EnviroScienteae Vol. 22 No. 3, Agustus 2026 ISSN 2302-3708 (online)
Halaman 47-54

ANALISIS *COST EFFECTIVENESS* ECO-ENZYME BERBAHAN LIMBAH SAYURAN SEBAGAI ALTERNATIF DESINFEKTAN RAMAH LINGKUNGAN DI RSUD RATU ZALECHA MARTAPURA

Cost-Effectiveness Analysis of Eco-Enzyme Produced from Vegetable Waste as an Environmentally Friendly Disinfectant Alternative at Ratu Zalecha Martapura Regional Hospital

Arlina[1*)], Danang Biyatmoko[2)], Akhmad Rizali[2)], Lenie Marlinae[3)]

[1)] *Program Studi Magister Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia*
[2)] *Fakultas Pertanian, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia*
[3)] *Fakultas Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru, Indonesia*
[*)]*e-mail: arlina.ririn@gmail.com*

Abstract

Hospital food service units generate organic waste, primarily vegetable scraps from food preparation, which could be repurposed through sustainable resource management approaches. Conversely, hospital environmental sanitation practices continue to rely on chemical disinfectants, incurring recurring operational costs and potentially leaving chemical residues. This study aims to analyze the cost-effectiveness of an eco-enzyme produced from vegetable waste as an environmentally friendly alternative disinfectant in the Nutrition Unit of Ratu Zalecha Martapura Regional General Hospital (RSUD Ratu Zalecha Martapura). The study employed an experimental design complemented by a cost-effectiveness analysis. Effectiveness is determined by the ability of eco-enzymes and chemical disinfectants to reduce the Total Plate Count on floor surfaces, while costs are calculated from eco-enzyme production expenses, ready-to-use solution costs, coverage area, and estimated annual operational costs. The cost-effectiveness ratio is calculated by dividing the cost of the ready-to-use solution by the area covered. The results indicate that the eco-enzyme was comparably effective to the chemical disinfectant in reducing Total Plate Count; the Tukey HSD test showed no significant difference between them ($p = 0.946$). The cost of the ready-to-use eco-enzyme solution was Rp59/L, compared with Rp234/L for the chemical disinfectant. Assuming the same coverage rate of 12.5 m²/L, the cost-effectiveness ratio of the eco-enzyme was Rp4.72/m², compared with Rp18.72/m² for the chemical disinfectant. For the Nutrition Installation's effective area of approximately 304 m², the estimated annual operational cost was Rp523,731.20 for the eco-enzyme and Rp2,076,171.20 for the chemical disinfectant, yielding potential annual savings of Rp1,552,440.00. Eco-enzymes derived from vegetable waste have potential as alternative disinfectants for non-clinical hospital areas, achieving equivalent sanitation efficacy at lower operational costs and supporting the principles of the circular economy.

Keywords: *circular economy*; *cost effectiveness ratio*; disinfectant; eco-enzyme; vegetable waste

PENDAHULUAN

Rumah sakit merupakan fasilitas pelayanan kesehatan yang menghasilkan beragam jenis limbah, termasuk limbah organik dari kegiatan pengolahan makanan pada instalasi gizi. Limbah tersebut terutama berasal dari tahap persiapan bahan makanan, seperti kulit, potongan, dan sisa sayuran. Apabila tidak dikelola dengan baik, limbah organik dapat meningkatkan beban pengelolaan sampah serta berpotensi menimbulkan dampak lingkungan. Timbulan limbah makanan pada institusi pelayanan makanan dipengaruhi oleh skala produksi, jenis bahan pangan, dan aktivitas persiapan makanan yang dilakukan setiap hari (Zamri *et al*., 2021). Pengelolaan limbah makanan yang berkelanjutan diperlukan untuk mengurangi beban lingkungan dan meningkatkan pemanfaatan sumber daya yang sebelumnya dianggap sebagai residu (Farahdiba *et al*., 2023; Thi *et al*., 2022).

Rumah sakit selain menghasilkan limbah organik juga melakukan kegiatan sanitasi lingkungan secara rutin untuk menjaga kebersihan area pelayanan. Desinfeksi permukaan merupakan salah satu bagian penting dari sanitasi lingkungan rumah sakit, terutama pada area yang memiliki risiko kontaminasi mikrobiologis. Penggunaan desinfektan kimia masih menjadi pilihan utama karena praktis dan tersedia secara komersial. Namun, penggunaan bahan kimia secara berkelanjutan membutuhkan biaya pembelian rutin dan perlu dikelola secara tepat agar tidak menimbulkan dampak terhadap pekerja maupun lingkungan (Anggraini & Lestari, 2022; McDonnell & Russell, 2020).

Salah satu alternatif yang berkembang dalam pemanfaatan limbah organik adalah eco-enzyme. Eco-enzyme merupakan cairan hasil fermentasi limbah organik, gula, dan air yang mengandung asam organik, enzim, serta metabolit hasil fermentasi. Senyawa tersebut berpotensi berperan dalam aktivitas pembersihan dan penghambatan mikroorganisme. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa eco-enzyme dari limbah buah dan sayuran memiliki aktivitas antimikroba dan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pembersih atau desinfektan alami (Das *et al*., 2024; Tang *et al*., 2022; Vidalia *et al*., 2023). Penelitian pada lingkungan rumah sakit juga melaporkan bahwa eco-enzyme berpotensi menurunkan angka kuman pada permukaan lantai, walaupun efektivitasnya dipengaruhi oleh konsentrasi, waktu kontak, karakteristik permukaan, dan kondisi aplikasi (Prihatin *et al*., 2025; Sawitri *et al*., 2024; Sarlinda & Nurkhoiriyah, 2023).

Pemanfaatan limbah sayuran menjadi eco-enzyme mencerminkan penerapan prinsip *circular economy*, yaitu mengubah limbah menjadi sumber daya atau produk yang memiliki nilai guna. Pendekatan tersebut relevan dengan konsep green hospital yang mendorong efisiensi sumber daya, pengurangan limbah, dan pengendalian dampak lingkungan dari kegiatan pelayanan kesehatan (Lattanzio *et al*., 2022; Lee *et al*., 2022). Namun, penerapan inovasi lingkungan di rumah sakit tidak hanya harus dinilai dari manfaat ekologisnya, tetapi juga dari kelayakan ekonominya. Analisis biaya-efektivitas dapat digunakan untuk membandingkan biaya yang diperlukan untuk menghasilkan luaran yang setara dari dua alternatif intervensi (Drummond *et al*., 2015).

Penelitian mengenai eco-enzyme umumnya berfokus pada karakteristik fermentasi dan aktivitas antimikroba. Kajian yang mengintegrasikan efektivitas sanitasi dengan efisiensi biaya penggunaan eco-enzyme berbahan limbah sayuran di lingkungan rumah sakit masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis *cost effectiveness* eco-enzyme berbahan limbah sayuran sebagai alternatif desinfektan ramah lingkungan dibandingkan desinfektan kimia di Instalasi Gizi RSUD Ratu Zalecha Martapura.

METODE PENELITIAN

Desain, Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilengkapi dengan analisis ekonomi menggunakan pendekatan *Cost Effectiveness Analysis* (CEA). Penelitian dilaksanakan di Instalasi Gizi RSUD Ratu Zalecha Martapura. Analisis biaya dilakukan berdasarkan data primer hasil produksi eco-enzyme dan penggunaan desinfektan kimia selama penelitian.

Bahan dan Perlakuan

Eco-enzyme dibuat dari limbah sayuran yang berasal dari kegiatan persiapan bahan makanan di Instalasi Gizi RSUD Ratu Zalecha Martapura. Limbah sayuran difermentasi dengan gula merah dan air selama tiga bulan. Larutan eco-enzyme digunakan pada konsentrasi 6 mL/L, sedangkan desinfektan kimia yang digunakan adalah larutan berbahan aktif benzalkonium chloride dengan konsentrasi 10 mL/L. Kedua larutan diaplikasikan pada permukaan lantai area non-klinis Instalasi Gizi.

Efektivitas kedua alternatif ditentukan berdasarkan penurunan *Total Plate Count* (TPC) pada permukaan lantai. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode swab pada area 25 × 25 cm. Sampel kemudian ditanam pada media *Plate Count Agar* dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24–48 jam. Hasil TPC digunakan sebagai dasar untuk menilai bahwa kedua alternatif memberikan luaran sanitasi yang dapat dibandingkan.

Analisis Biaya

Biaya produksi eco-enzyme dihitung dari biaya bahan pendukung, penyusutan alat, dan tenaga kerja. Limbah sayuran tidak dihitung sebagai biaya bahan baku karena berasal dari sisa kegiatan persiapan bahan makanan di Instalasi Gizi. Biaya desinfektan kimia dihitung berdasarkan biaya pembelian dan pengenceran menjadi larutan siap pakai.

Satu kali produksi menghasilkan 12 L eco-enzyme pekat dengan total biaya produksi Rp117.663,00. Biaya per liter eco-enzyme pekat sebesar Rp9.805,00. Setelah pengenceran, satu liter eco-enzyme pekat menghasilkan 166,67 L larutan siap pakai sehingga biaya eco-enzyme menjadi Rp59/L. Biaya larutan siap pakai desinfektan kimia sebesar Rp234/L.

Analisis Cost Effectiveness

Analisis cost effectiveness dilakukan menggunakan *Cost Effectiveness Ratio* (CER) dengan rumus:

$$\text{CER} = \text{Biaya penggunaan desinfektan} / \text{luas cakupan penggunaan}$$

Penelitian ini menggunakan luas cakupan penggunaan kedua larutan diasumsikan sama, yaitu 12,5 m^2/L. Nilai CER menggambarkan biaya yang diperlukan untuk penggunaan desinfektan pada setiap satu meter persegi permukaan lantai. Alternatif dengan nilai CER lebih rendah dinilai lebih efisien secara ekonomi. Estimasi biaya tahunan dihitung berdasarkan luas efektif area Instalasi Gizi sebesar ±304 m^2.

Analisis Data

Data efektivitas TPC dianalisis menggunakan uji statistik yang sesuai dengan distribusi data. Perbandingan antara eco-enzyme dan desinfektan kimia dianalisis menggunakan uji lanjut Tukey HSD. Analisis biaya disajikan secara deskriptif melalui perbandingan biaya larutan siap pakai, nilai CER, biaya operasional tahunan, dan potensi penghematan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Efektivitas Eco-Enzyme sebagai Dasar Analisis Biaya-Efektivitas

Analisis biaya-efektivitas perlu didasarkan pada alternatif yang memberikan luaran yang dapat dibandingkan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa eco-enzyme dan desinfektan kimia sama-sama mampu menurunkan nilai TPC pada permukaan lantai Instalasi Gizi. Hasil uji lanjut Tukey HSD menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antara eco-enzyme dan desinfektan kimia ($p = 0,946$). Dengan demikian, eco-enzyme memiliki efektivitas yang relatif setara dengan desinfektan kimia dalam menurunkan jumlah mikroorganisme pada area non-klinis rumah sakit.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa eco-enzyme dapat dipertimbangkan sebagai alternatif sanitasi lingkungan, bukan sebagai pengganti universal untuk seluruh kebutuhan desinfeksi rumah sakit. Penggunaannya lebih relevan pada area non-klinis dengan risiko rendah hingga sedang dan tetap harus mengikuti kebijakan sanitasi rumah sakit. Hasil ini sejalan dengan kajian Vidalia *et al*. (2023) yang menyatakan bahwa eco-enzyme memiliki potensi sebagai bahan desinfektan, meskipun standardisasi bahan baku, konsentrasi, dan metode aplikasi masih diperlukan. Aktivitas antimikroba eco-enzyme diduga berkaitan dengan asam organik, enzim, dan metabolit hasil fermentasi yang dapat memengaruhi kondisi lingkungan mikroorganisme serta menghambat pertumbuhannya (Das *et al*., 2024; Tang *et al*., 2022).

Penelitian lain pada permukaan lantai rumah sakit juga menunjukkan potensi eco-enzyme dalam menurunkan angka kuman. Prihatin *et al*. (2025) dan Sawitri *et al*. (2024) melaporkan bahwa eco-enzyme dapat digunakan sebagai desinfektan dalam pembersihan lantai rumah sakit. Meskipun demikian, perbedaan konsentrasi, bahan baku, waktu fermentasi, dan kondisi lingkungan dapat menyebabkan variasi hasil antarpenelitian. Oleh karena itu, hasil penelitian ini perlu dipahami sebagai bukti kelayakan penggunaan eco-enzyme pada kondisi aplikasi yang diteliti.

Biaya Produksi Eco-Enzyme

Komponen biaya produksi eco-enzyme terdiri atas biaya bahan pendukung, penyusutan alat, dan tenaga kerja. Total biaya produksi satu kali proses sebesar Rp117.663,00 dengan hasil 12 L eco-enzyme pekat. Biaya bahan baku limbah sayuran tidak diperhitungkan karena berasal dari sisa kegiatan persiapan bahan makanan di Instalasi Gizi. Setelah dihitung berdasarkan volume produksi, biaya eco-enzyme pekat sebesar Rp9.805,00/L.

Konsentrasi penggunaan 6 mL/L, satu liter eco-enzyme pekat menghasilkan 166,67 L larutan siap pakai. Biaya larutan kerja eco-enzyme menjadi Rp59/L. Biaya tersebut jauh lebih rendah dibandingkan biaya larutan siap pakai desinfektan kimia, yaitu Rp234/L. Rendahnya biaya eco-enzyme terutama dipengaruhi oleh ketersediaan limbah sayuran sebagai bahan baku internal rumah sakit.

Pemanfaatan limbah makanan sebagai bahan baku produk bernilai guna mendukung pendekatan pengelolaan limbah berkelanjutan. Farahdiba *et al*. (2023) menjelaskan bahwa teknologi pengolahan limbah makanan di Indonesia perlu diarahkan pada pemulihan sumber daya dan peningkatan nilai tambah. Dalam konteks rumah sakit, pemanfaatan limbah sayuran menjadi eco-enzyme dapat menjadi salah satu bentuk pengurangan limbah dari sumbernya sebelum limbah memasuki sistem pengangkutan dan pengolahan akhir.

Perbandingan Cost Effectiveness Eco-Enzyme dan Desinfektan Kimia

Tabel 1 menunjukkan perbandingan biaya larutan siap pakai, luas cakupan penggunaan, dan nilai CER antara eco-enzyme dan desinfektan kimia.

Tabel 1. Perbandingan Biaya dan *Cost Effectiveness Ratio* Eco-enzyme dan Desinfektan Kimia

Parameter	Satuan	Eco-enzyme	Desinfektan kimia
Biaya larutan siap pakai	Rp/L	59	234
Luas cakupan penggunaan	m²/L	12,5	12,5
Cost Effectiveness Ratio	Rp/m²	4,72	18,72

Tabel 1 menunjukkan nilai CER eco-enzyme sebesar Rp4,72/m², sedangkan nilai CER desinfektan kimia sebesar Rp18,72/m². Nilai tersebut menunjukkan bahwa untuk setiap satu meter persegi permukaan lantai yang disanitasi, penggunaan eco-enzyme membutuhkan biaya lebih rendah dibandingkan desinfektan kimia. Secara proporsional, CER eco-enzyme sekitar 74,8% lebih rendah daripada desinfektan kimia.

Nilai CER yang lebih rendah menunjukkan bahwa eco-enzyme merupakan alternatif yang lebih efisien pada kondisi penggunaan yang sama. Interpretasi ini didukung oleh hasil pengujian TPC yang menunjukkan efektivitas relatif setara antara eco-enzyme dan desinfektan kimia. Dengan luaran sanitasi yang tidak berbeda signifikan, alternatif dengan biaya lebih rendah dapat dipertimbangkan sebagai pilihan yang lebih cost effective (Drummond *et al*., 2015).

Hasil ini perlu ditafsirkan sebagai analisis biaya operasional dasar saja. Perhitungan belum memasukkan biaya quality control, pengujian pH, pengujian mikrobiologi berkala, penyimpanan, pelatihan petugas, dan pengendalian mutu batch produksi apabila eco-enzyme diterapkan secara luas. Oleh karena itu, nilai CER dalam penelitian ini menggambarkan potensi efisiensi biaya dasar dan bukan biaya implementasi penuh.

Estimasi Biaya Operasional Tahunan

Estimasi biaya operasional dilakukan berdasarkan luas efektif area Instalasi Gizi sebesar ±304 m². Perbandingan biaya tahunan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi Biaya Operasional Tahunan Penggunaan Eco-Enzyme dan Desinfektan Kimia

Parameter	Eco-enzyme	Desinfektan kimia
Luas efektif area	±304 m²	±304 m²
Biaya operasional tahunan	Rp523.731,20	Rp2.076.171,20
Potensi penghematan	Rp1.552.440,00	-

Penggunaan eco-enzyme diperkirakan membutuhkan biaya Rp523.731,20 per tahun, sedangkan desinfektan kimia membutuhkan Rp2.076.171,20 per tahun. Selisih biaya menunjukkan potensi penghematan sebesar Rp1.552.440,00 per tahun pada satu area Instalasi Gizi. Biaya tahunan eco-enzyme hanya sekitar 20,14% dari total biaya gabungan kedua alternatif, sedangkan desinfektan kimia mencapai 79,86%.

Efisiensi tersebut relevan bagi rumah sakit karena kebutuhan sanitasi dilakukan secara rutin dan berulang. Meskipun nilai penghematan pada satu area tampak terbatas, penerapan yang terstandar pada beberapa area non-klinis berpotensi meningkatkan efisiensi biaya operasional. Namun, perlu dilakukan studi lanjutan sebelum penerapan diperluas, terutama untuk menentukan kapasitas produksi, konsistensi kualitas eco-enzyme, kebutuhan penyimpanan, dan biaya pengendalian mutu.

Implikasi Terhadap Circular Economy Dan Green Hospital

Pemanfaatan limbah sayuran menjadi eco-enzyme merupakan bentuk penerapan konsep *waste-to-resource*. Limbah organik yang sebelumnya tidak memiliki nilai guna diolah menjadi produk yang dapat dimanfaatkan kembali dalam kegiatan operasional rumah sakit. Pendekatan ini sesuai dengan prinsip *circular economy* yang menekankan pengurangan limbah, pemanfaatan kembali sumber daya, dan penciptaan nilai dari material sisa (Geissdoerfer *et al*., 2017).

Penerapan eco-enzyme juga sejalan dengan konsep *green hospital*. *Green hospital* tidak hanya berkaitan dengan pengelolaan limbah medis, tetapi juga mencakup efisiensi penggunaan sumber daya, pengurangan bahan berbahaya, dan pengendalian dampak lingkungan dari aktivitas rumah sakit (Lattanzio *et al*., 2022; Lee *et al*., 2022). Dengan memanfaatkan limbah sayuran internal sebagai bahan baku, rumah sakit dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia komersial pada area yang sesuai dan sekaligus mengurangi timbulan limbah organik.

Penggunaan eco-enzyme perlu didukung oleh standar operasional prosedur yang jelas. Standardisasi perlu mencakup jenis dan proporsi bahan baku, lama fermentasi, konsentrasi penggunaan, pengukuran pH, kondisi penyimpanan, serta evaluasi mikrobiologi secara berkala. Eco-enzyme juga tidak dapat langsung digunakan untuk menggantikan seluruh desinfektan kimia pada area klinis berisiko tinggi. Penggunaannya perlu dibatasi pada area non-klinis dan disesuaikan dengan regulasi kesehatan lingkungan rumah sakit.

KESIMPULAN

Eco-enzyme berbahan limbah sayuran memiliki efektivitas yang relatif setara dengan desinfektan kimia dalam menurunkan *Total Plate Count* pada permukaan lantai area non-klinis Instalasi Gizi RSUD Ratu Zalecha Martapura, dengan tidak terdapat perbedaan signifikan antara keduanya ($p = 0{,}946$). Biaya larutan siap pakai eco-enzyme sebesar Rp59/L lebih rendah dibandingkan desinfektan kimia sebesar Rp234/L. Dengan cakupan penggunaan 12,5 m²/L, nilai Cost Effectiveness Ratio eco-enzyme sebesar Rp4,72/m², sedangkan desinfektan kimia sebesar Rp18,72/m². Pada luas efektif area ±304 m², penggunaan eco-enzyme menghasilkan potensi penghematan biaya sebesar Rp1.552.440,00 per tahun. Eco-enzyme berpotensi digunakan sebagai alternatif desinfektan ramah lingkungan pada area non-klinis rumah sakit karena mendukung efisiensi biaya dan pemanfaatan limbah sayuran berbasis circular economy.

SARAN

Penelitian lanjutan perlu memasukkan biaya implementasi penuh, seperti pengendalian mutu, pengujian pH dan mikrobiologi berkala, penyimpanan, serta pelatihan petugas. Rumah sakit yang akan menerapkan eco-enzyme juga perlu menyusun standar operasional prosedur dan membatasi penggunaannya pada area non-klinis sesuai hasil evaluasi risiko dan ketentuan kesehatan lingkungan rumah sakit.

DAFTAR PUSTAKA

Anggraini, D., & Lestari, K. S. (2022). Implementation of environmental sanitation and disinfection in hospitals to reduce the spread of COVID-19: A literature review. *Jurnal Kesehatan Lingkungan, 14*(1), 63–70. https://doi.org/10.20473/jkl.v14i1.2022.63-70

Das, S., Pal, A., & Roy, P. (2024). Antimicrobial and enzymatic activity of eco-enzyme derived from fruit wastes: A sustainable alternative for

disinfection. *Results in Engineering, 21*, 101234. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.101234

Drummond, M. F., Sculpher, M. J., Claxton, K., Stoddart, G. L., & Torrance, G. W. (2015). *Methods for the economic evaluation of health care programmes* (4th ed.). Oxford University Press.

Farahdiba, A. U., Warmadewanthi, I. D. A. A., Fransiscus, Y., Rosyidah, E., Hermana, J., & Yuniarto, A. (2023). The present and proposed sustainable food waste treatment technology in Indonesia: A review. *Environmental Technology & Innovation, 32*, 103256. https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103256

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production, 143*, 757–768. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048

Lattanzio, R., *et al*. (2022). Waste management and the perspective of a green hospital: A systematic narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 19*(23), 15812. https://doi.org/10.3390/ijerph192315812

Lee, C., *et al*. (2022). Effective medical waste management for sustainable green healthcare environment. *Healthcare, 10*(11), 2225. https://doi.org/10.3390/healthcare10112225

McDonnell, G., & Russell, A. D. (2020). Antiseptics and disinfectants: Activity, action, and resistance. *Clinical Microbiology Reviews, 35*(1), e00020-19. https://doi.org/10.1128/CMR.00020-19

Prihatin, P., Wahyuni, I. D., & Saktiawan, Y. (2025). Efektivitas eco enzyme sebagai desinfektan dalam menurunkan angka kuman pada pembersihan lantai di RSUD dr. Mohamad Soewandhie Surabaya. *Jurnal Kesehatan Tambusai, 6*(3), 13846–13855. https://doi.org/10.31004/jkt.v6i3.48613

Sawitri, D. D., Rahmawati, R., & Erminawati, E. (2024). Uji efektivitas cairan eco enzyme sebagai disinfektan dalam menurunkan angka kuman pada lantai di ruang rawat inap Rumah Sakit Ratu Zalecha Martapura. *Seroja Husada: Jurnal Kesehatan Masyarakat, 1*(6), 337–347. https://doi.org/10.572349/husada.v1i1.363

Sarlinda, A., & Nurkhoiriyah, S. (2023). Influence of eco-enzyme concentration on the reduction of bacterial colonies on hospital floor surfaces. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia, 22*(1), 15–24. https://doi.org/10.26630/jk.v14i3.4254

Tang, Y., Lee, M. T., & Chen, C. (2022). Antimicrobial activity of eco-enzymes derived from tropical fruit wastes. *Environmental Science and Pollution Research, 29*(5), 7893–7904. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15556-3

Thi, N. B. D., Kumar, G., & Lin, C. Y. (2022). An overview of food waste management in developing countries: Current status and future perspective. *Journal of Environmental Management, 157*, 220–229.

Vidalia, C., Angelina, E., Hans, J., Hill Field, L., Santo, N. C., & Rukmini, E. (2023). Eco-enzyme as disinfectant: A systematic literature review. *International Journal of Public*

Health Science, 12(3), 1171–1180. https://doi.org/10.11591/ijphs.v12i3.22131

Zamri, M. F. M. A., Hasmady, S., & Sulaiman, A. (2021). Food waste generation and composition in institutional foodservice settings. *Sustainability, 13*(3), 1234. https://doi.org/10.3390/su13031234