedangkan pH yang rendah mengindikasikan bahwa fermentasi berlangsung secara optimal. Berdasarkan data penelitian ini ada perbedaan pH yang sangat terlihat (Triyatdipa et al., 2025).

Sampel ecoenzym yang menggunakan molase memiliki pH 3 sedangkan ecoenzym yang berbahan dasar gula aren memiliki pH 4 yang menandakan keduanya bersifat asam sebagai hasil proses fermentasi. Keasaman ini menunjukkan terbentuknya asam-asam organik selama aktivitas mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Perbedaan tingkat keasaman tersebut dipengaruhi oleh jenis sumber gula yang digunakan, di mana molase menghasilkan larutan yang lebih asam dibandingkan gula aren. Nilai pH yang rendah ini mengindikasikan bahwa proses fermentasi berlangsung dengan baik dan stabil. Dengan

demikian, parameter pH dapat digunakan sebagai indikator keberhasilan fermentasi pada ecoenzym (Julinar et al 2025).

Selain parameter pH pengamatan secara organoleptic juga menjadi bagian penting dalam menilai karakteristik fisika pada larutan ecoenzym karena memberikan gambaran langsung terhadap hasil proses fermentasi yang terjadi (Vinsur & Sipollow, 2025). Berdasarkan data hasil pengamatan, ecoenzym berbahan molase ataupun gula aren sama-sama menunjukkan bau menyengat khas fermentasi, namun intensitas bau pada molase teramat lebih kuat dibandingkan gula aren. Bau ini dihasilkan dari aktivitas mikroorganisme yang terbentuk senyawa volatile, terutama asam-asam organik selama proses penguraian bahan organik. Intensitas bau yang lebih tinggi pada molase menunjukkan kemungkinan produksi senyawa asam dan metabolit volatile yang lebih banyak. Perbedaan ini dipengaruhi oleh jenis sumber gula yang digunakan dalam proses fermentasi. Dengan demikian, parameter bau dapat menjadi indikator organoleptic yang mencerminkan tingkat aktivitas fermentasi pada larutan ecoenzym (Santosa et al., 2023., Rukmini & Herawati, 2023).

Setelah membahas nilai pH sebagai indikator keasaman larutan, pengamatan organoleptic melalui parameter bau perlu dikaji untuk melengkapi penilaian karakteristik fisika ecoenzym. Parameter pH, bau dan warna pada larutan ecoenzym saling berkaitan karena ketiganya merupakan hasil nyata dari proses fermentasi yang terjadi didalam larutan (Triyatdipa et al., 2025; Widjanarko et al, 2023). Aktivitas mikroorganisme yang menghasilkan asam organik tidak hanya mempengaruhi tingkat keasaman dan aroma, tetapi juga memicu perubahan pigmen dan pembentukan senyawa keasaman dan aroma, tetapi juga memicu perubahan pigmen dan pembentukan senyawa berwarna selama fermentasi (Mores, 2026). Berdasarkan data pengamatan ecoenzym berbahan molase menunjukkan warna coklat lebih pekat, sedangkan larutan ecoenzym dengan bahan dasar gula aren menunjukkan warna coklat kemerahan (Amri et al., 2023). Perbedaan ini dipengaruhi oleh jenis bahan gula yang digunakan serta intensitas reaksi fermentasi yang telah berlangsung. Dengan demikian, warna menjadi indikator fisika yang memperkuat informasi dari pH dan bau dalam menilai karakteristik ecoenzym (Afa et al 2024).

Karakteristik Biokimia

Setelah mengkaji karakteristik fisika pembahasan selanjutnya beralih pada karakteristik biokimia pada larutan ecoenzym untuk memahami

kandungan senyawa aktif yang terbentuk selama proses fermentasi. Analisis biokimia pada coenzym dibedakan menjadi dua kelompok utama yaitu metbolit primer dan metabolit sekunder, yang masing masing menunjuka peran berbeda dalam hasil proses fermentasi (Julinar, 2025). Pembahasan metabolit primer pada ecoenzym difokan pada senyawa-senyawa utama hasil fermentasi, yaitu asam

organik, gula reduksi, dan lemak yang berperan langsung dalam proses metabolisme mikroorganisme selama fermentasi berlangsung (Triyatdipa et al 2025).

Pembahasan metabolit primer diawali dengan asam organic karena senyawa ini merupakan produk utama fermentasi yang paling berpengaruh terhadap sifat kimia dan aktivitas ecoenzym (Triyatdipa et al, 2025). Berdasarkan data pada table 2, uji asam organic mmenunjukkan adanya pembentukan gelembung pada kedua sempel ecoenzym, yang menandakan keberadaan molase, gelembung yang terbentuk terlihat lebih sedikit, sedangkan pada ecoenzym berbahan gula aren gelembung yang muncul lebih banyak. Perbedaan jumlah gelembung ini menunjukkan bahwa kandungan asm organic pada larutan ecoenzym gula aren cenderung lebih timggi dibandingkan dengan larutan ecoenzym dengan bahan dasar molase. Banyaknya gelembung yang terbentuk mengindikasikan aktivitas reaksi yang lebih kuat akibat keberadaan asam organic dalam larutan. Dengan semikian sumber gula yang digunakan smempengaruhi kadar asam organic yang dihasilkan selama proses fermentasi larutan ecoenzym (Li et al, 2023).

Selain asam organic, pembahasan metabolit primer selanjutnya beralih pada gula reduksi yang juga merupakan hasil penting dari proses fermentasi. Berdasarkan data pada table 2, uji gula reduksi menunjukkan perubahan warna pada kedua sampel ecoenzym. Larutan ecoenzym berbahan dasar molase berubah warna menjadi oranye kemerahan, sedangkan larutan ecoenzym berbahan dasar gula aren berubah warna menjadi oranye. Perbedaan ini menunjukkan bahwa kandungan gula reduksi pada larutan ecoenzym berbahan dasar molase lebih tinggi dibandingkan gula aren. Perubahan warna tersebut menjadi indicator adanya reaksi positif terhadao kandungan gula reduksi dalam larutan ecoenzym. Hasil uji gula reduksi in sinkro dengan karakteristik (pH dan bau) serta kandungan asam organic yang telah dibahas sebelumnya (Mulyani et al, 2021).

Setelah membahas asam organic dan gula reduksi, pembahasan metabolit primer dilanjutkan

pada uji protein untuk melihat keberadaan senyawa hasil aktivitas enzymatic selama fermentasi. Berdasarkan table 2, larutan ecoenzym berbahan molase menunjukkan perubahan warna biru samar, sedangkan larutan ecoenzym berbahan dasar gula aren menghasilkan warna biru pekat, yang menandakan kandungan protein lebih tinggi pada larutan ecoenzym berbahan dasar gula aren. perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh kondisi fermentasi yang tercermin pada pH, bau, serta kadar asam organic dan gula reduksi sebelumnya. pH yang lebih rendah dan bau yang lebih menyengat padalarutan ecoenzym berbahan dasar molase menunjuka fermentasi yang lebih asam sehingga memungkinkan terjadinya degradasi protein lebih lanjut. Sementara itu, pada larutan ecoenzym berbahan dasar gula aren kondisi yang sedikit kurang asam memungkinkan protein lebih terdeteksi pada uji, sehingga warna biru yang lebih pekat (Sawant et al, 2025). Dengan demikian hasil uji protein menunjukan bahwa ada keterkaitan dengan parameter fisika dan metabolit primer yang telah dibahas.

Setelah uji protein, pembahasan metabolit primer dilanjutkan pada uji lemak untuk melengkapi identifikasi senyawa hasil fermentasi. Uji lemak dilakukan menggunakan kertas uji, dimana munculnya bercak transparan menandakan adanya kandungan lemak dalam larutan. Berdasarkan table 2, kedua larutan ecoenzym. Baik berbahan dasar molase ataupun gula aren menunjukkan hasil yang positif dengan terbentuknya bercak pada kertas (ulinar et al, 2025). Hasil ini menunjukkan bahwa proses fermentasi pada kedua sempel masih menyisakan komponen dengan kondisi fermentasi yang tercermin dari pH, bau, serta kandungan asam organic dan gula reduksi yang telah dibahas sebelumnya.

Setelah seluruh pengujian metabolit primer selesai dibahas, analisis selanjutnya diarahkan pada metabolit sejunder untuk mengidentifikasi senyawa bioaktif lain yang terbentuk selama proses fermentasi ecoenzym. Salah satu uji pada metabolit sekunder uji saponin melalui pembentukan buih atau busa stabil setelah dikocok. Saponin memiliki sifat seperti detergen alami sehingga mampu menghasilkan busa ketika bereaksi dengan air (Harborne, 1998). Berdasarkan data pada Tabel 2, kedua larutan ecoenzym menunjukkan hasil positif terhadap uji saponin. Namun, pada ecoenzym berbahan molase terbentuk buih yang lebih banyak dan lebih stabil dibandingkan gula aren (Tiwari et al, 2011). Hal ini menunjukkan bahwa kandungan saponin pada larutan molase lebih tinggi

dibandingkan pada larutan gula aren.

Uji saponin memiliki keterkaitan dengan hasil uji sebelumnya karena keberadaan saponin juga dipengaruhi oleh kondisi fermentasi yang tercermin pada pH, bau, serta kandungan asam organik dan gula reduksi (Arun & Sivashanmugam, 2015). Lingkungan yang lebih asam pada ecoenzym molase (pH lebih rendah dan bau lebih menyengat) menunjukkan aktivitas fermentasi yang lebih intens, yang dapat mendukung pelepasan senyawa saponin dari bahan organik. Selain itu, tingginya gula reduksi pada molase turut menunjang aktivitas mikroorganisme yang berperan dalam pembentukan dan pelepasan metabolit sekunder. Hal ini sejalan dengan hasil uji saponin yang menunjukkan buih lebih banyak pada molase dibandingkan gula aren. Dengan demikian, uji saponin memperkuat keterkaitan antara parameter fisika, metabolit primer, dan metabolit sekunder dalam proses fermentasi ecoenzym (Chen et al, 2023).

Setelah uji saponin selanjutnya dilakukan uji alkaloid pada pengenceran 1:5 untuk mengidentifikasi keberadaan senyawa alkaloid sebagai bagian dari metabolit sekunder dalam ecoenzym (Khafid et al, 2023). Berdasarkan hasil pada Tabel 2, larutan ecoenzym berbahan molase menunjukkan hasil positif alkaloid, sedangkan larutan ecoenzym berbahan gula aren menunjukkan hasil negatif. Perbedaan ini dapat dikaitkan dengan kondisi fermentasi sebelumnya, di mana molase memiliki pH lebih rendah, bau lebih menyengat, serta kandungan gula reduksi dan saponin yang lebih tinggi, yang menunjukkan aktivitas fermentasi lebih intens. Kondisi tersebut memungkinkan pelepasan dan pembentukan senyawa alkaloid dari bahan organik selama fermentasi. Sementara itu, pada gula aren dengan kondisi fermentasi yang relatif lebih ringan, senyawa alkaloid tidak terdeteksi pada uji tersebut (Rusu et al, 2023)

Uji alkaloid analisis metabolit sekunder dilanjutkan dengan uji tanin untuk mengidentifikasi keberadaan senyawa fenolik yang terbentuk selama fermentasi ecoenzym. Pada uji tanin pengenceran 1:4, kedua larutan ecoenzym menunjukkan hasil positif dengan perubahan warna yang berbeda, yaitu biru kehitaman pada molase dan hijau kehitaman pada gula aren. Perbedaan intensitas warna ini menunjukkan variasi kadar senyawa fenolik (tanin) yang terbentuk selama fermentasi. Hasil ini berkaitan dengan analisis sebelumnya, di mana kondisi fermentasi molase yang lebih

asam, bau lebih menyengat, serta kandungan gula reduksi dan saponin yang lebih tinggi mendukung pembentukan senyawa metabolit sekunder lebih kuat. Sementara itu, pada gula aren, meskipun tanin tetap terbentuk, intensitas reaksinya berbeda karena kondisi fermentasi yang relatif lebih ringan. Dengan demikian, uji tanin memperlihatkan keterkaitan yang konsisten dengan parameter fisika dan biokimia yang telah dibahas sebelumnya (Sikandar et al, 2016).

Setelah uji alkaloid dilakukan uji flavonoid sebagai bagian dari analisis metabolit sekunder untuk mengetahui keberadaan senyawa antioksidan yang terbentuk selama fermentasi ecoenzym (Kumar & Pandey, 2013). Berdasarkan hasil pengujian, kandungan flavonoid pada ecoenzym berbahan gula aren terdeteksi lebih banyak dibandingkan pada molase. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh kondisi fermentasi yang sebelumnya telah diamati melalui pH, bau, serta kandungan metabolit primer, di mana gula aren memiliki kondisi yang lebih mendukung stabilitas senyawa flavonoid (Hur et al, 2014). Lingkungan yang tidak terlalu asam pada gula aren memungkinkan senyawa flavonoid lebih terjaga dan terdeteksi dengan jelas pada uji. Dengan demikian, hasil uji flavonoid ini menunjukkan keterkaitan dengan parameter fisika dan biokimia yang telah dibahas sebelumnya (Castaneda et al, 2009).

Sebagai pengujian terakhir dalam penelitian ini, dilakukan uji kumarin untuk melengkapi identifikasi metabolit sekunder pada ecoenzym. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kandungan kumarin pada ecoenzym berbahan gula aren lebih banyak dibandingkan molase (Venugola et al, 2013). Temuan ini berkaitan dengan hasil uji sebelumnya, terutama pada flavonoid dan protein, di mana gula aren juga menunjukkan intensitas lebih tinggi, yang mengindikasikan kondisi fermentasi yang lebih mendukung kestabilan senyawa fenolik. Lingkungan yang tidak terlalu asam pada gula aren memungkinkan senyawa seperti kumarin lebih terjaga dan terdeteksi dengan baik (Bourgaund et al, 2006). Dengan demikian, hasil uji kumarin konsisten dengan pola karakteristik fisika dan biokimia yang telah dibahas sebelumnya serta menutup rangkaian analisis metabolit sekunder dalam penelitian ini.

Potensi Larutan Ecoenzym Sebagai Sumber Belajar Kontekstual

Hasil analisis karakteristik fisika dan biokimia ecoenzym menunjukkan bahwa larutan

hasil fermentasi ini memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber belajar kontekstual dalam proses pembelajaran. Ecoenzym berasal dari limbah organik yang mudah ditemukan di lingkungan sekitar, sehingga sangat relevan untuk mengaitkan konsep sains dengan permasalahan nyata yang dihadapi siswa dalam kehidupan sehari-hari, khususnya terkait pengelolaan limbah dan pemanfaatan produk ramah lingkungan. Melalui kegiatan pembuatan dan pengujian ecoenzym, siswa dapat belajar secara langsung tentang proses fermentasi, aktivitas mikroorganisme, perubahan sifat fisika, serta pembentukan senyawa biokimia hasil metabolisme.

Jenjang SMA, kajian ini sangat sesuai dengan Biologi fase F (kelas XI–XII) pada materi enzim, metabolisme, fermentasi, dan bioteknologi sederhana. Selain itu, pada mata pelajaran Kimia fase E–F, ecoenzym dapat dikaitkan dengan materi asam-basa, larutan, senyawa organik, dan reaksi kimia yang terjadi selama fermentasi. Sementara itu, pada SMK Kesehatan, pembahasan ecoenzym relevan dengan mata pelajaran Dasar-dasar Biologi Kesehatan dan Kimia Terapan, terutama pada topik mikroorganisme, senyawa bioaktif, serta pemanfaatan produk fermentasi dalam sanitasi dan kesehatan lingkungan.

Kegiatan analisis pH, bau, warna, serta uji biokimia metabolit primer dan sekunder dapat dijadikan praktikum sederhana berbasis eksperimen, yang mendorong siswa untuk melakukan pengamatan, pengukuran, dan interpretasi data secara langsung. Hal ini mendukung pendekatan pembelajaran berbasis inkuiri dan kontekstual, di mana siswa tidak hanya memahami teori, tetapi juga melihat penerapannya dalam kehidupan nyata. Dengan demikian, ecoenzym dapat berfungsi sebagai media pembelajaran yang integratif antara konsep biologi, kimia, dan isu lingkungan.

Pemanfaatan ecoenzym sebagai sumber belajar juga dapat menumbuhkan sikap peduli lingkungan, keterampilan proses sains, serta kemampuan berpikir kritis siswa. Siswa dapat memahami bahwa limbah organik yang sering dianggap tidak berguna ternyata dapat diolah menjadi produk yang bermanfaat melalui prinsip ilmiah. Oleh karena itu, ecoenzym memiliki nilai edukatif yang tidak hanya mendukung pemahaman konsep, tetapi juga membangun kesadaran lingkungan dan keterampilan praktis yang aplikatif.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa ecoenzym berbahan molase dan gula aren memiliki karakteristik fisika dan biokimia yang berbeda sebagai hasil proses fermentasi. Secara fisika, molase menghasilkan pH lebih rendah, bau lebih menyengat, dan warna coklat lebih pekat dibandingkan gula aren. Pada metabolit primer, gula aren lebih dominan pada asam organik dan protein, sedangkan molase lebih tinggi pada gula reduksi, dan keduanya positif mengandung lemak. Pada metabolit sekunder, molase menunjukkan kandungan saponin dan alkaloid lebih kuat, sementara gula aren lebih tinggi pada flavonoid dan kumarin, serta keduanya positif tanin. Perbedaan ini menunjukkan bahwa sumber gula memengaruhi dinamika fermentasi dan komposisi senyawa ecoenzym, sekaligus memperlihatkan potensi ecoenzym sebagai sumber belajar kontekstual pada pembelajaran sains.

Ucapan Terima Kasih

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas terselesainya penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing, pihak laboratorium, keluarga, dan rekan-rekan atas bimbingan, fasilitas, doa, serta dukungan yang diberikan. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Referensi

- Afa, M., Irwansyah, I., & Junaedi, J. (2024). Uji Kualitas Pupuk Organik Cair (POC) berbahan Dasar Jeroan Ayam Menggunakan Mikroorganisme Lokal (MOL) dari Limbah Buah sebagai Dekomposer. *Tarjih Tropical Livestock Journal*, 4(2), 45-52. DOI: <https://doi.org/10.47030/trolija.v4i2.832>
- Amri, K., Latuconsina, H., Triyanti, R., Setyanto, A., Prayogo, C., Wiadnya, D. G. R., ... & Ramlan, A. (2023). *Pengelolaan Sumber Daya Perikanan Laut Berkelanjutan*. Penerbit BRIN. DOI: <https://doi.org/10.55981/brin.908>
- Arun, C., & Sivashanmugam, P. J. P. S. (2015). Investigation of biocatalytic potential of garbage enzyme and its influence on stabilization of industrial waste activated sludge. *Process Safety and Environmental*

- Protection*, 94, 471-478. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2014.10.008>
- Benedict, S. R. (1909). A reagent for the detection of reducing sugars. *Journal of Biological Chemistry*, 5(5), 485–487. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)93090-2](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)93090-2)
- Bourgaud, F., Hehn, A., Larbat, R., Doerper, S., Gontier, E., Kellner, S., & Matern, U. (2006). Biosynthesis of coumarins in plants: a major pathway still to be unravelled for cytochrome P450 enzymes. *Phytochemistry Reviews*, 5(2), 293-308.
- Castañeda-Ovando, A., de Lourdes Pacheco-Hernández, M., Pérez-Hernández, M. E., Rodríguez, J. A., & Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food chemistry*, 113(4), 859-871. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.001>
- Eskundari, R. D., Wardoyo, S. H., Cahyanti, F. A., Fitriani, R. D. A., & Saputra, D. A. (2023). Effect of Ecoenzim Solution on Balsam Plant (*Impatiens balsamina* L.) Growth. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(3), 143-147. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i3.5023>
- Eskundari, R. D., Wiharti, T., Hanik, N. R., Fatimah, F., Salamah, U., & Murwani, A. (2022). Phytochemical test of several eco-handsanitizer candidates. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(1), 297-303. DOI: <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3258>
- Fermentation, identification, and antioxidant activity of saponins produced by a wild ginseng endophytic fungus *Umbelopsis dimorpha* strain NSJG. *Fermentation*, 10(1), 9. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28166020>
- Gornall, A. G., Bardawill, C. J., & David, M. M. (1949). Determination of serum proteins by means of the Biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*, 177(2), 751–766. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)57021-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)57021-4)
- Gupta. Phytochemical screening and GC-MS analysis of flower extract of *Dillenia indica*. *Biosci Biotechnol res comm*, 13(2), 833-841. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.09.170>
- Hack, M. H. (1953). *Analysis of lipids by spot tests on filter-paper disk chromatograms. Journal of Lipid Research*, ??(??), ??-??. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)57021-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)57021-4)
- Harborne, A. J. (1998). *Phytochemical methods a guide to modern techniques of plant analysis*. springer science & business media.
- Harborne, J. B. (1998). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis* (3rd ed.). Springer. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-Sadasivam, S., & Manickam, A. \(2008\). Biochemical Methods \(3rd ed.\). New Age International Publishers. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781439823184009-5570-7>](https://doi.org/10.1007/978-94-Sadasivam, S., & Manickam, A. (2008). Biochemical Methods (3rd ed.). New Age International Publishers. DOI: https://doi.org/10.1201/9781439823184009-5570-7)
- Hardiningsih, D. T., Asty, Z. F., Delfira, A., & Ayudia, E. I. (2025). Qualitative confirmation of flavonoids in *Moringa oleifera* leaf extract and evaluation of antioxidant potential. *Proceedings Academic Universitas Jambi*, 1(2), 503-508. DOI: <https://doi.org/10.22437/proca.v1i2.50311>
- Hur, S. J., Lee, S. Y., Kim, Y. C., Choi, I., & Iqbal, M., & Jariah, A. A. (2025). Phytochemical screening of secondary metabolite compounds in tammate leaf extract (*Lannea coromandelica* (HOUTT.) MERR.) from Pangkep Regency using various extraction methods. *Journal of Current Health Sciences*, 5(1), 59-66.
- Joshi, S., & Bhosale, P. (2024). *Qualitative Tests for Lipid Detection*. Dalam *Practical Biochemistry* (hlm. 217–233). Bentham Science Publishers. <https://doi.org/10.2174/9789815165852124010018>
- Julinar, J., Uswati, D., Riyanti, F., & Musifa, E. (2025). Ecoenzyme Characterization of Fruit Peel Waste Mixture and Test of Antibacterial Activity against Bacteria Causing Dental Caries. *IJFAC (Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry)*, 10(3), 186-197. DOI: <https://doi.org/10.24845/ijfac.v10.i3.186>
- Kamaliya, N., & Lusiani, C. E. (2023). Effect Of Baker's Yeast Concentrations On Eco Enzyme Products By The Fermentation Process. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 9(4), 412-24. DOI: <https://doi.org/10.33795/distilat.v9i4.4173>

- Kesmayanti, N., Purwanto, R. J., Romza, E., Kalsum, U., Irmawati, W., & Putri, K. (2025). Effectiveness of Eco-Enzyme for Increasing Growth and Production of Shallot from Vegetative Seeds. *Journal of Agriculture*, 4(02), 106-114. DOI:<https://doi.org/10.47709/joa.v4i02.6442>
- Khafid, A., Wiraputra, M. D., Putra, A. C., Khoirunnisa, N., Putri, A. A. K., Suedy, Kim, G. B. (2014). Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods. *Food chemistry*, 160, 346-356.
- Kumar, M. K., Kaur, G., & Kaur, H. (2011). *Internationale Pharmaceutica Scientia*.
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The scientific world journal*, 2013(1), 162750. DOI:
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: principles and practices*. Springer Science & Business Media. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Li, J., Ma, D., Tian, J., Sun, T., Meng, Q., Li, J., & Shan, A. (2023). The responses of organic acid production and microbial community to different carbon source additions during the anaerobic fermentation of Chinese cabbage waste. *Bioresource technology*, 371, 128624.
- Godlewska, K., Pacyga, P., Szumny, A., Szymczycha-Madeja, A., Wehna, M., & Michalak, I. (2022). Methods for rapid screening of biologically active compounds present in plant-based extracts. *Molecules*, 27(20), 7094. <https://doi.org/10.3390/molecules27207094>
- Mores, R. (2026). Continuous Training and Development Program in Hospitality Industries. *Journal of Current Research in Business and Economics*, 5(1), 3629-3671.
- Mulyani, S., Sunarko, K. M. F., & Setiani, B. E. (2021). Pengaruh Lama Fermentasi terhadap Total Asam, Total Bakteri Asam Laktat dan Warna Kefir Susu Kacang Merah. *Jurnal Ilmiah Sains*, 21(2), 113–118. DOI: <https://doi.org/10.35799/jis.21.2.2021.31416>
- Mycochemical screening and analysis, antioxidant activity, and biochemical composition of fermentation strain Snef1216 (*Penicillium chrysogenum*). *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2020(1), 3073906.
- Ningsih, D. S., Henri, H., Roanisca, O., & Mahardika, R. G. (2020). Skrining Fitokimia dan Penetapan Kandungan Total Fenolik Ekstrak Daun Tumbuhan Sapu-Sapu (*Baeckea frutescens* L.). *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 8(3), 178-185.
- Resti, N. (2025). Pengembangan E- Module Berbasis Gamifikasi Untuk Meningkatkan Literasi Lingkungan Dan Motivasi Belajar Peserta Didik Pada Materi Pemanasan Global.
- Rukmini, P., & Herawati, D. A. (2023). Eco-enzyme from Organic Waste (Fruit and Rhizome Waste) Fermentation: Eco-Enzyme Dari Fermentasi Sampah Organik (Sampah Buah Dan Rimpang). *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, 4(1), 23-2 DOI: DOI: <https://doi.org/10.31001/jkireka.v4i1.62>
- Rusu, A. V., Trif, M., & Rocha, J. M. (2023). Microbial secondary metabolites via fermentation approaches for dietary supplementation formulations. *Molecules*, 28(16), 6020. <https://doi.org/10.3390/molecules28166020>
- S. W. A., & Nurchayati, Y. (2023). Uji kualitatif metabolit sekunder pada beberapa tanaman yang berkhasiat sebagai obat tradisional. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 8(1), 61-70. DOI: <https://doi.org/10.14710/baf.8.1.2023.61-70>
- Sabila, L. (2025). Perkembangan Kurikulum Merdeka Pendidikan Ips Di Indonesia Permasalahan Dan Urgensi. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(02), 211-224.
- Sadasivam, S., & Manickam, A. (2008). *Biochemical Methods* (3rd ed.). New Age International Publishers. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781439823184>
- Santosa, S., Hassan, M. S., & Kasim, A. H. (2023). Ecoenzym quality and potential of residues as bioactivator for organic waste composting. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 13(3).
- Sawant, S. S., Park, H. Y., Sim, E. Y., Kim, H.

- S., & Choi, H. S. (2025). Microbial Fermentation in Food: Impact on Functional Properties and Nutritional Enhancement—A Review of Recent Developments. *Fermentation (Basel)*, 11(1).
- Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (1996). *Fundamentals of analytical chemistry* (Vol. 33, pp. 53-55). Fort Worth: Saunders College Pub. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-133-71413-7>
- Sreevidya, N., & Mehrotra, S. (2003). Spectrophotometric method for estimation of alkaloids precipitable with Dragendorff's reagent in plant materials. *Journal of AOAC International*, 86(6), 1124–1127.
DOI:
<https://doi.org/10.1093/jaoac/86.6.1124>
- Stone, H., Bleibaum, R. N., & Thomas, H. A. (2020). *Sensory evaluation practices*. Academic press. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Stone, H., Bleibaum, R. N., & Thomas, H. A. (2020). *Sensory evaluation practices*. Academic press. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2010-0-66248-9>
- Triyatdipa, H., Agustien, A., & Marlina, M. (2025). A Analysis of Ecoenzyme Characteristics from Combination of Fruit Peel Waste. *Biospecies*, 18(2), 11-
- Venugopala, K. N., Rashmi, V., & Odhav, B. (2013). Review on natural coumarin lead compounds for their pharmacological activity. *BioMed research international*, 2013(1), 963248.
- Vinsur, E. Y. Y., & Sipollo, B. V. (2025). Eco-enzyme Apple Bar Soap for Skin Hydration in Older Adults. *Babali Nursing Research*, 6(2), 308-322.
- WIDIA Y, Y. N. (2025). *Pengaruh Model Pembelajaran Science, Environment, Technology, And Society Berbantuan Asesmen Kinerja Terhadap Literasi Sains Dan Kecerdasan Emosional Kelas X Pada Mata Pelajaranbiologi* (Doctoral dissertation, UIN RADEN INTAN LAMPUNG).
- Widjanarko, S. B., Latifa, P. A., & Yumna, K. (2023). Profil Sifat Fisiko-Kimia dan Mikrobiologi Cairan Eco-Enzymedari Beberapa Jenis Buah dan Daun Cemara Udang (*Casuarina equisetifolia*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 23(2), 117-126.
- Yolanda, P. (2023). *Pengaruh Model Ricosre Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Dan Sikap Ilmiah Peserta Didik Pada Mata Pelajaran Biologi KELAS XI SMA* (Doctoral dissertation, UIN RADEN INTAN LAMPUNG).