

ANALISIS PH DAN KANDUNGAN FITOKIMIA *ECO ENZYME* DARI LIMBAH KULIT JERUK, NANAS, DAN MENTIMUN

Analysis of pH and Phytochemical Content of Eco-Enzyme from Orange Peel, Pineapple, and Cucumber Waste

Hafiza Tara Devi & Della Rosalynna Stiadi

Universitas Negeri Padang

dellastiadi92@unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jun 15, 2025	Jul 7, 2025	Jul 19, 2025	Jul 24, 2025

Abstract

Household waste largely consists of organic materials such as vegetable scraps, fruit peels, and leaves, which have the potential to be transformed into eco-friendly products like eco enzyme. Eco enzyme is a fermentation product of organic waste combined with palm sugar and water, which can be used as a cleaning solution, fertilizer, natural pesticide, and water quality enhancer. This study aims to examine the characteristics of eco enzyme made from pineapple, orange, and cucumber peels in both fresh and dried forms, using a mixing ratio of 3:1:10 for organic waste, palm sugar, and water, respectively. The parameters analyzed included pH, total dissolved solids (TDS), fermentation yield volume, and tannin content as a phytochemical compound. The results showed that eco enzyme from fresh waste had a pH of 3.65, TDS of 127 ppm, and a volume of 2200 ml, whereas the product from dried waste had a pH of 3.53, TDS of 235 ppm, and a volume of 1000 ml. Tannin testing using FeCl_3 reagent indicated that neither sample contained tannins. Based on these findings, it can be concluded that eco enzyme produced from both fresh and dried organic waste exhibits favorable chemical properties and is suitable for use as an environmentally friendly household cleaning solution.

Keywords: Eco Enzyme; pH; TDS; Phytochemicals; Organic Waste

Abstrak: Sampah rumah tangga sebagian besar terdiri dari limbah organik seperti sayuran, kulit buah, dan daun, yang berpotensi dimanfaatkan menjadi produk ramah lingkungan seperti *eco enzyme*. *Eco enzyme* merupakan hasil fermentasi limbah organik dengan gula merah dan air, yang dapat digunakan sebagai cairan pembersih, pupuk, pestisida alami, dan agen perbaikan kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik *eco enzyme* yang dibuat dari kulit nanas, jeruk, dan timun segar maupun kering, dengan rasio campuran limbah organik, gula merah, dan air sebesar 3:1:10. Parameter yang dianalisis meliputi pH, total *dissolved solids* (TDS), volume hasil fermentasi, serta kandungan tanin sebagai senyawa fitokimia. Hasil menunjukkan bahwa *eco enzyme* dari limbah segar memiliki pH 3,65, TDS 127 ppm, dan volume 2200 ml, sedangkan dari limbah kering memiliki pH 3,53, TDS 235 ppm, dan volume 1000 ml. Uji tanin dengan pereaksi FeCl_3 menunjukkan bahwa kedua sampel tidak mengandung tanin. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa *eco enzyme* dari limbah organik segar maupun kering menunjukkan kualitas kimia yang baik dan layak dimanfaatkan sebagai cairan pembersih rumah tangga ramah lingkungan.

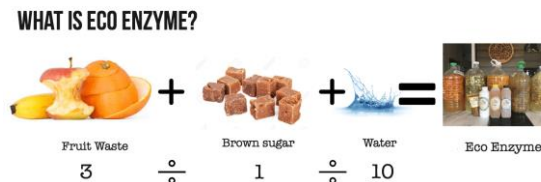
Kata Kunci: *Eco Enzyme*; pH; TDS; Fitokimia; Sampah Organik

PENDAHULUAN

Sampah rumah tangga menjadi salah satu penyumbang terbesar dalam permasalahan lingkungan. Sebagian besar sampah rumah tangga merupakan sampah organik seperti sisa tepung, sayuran, kulit buah, dan daun (Rukmini & Herawati, 2023). Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), total produksi sampah di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 68 juta ton, di mana sekitar 60% di antaranya merupakan sampah organik (Nissa dkk., 2020). Jika tidak dikelola dengan baik, sampah organik dapat menimbulkan pencemaran udara, air, dan tanah. Sehingga sampah pada akhirnya berkontribusi besar menambahkan kapasitas timbunan di tempat pembuangan akhir (TPA) (Rukmini & Herawati, 2023). Salah satu cara untuk menanggulangi permasalahan tersebut adalah dengan memanfaatkan limbah organik menjadi produk yang bernilai guna tinggi dan ramah lingkungan, salah satunya dengan pembuatan *eco enzyme*.

Eco enzyme merupakan cairan hasil fermentasi limbah organik yang dikenal sebagai enzim ramah lingkungan dengan berbagai manfaat. *Eco enzim* merupakan larutan zat organik kompleks dengan memiliki warna coklat gelap dan aroma asam yang dihasilkan dari proses fermentasi sisa organik, gula, dan sampah organik yang ditambahkan (Hartoyo, Istomo, & Rahaju, 2023). *Eco enzyme* dapat digunakan sebagai cairan pembersih, penghilang bau,

pengurai racun, penyubur tanaman, dan pestisida alami (Nissa dkk., 2020). Bahan utama dalam pembuatan eco enzyme terdiri dari limbah organik seperti kulit buah dan sayuran, yang ditambahkan dengan gula aren dan air sebagai sumber nutrisi bagi mikroorganisme. Umumnya, pembuatan eco enzyme menggunakan perbandingan bahan organik, gula aren, dan air sebesar 3:1:10 (Nurul dkk., 2025).



Gambar 1. komposisi Eco Enzyme

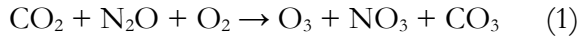
Berbagai jenis limbah organik dapat dimanfaatkan untuk pembuatan eco enzyme, di antaranya kulit jeruk, nenas, dan mentimun. Kulit nenas (*Ananas comosus*) mengandung gula alami seperti fruktosa, enzim bromelain, serta mineral seperti mangan dan kalium yang dapat meningkatkan aktivitas fermentasi dan memperkaya kandungan eco enzyme (Nissa dkk., 2020). Kulit jeruk (*Citrus sinensis*. L) memiliki kandungan senyawa organik seperti flavonoid, pektin, minyak atsiri, asam sitrat, dan asam malat, serta mineral yang dapat menunjang terbentuknya eco enzyme yang berkualitas dengan sifat antibakteri dan anti jamur yang membantu mengendalikan mikroorganisme selama fermentasi (Rusdianasari dkk., 2021)

Selain kulit jeruk dan nenas, kulit mentimun (*Cucumis sativus*) juga memiliki potensi yang baik dalam pembuatan eco enzyme. Kulit mentimun mengandung asam organik seperti asam askorbat dan asam folat yang dapat membantu memperlancar proses fermentasi serta meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Selain itu, kulit mentimun juga mengandung mineral seperti kalium, magnesium, fosfor, dan kalsium yang berperan dalam mengatur keseimbangan elektrolit dan meningkatkan aktivitas enzim selama fermentasi (Mahmudah dkk., 2021).

Dalam proses pembuatan eco enzyme, beberapa faktor penting yang perlu diperhatikan meliputi suhu fermentasi ideal pada rentang 25-30°C, waktu fermentasi yang umumnya berkisar antara 3-6 bulan, pH optimal pada kisaran 4-5, serta kondisi penyimpanan yang sejuk, gelap, dan terhindar dari sinar matahari langsung untuk menjaga kualitas eco enzyme. Eco enzyme pertama kali dikembangkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong dari

Thailand dan umumnya dihasilkan dalam bentuk cairan berwarna coklat gelap dengan aroma asam yang kuat (Nissa dkk., 2020).

Proses fermentasi eco enzyme terjadi reaksi kimia :



Cairan eco enzyme mengandung berbagai enzim seperti lipase, tripsin, dan amilase yang berfungsi membasmi kuman, virus, dan bakteri serta dapat digunakan sebagai cairan pembersih alami dan penyubur tanaman. Selama proses fermentasi, selain menghasilkan gas O_3 (Hikmatriana, Firnadi, & Nurhidayanti, 2022) (ozon), kandungan yang terdapat di dalam eco enzyme yaitu asam asetat (CH_3COOH), asam asetat ini memiliki kemampuan untuk membunuh bakteri, dan virus (Hikmatriana dkk., 2022). Asam asetat yang dihasilkan berasal dari metabolisme bakteri yang terdapat pada limbah organik yang digunakan, proses ini merupakan metabolisme anaerobic yang merupakan proses fermentasi bakteri (Istanti & Utami, 2022).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, pemanfaatan limbah organik dalam pembuatan eco enzyme umumnya hanya menggunakan satu atau dua jenis bahan saja. Dari penelitian (Gaspersz & Fitrihidajati, 2022) mengombinasikan kulit jeruk dan kulit nanas sebagai agen remediasi detergen. Selain itu, (Nissa dkk., 2020) mengembangkan eco enzyme berbahan dasar nanas dan madu, dan (Mahmudah dkk., 2021) memanfaatkan kulit mentimun untuk pembuatan eco enzyme sebagai pengawet tomat. Namun, hingga saat ini belum ada penelitian yang mengombinasikan ketiga bahan tersebut dalam satu formulasi eco enzyme. Penelitian ini juga mengkaji perbandingan kualitas eco enzyme dari dua model perlakuan limbah organik, yaitu limbah organik segar (fresh) dan limbah organik yang telah dikeringkan.

Penelitian ini berfokus pada analisis kualitas eco enzyme yang dihasilkan dari bahan dasar kulit jeruk, nanas, dan mentimun dengan dua model perlakuan limbah organik, yaitu limbah organik segar dan limbah organik yang telah dikeringkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas eco enzyme dari masing-masing bahan, membandingkan pengaruh kondisi bahan (fresh dan kering) terhadap kualitas yang dihasilkan, serta mengevaluasi potensi kombinasi kulit jeruk, nanas, dan mentimun dalam menghasilkan eco enzyme yang berkualitas dan ramah lingkungan, sehingga diharapkan dapat mengurangi beberapa masalah lingkungan (Hermawan dkk., 2023).

METODE

1. Alat dan bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan digital, pisau, toples 5 liter, gelas ukur, gelas kimia, saringan, pH meter, TDS meter, dan botol tempat hasil produk eco enzyme. Sedangkan untuk bahan yang digunakan adalah air bersih, kulit nanas, jeruk, mentimun (segar dan kering), dan gula merah.

2. Prosedur Penelitian

Potong bahan menjadi ukuran kecil, dicuci dan dibersihkan. Lalu dibagi menjadi dua kelompok (segar, dan kering). Masing-masing 600 g limbah dicampur dengan 200 g gula merah serta 2 liter air (perbandingan 3:1:10). Campuran difermentasi selama 3 bulan dalam toples tertutup, di tempat teduh (Takdir, Wandik, & Ferro, 2023). Tutu lalu dibuka seminggu sekali selama sebulan pertama untuk membuang gas.

Pengujian Parameter ; setelah di fermentasi, cairan disaring dan dianalisis. Pada pengujian pH menggunakan pH meter, TDS menggunakan TDS meter, dan kandungan tanin diuji menggunakan FeCl_3 sesuai dengan metode dari (Orzuna et al., 2021)

3. Variabel Pengamatan

Untuk variabel yang digunakan adalah menggunakan limbah organik fresh dan limbah organik yang dikeringkan. Untuk perbandingan limbah organik yang dipakai, gula merah, dan air adalah 3 : 1 : 10 (Nissa dkk., 2020).

4. Parameter Pengamatan

Uji Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah uji pH dan perbandingan volume eco enzyme hasil yang dihasilkan, serta terdapat uji tambahan lainnya yaitu uji tanin dan uji TDS.

HASIL

Selama proses fermentasi terjadi aktivitas metabolisme mikroorganisme yang memanfaatkan limbah kulit buah dan sayuran sebagai sumber nutrisinya. Proses fermentasi yang berlangsung dapat menghasilkan perubahan fisik-kimia dan mikrobiologis yang terkontrol, termasuk jamur putih dan krem di permukaan cairan seperti Gambar 2.



Gambar 2. Limbah segar dan limbah kering



Gambar 3. Hasil produk limbah segar

(sebelah kiri) dan limbah kering (sebelah kanan)

Uji pH

Pada pengukuran pH menunjukkan bahwa produk eco enzyme yang dihasilkan dari limbah segar memiliki (pH 3,65), sedangkan dari limbah kering memiliki (pH 3,53)

Uji Volume

Volume eco enzyme yang dihasilkan dari limbah segar adalah 2200 ml, sedangkan dari limbah kering sebesar 1000 ml.

Uji Tanin

Pengujian dengan FeCl_3 menunjukkan bahwa kedua sampel eco enzyme tidak mengandung tanin. Hal ini ditandai dengan warna coklat terang dan coklat gelap tanpa perubahan warna khas dari tanin.

Uji TDS

Eco enzyme dari limbah segar memiliki nilai TDS sebesar 127 ppm, sedangkan dari limbah kering sebesar 235 ppm.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama proses fermentasi, terbentuknya jamur pitera yang menandakan proses fermentasi berjalan dengan baik. Keberadaan jamur pitera ini memiliki manfaat dalam meningkatkan kualitas eco enzyme serta dapat menambah kandungan antioksidan (Larasati dkk., 2020). Jamur putih ini memiliki ciri yaitu

- Berwarna putih atau krem
- Tekstur halus dan lembut
- Muncul di permukaan cairan eco enzyme
- Memiliki aroma segar

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan indra penglihatan, produk eco enzyme yang dihasilkan memiliki warna coklat terang, dan coklat pekat, hal ini disebabkan dari gula merah yang berwarna coklat pekat yang digunakan. Hasil yang didapatkan ini sejalan dengan (Nissa dkk., 2020) yang menyatakan bahwa warna eco enzyme yang ideal berkisar dari berwarna coklat terang hingga coklat tua. Pada toples pertama berisi limbah organik segar memiliki warna coklat agak kemerahan (terang) sedangkan pada toples kedua berisi limbah organik yang dikeringkan menghasilkan warna coklat gelap keruh. Hasil eco enzyme yang didapatkan memiliki bau asam segar namun tidak terdapat bau busuk (Nur Laila & Suhartini, 2024). Hal ini sesuai dengan kriteria dari hasil produk eco enzyme sehingga dapat dikatakan bahwa produk yang didapatkan berhasil terbentuk. Pada toples pertama (limbah segar) bau yang tercium lebih khas pada buah jeruk, sedangkan pada toples kedua (limbah kering) lebih khas bau buah nanas.

Uji pH

Pada pengujian pH memiliki kegunaan untuk menentukan tingkat keberhasilan dan kualitas dari hasil proses fermentasi alami tersebut. Adapun ciri-ciri eco enzyme yang baik dan memiliki pH yang ideal yaitu berwarna coklat muda hingga coklat tua, memiliki sedikit endapan, dan memiliki aroma asam segar khas fermentasi. pH ideal eco enzyme adalah di bawah 4,0 dengan kisaran idealnya antara 3,5 sampai 4,0. Eco enzyme dengan pH di bawah 4,0 menunjukkan bahwa hasil proses fermentasi alami telah berjalan dengan baik serta menghasilkan enzim yang berkualitas dan bermanfaat, karena semakin rendah pH yang dimiliki maka menunjukkan keasaman semakin tinggi dan aktivitas enzyme semakin kuat. Pada pengujian didapatkan bahwa pada produk dengan limbah segar memiliki pH sebesar

3,65 sedangkan pada limbah kering memiliki pH 3,53. Hal ini sesuai dengan literatur yang mengatakan pH ideal untuk eco enzyme adalah di bawah 4,0.

Uji volume hasil eco enzyme

Pada pengujian kali ini bertujuan untuk membandingkan hasil volume yang didapatkan dari kedua limbah yang digunakan. Hal ini karena variabel yang digunakan adalah limbah segar dan limbah kering. Pada saat pengukuran volume cairan yang didapatkan, pada limbah segar didapatkan volume eco enzyme-nya sebanyak 2200 ml (2 liter 200 ml) sedangkan pada limbah kering didapatkan sebanyak 1000 ml (1 liter) eco enzyme.

Hal ini dapat terjadi karena pada limbah kering memiliki kandungan air yang lebih rendah dibandingkan limbah segar, pada saat proses fermentasi berlangsung limbah kering lebih banyak menyerap air, sehingga volume air di dalamnya berkurang. Namun menurut penelitian sebelumnya, pembuatan eco enzyme menggunakan limbah kering akan lebih memberikan hasil produk yang lebih bagus dan berkualitas (Nur Laila & Suhartini, 2024). Hal ini dapat dilihat dari warna yang didapatkan. Pada limbah kering warna cairan yang didapatkan adalah berwarna coklat gelap, pH yang dimiliki pun ideal, serta nilai TDS yang didapatkan bagus untuk pengaplikasian sebagai cairan pembersih.

Uji Tanin

Uji tanin memiliki prinsip yang umumnya menggunakan reagen yang bereaksi dengan tanin untuk menghasilkan warna tertentu. Reagen yang sering digunakan adalah larutan FeCl_3 . Jika sampel mengandung tanin, reagen FeCl_3 akan bereaksi dengan tanin dan akan menghasilkan warna biru tua atau hijau kehitaman. Warna ini menandakan adanya kompleks tanin yang terbentuk. Sedangkan apabila sampel tidak mengandung tanin, reagen FeCl_3 tidak bereaksi dan larutan akan tetap bening atau berwarna coklat muda (Orzuna et al., 2021).

Pada penelitian yang dilakukan saat pengujian eco enzyme menggunakan reagen FeCl_3 didapatkan warna coklat terang pada limbah segar dan berwarna coklat gelap pada limbah kering. Hal ini menandakan bahwa kedua hasil produk tersebut tidak mengandung tanin. Ketiadaan tanin dalam eco enzyme tidak selalu menandakan bahwa kualitas produk tersebut buruk, kualitas produk yang dihasilkan selain dilihat menggunakan uji tanin, tapi juga harus dilihat dari beberapa faktor seperti aktivitas enzim. Tanin memiliki beberapa potensi manfaat, meskipun tidak selalu menentukan kualitas secara keseluruhan dari eco enzyme yaitu seperti mengandung antioksidan, anti mikroba, pengikat logam, meningkatkan efektivitas pembersih dll.

Uji TDS

Total Dissolved Solid (TDS) merupakan penanda jumlah padatan terlarut atau konsentrasi jumlah ion kation dan anion di dalam air(Widiani dkk., 2021). Pada pengujian TDS memiliki beberapa tujuan seperti menilai kualitas dari eco enzyme yang dihasilkan, serta menentukan bidang pengaplikasian dari produk eco enzyme. Interpretasi pengukuran TDS eco enzyme tergantung pada tujuan pengukuran dan jenis eco enzyme yang digunakan. Untuk eco enzyme yang berkualitas tinggi memiliki nilai TDS sebesar 500-1000 ppm. Namun jika dipertimbangkan berdasarkan beberapa bidang nilai TDS yang digunakan berbeda-beda. Jika digunakan sebagai cairan pembersih rumah tangga nilai TDS yang idealnya kurang dari 500 ppm, sedangkan jika digunakan untuk perawatan kulit idealnya nilai TDS kecil dari 200 ppm(Gaspersz & Fitrihidajati, 2022). Pada pengujian yang dilakukan didapatkan hasil pada eco enzyme dari limbah segar memiliki nilai TDS sebesar 127 ppm, sedangkan yang menggunakan limbah kering nilai didapatkan nilai TDS sebesar 235 ppm. Limbah kering memiliki kandungan mineral dan bahan padat lebih tinggi per berat kering. Saat dilakukan fermentasi, maka mineral seperti K, Ca, Mg, dan P akan larut bersama enzim atau asam organik, sehingga meningkatkan total padatan terlarut (TDS). Studi eco enzyme menunjukkan kandungan makro-mikro nutrien seperti (K, N, P Mg, Ca, B, Fe, Zn) cukup tinggi pada sampel kering sehingga mengindikasikan bertambahnya TDS yang signifikan(Siregar dkk., 2024).

Dari penelitian menunjukkan bahwa baik limbah segar maupun limbah kering dapat digunakan dalam pembuatan eco enzyme dengan kualitas yang baik. Namun, eco enzyme dari limbah kering menunjukkan konsentrasi yang lebih tinggi dan bau yang lebih kuat. Temuan ini dapat menjadi referensi dalam memulai pengolahan limbah organik rumah tangga secara praktis dan ramah lingkungan.

Penelitian ini hanya membandingkan dua model perlakuan saja yaitu limbah segar dan limbah yang dikeringkan terlebih dahulu tanpa analisis lebih lanjut terkait aktivitas spesifik dan uji mikrobiologi. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkaji aktivitas enzim secara lebih detail dan dapat mengembangkan aplikasi enzyme dalam berbagai bidang.

KESIMPULAN

Berdasarkan uji yang telah dilakukan, produk limbah segar volume yang didapatkan sebesar 2200 ml memiliki warna coklat kemerahan atau lebih terang, dan tidak mengandung

tanin yang ditandai dengan uji negatif berwarna coklat terang, lebih dominan berbau buah jeruk, dengan pH nya sebesar 3,65 dan nilai TDS nya 127 ppm sehingga dapat digunakan sebagai cairan pembersih. Sedangkan pada limbah kering memiliki volume lebih sedikit yaitu sebanyak 100 ml memiliki warna coklat gelap, dan juga tidak mengandung tanin yang ditandai dengan warna coklat kehitaman, baunya lebih dominan berbau buah nanas, dengan pH yang didapatkan sebesar 3,53 dan nilai TDS nya sebesar 235 ppm yang menunjukkan dapat digunakan sebagai cairan pembersih rumah tangga.

DAFTAR PUSTAKA

- Annesa Mardatillah, Dini Pebrianti Mikra, FitraSalma, R. F. (2022). Pembuatan ecoenzyme sebagai upaya pengolahan limbah rumah tangga. *Prosiding semnas bio. Uin Syarif Hidayatullah*. Jakarta, 418–425.
<https://semnas.biologi.fmipa.unp.ac.id/index.php/prosiding/article/view/465/440>
- Gaspersz, M. M., & Fitrihidajati, H. (2022). Pemanfaatan ekoenzim berbahan limbah kulit jeruk dan kulit nanas sebagai agen remediasi LAS detergen. *LenteraBio*, 11(3), 503–513.
- Hartoyo, A. P. P., Istomo, & Rahaju, S. (2023). Aplikasi ekoenzim untuk peningkatan pertumbuhan tanaman pada sistem agroforestri jati di Desa Sugihwaras, Magetan, Jawa Timur. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat (PIM)*, 5(2), 168–182.
<https://doi.org/10.29244/jpim.5.2.168-182>
- Hermawan, W., & Madyasti, F. S. (2023). Pemanfaatan limbah buah dan sayur sebagai ecoenzyme alternatif pestisida sintetik di Desa Sukapura, Kecamatan Kertasari, Kabupaten Bandung. *Jurnal Dharmakarya*, 12(1), 71.
<https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v11i2.36174>
- Hikmatriona, M., Firnadi, N. F., & Nurhidayanti, N. (2022). Pembuatan dan analisis eco enzyme dengan memanfaatkan limbah rumah tangga. *Prosiding SAINTEK: Sains Dan Teknologi Vol.1 No.1*, 1(1), 479–482.
- Istanti, A., & Utami, S. W. (2022). Utilization of household waste into eco-enzyme in gitik village , Rogojampi District , Banyuwangi. *jurnal Warta pengabdian. University of Jember*. 16(1), 30–43. <https://doi.org/10.19184/wrtp.v16i1.27328>
- Larasati, D., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. (2020). Uji organoleptik produk eco-enzyme dari limbah kulit buah (Studi kasus di kota Semarang). *Jurnal Edusaintek, Fmipa Unimus*, 278–283.
- Mahmudah, N. A., Maharani, E. T. W., & Astuti, P. A. (2021). Analisis efektivitas ecoenzym dari limbah organik kulit mentimun sebagai pengawet tomat. *BIOSEL (Biology Science and Education): Jurnal Penelitian Science Dan Pendidikan*, 10(2), 182–192.
- Nissa, U. R., Astuti, A. P., & Maharani, E. T. W. (2020). Organoleptic test of the ecoenzyme pineapple honey with variations in water content. *Seminar Nasional Edusaintek FMIPA UNIMUS 2020*, 408–414.

- Nur Laila, S. (2024). Potensi pemanfaatan eco-enzym berbasis buah sebagai pupuk pada pertumbuhan sawi hijau (*brassica juncea* l.). *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, 10(1), 74–87. <https://doi.org/10.21831/kingdom.v10i1.18379>
- Nurul, S., Irwan, R., Yuwono, N. W., Utami, R. N., & Ilmiah, H. H. (2025). Peningkatan kapasitas masyarakat melalui pengolahan limbah organik untuk pupuk tanaman di pekarangan perkotaan (community capacity building through treatment of organic waste for plant fertilizer at urban home garden “ pekarangan ”), 9(2), 164–172.
- Orzuna-Orzuna, J. F., Dorantes-Iturbide, G., Lara-Bueno, A., Mendoza-Martínez, G. D., Miranda-Romero, L. A., & Lee-Rangel, H. A. (2021). *Jurnal Animals*, 11(11), 1–26. <https://doi.org/10.3390/ani11113184>
- Rukmini, P., & Astuti Herawati, D. (2023). Eco-enzyme from organic waste (fruit and rhizome waste) fermentation. *Jurnal Kimia Dan Rekayasa*, 4(1), 23–29. <https://doi.org/10.31001/jkireka.v4i1.62>
- Rusdianasari, Syakdani, A., Zaman, M., Sari, F. F., Nasyta, N. P., & Amalia, R. (2021). Production of disinfectant by utilizing eco-enzyme from fruit peels waste. *International Journal of Research in Vocational Studies (IJRVOCAS)*, 1(3), 01–07. <https://doi.org/10.53893/ijrvocas.v1i3.53>
- Siregar, B. L., Siallagan, R. S., & Butar, S. B. (2024). The nutrient content of eco-enzymes from mixture of various fruit peels. *Agro Bali : Agricultural journal*. 7(2), 475–487.
- Takdir, N., Wandik, B., & Ferro, S. (2023). Pembuatan ekoenzim dari buah jambu air (*Syzygium aqueum*). *Jurnal HOLAN, Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(2), 124–127. <https://doi.org/https://doi.org/10.61578/holan.vol3.no2.art2>
- Widiani, N., & Novitasari, A. (2021). Produksi dan karakterisasi eco-enzim dari limbah organik dapur. *BIOEDUKASI Jurnal Pendidikan Biologi Universitas Muhammadiyah Metro*.