

PENGARUH BAHAN BAKU TERHADAP AKTIVITAS ANTIMIKROBA EKOENZIM : SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Sarly Sunarsih* ; Dewi Mustikaningtyas; Nugrahaningsih WH; Talitha Widiatningrum

Prodi Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Semarang

Jl. Raya Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229

*Email : sarlysunarsih@students.unnes.ac.id

Abstrak

Ekoenzim merupakan larutan multi guna yang diproduksi dari hasil fermentasi limbah organik berupa limbah sisa sayuran dan buah-buahan, dan memiliki aktivitas antimikroba. penelitian sebelumnya menunjukkan perbedaan hasil aktivitas antimikroba ekoenzim berdasarkan perbedaan bahan baku yang digunakan. Beberapa jenis bahan baku menunjukkan hasil aktivitas antimikroba ekoenzim yang baik, tetapi ditemukan pula bahan baku yang tidak menunjukkan aktivitas antimikroba sama sekali. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh bahan baku pembuatan ekoenzim terhadap aktivitas antimikroba yang terkandung di dalamnya. Penelitian ini adalah *Systematic Literature Review* yang ditulis berdasarkan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA). Pencarian digital melalui *Google Scholar*, *ScienceDirect*, *OpenAlex*, dan *Pubmed* menghasilkan 24 artikel yang kemudian dianalisis. Hasil Penelitian menemukan bahwa bahan baku terbukti berpengaruh terhadap aktivitas antimikroba ekoenzim, dikarenakan beberapa jenis bahan baku memberikan pengaruh positif terhadap aktivitas antimikroba ekoenzim, sedangkan terdapat bahan baku yang tidak memberikan pengaruh dan memiliki hasil negatif terhadap aktivitas antimikroba ekoenzim. Bahan baku yang menunjukan hasil positif terhadap aktivitas antimikroba adalah sampah kulit nanas, kulit jeruk, kulit pisang dan sisa tomat. Kelompok bahan baku ini menunjukan hasil aktivitas antimikroba yang baik jika digunakan sebagai bahan baku tunggal maupun dalam campuran, baik itu dengan sampah buah-buahan lainnya maupun sampah sayur-sayuran. Bahan baku yang tidak menunjukkan aktivitas antimikroba adalah daun kayu putih. Pembuatan ekoenzim dengan atau campuran daun kayu putih sebaiknya dihindari guna memaksimalkan potensi aktivitas antimikroba ekoenzim.

Kata Kunci : *Antimikroba, Ekoenzim, Fermentasi, Sampah Organik*

Abstract

Eco-enzyme is a multi-purpose solution produced from the fermentation of organic waste in the form of vegetable and fruit waste, and has antimicrobial activity. Previous studies have shown differences in the results of eco-enzyme antimicrobial activity based on differences in the raw materials used. Several types of raw materials show good eco-enzyme antimicrobial activity results, while there are also raw materials that do not show any antimicrobial activity at all. This study aims to determine the effect of raw materials for making eco-enzymes on the antimicrobial activity contained therein. This study is a Systematic Literature Review written based on the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses (PRISMA). Digital searches through Google Scholar, ScienceDirect, Open Alex, and Pubmed produced 24 articles which will then be analyzed. The results of the study found that raw materials were proven to have an effect on the antimicrobial activity of eco-enzymes, because several types of raw materials had a positive effect on the antimicrobial activity of eco-enzymes, while there were raw materials that did not have an effect and had negative results on the antimicrobial activity of eco-enzymes. Raw materials that showed positive results for antimicrobial activity were pineapple peel, orange peel, banana peel, and tomato waste. This group of raw materials showed good antimicrobial activity results when used as single raw materials or in a mixture, either with other fruit waste or vegetable waste. Raw materials that did not show antimicrobial activity were eucalyptus leaves. Making eco-enzymes with or mixed with eucalyptus leaves should be avoided in order to maximize the potential antimicrobial activity of eco-enzymes.

Keywords : *Antimicrobial, Eco-Enzyme, Fermentation, organic waste.*

PENDAHULUAN

Sampah organik merupakan sampah mudah terurai seperti kulit buah dan sayur yang dihasilkan oleh industri pengolahan makanan, pasar sayur, restoran, dan sisa kegiatan rumah tangga. Sampah organik sering pula disebut sebagai limbah dapur (Mahyudin, 2017). Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan pada tahun 2020 memperkirakan total sedikitnya 67,8 juta ton sampah akan tertimbun di Indonesia, dengan komposisi didominasi oleh sampah organik khususnya sampah domestik seperti sisa makanan dengan proporsi sebesar 41,27 juta ton. Kulit buah-buahan, sayur-sayuran dan sisa kegiatan rumah tangga lainnya merupakan contoh sampah organik. Masalah utama

yang berkaitan dengan sampah adalah kurangnya pengelolaan sampah, sehingga menimbulkan beban lingkungan. Upaya untuk mengurangi dampak negatif dari sampah organik adalah dengan implementasi sejumlah metode pengolahan sampah seperti pembuatan ekoenzim (Dalimunthe *et al.*, 2021). Ekoenzim dapat menjadi alternatif solusi penanganan sampah organik dalam skala rumah tangga karena dapat mengurangi jumlah sampah yang dibuang secara langsung ke lingkungan atau tempat pembuangan akhir (TPA), dengan diolah langsung di rumah untuk menjadi produk yang lebih bermanfaat (Nurhamidah *et al.*, 2021).

Ekoenzim pertama kali ditemukan oleh Dr. Rosukon Poompanvong dari Thailand yang merupakan *founder* Thai Organic Farming Association (Arun & Sivashanmugam, 2015). Ekoenzim adalah cairan yang diproduksi dari hasil fermentasi limbah organik berupa limbah sisa sayuran dan buah-buahan (Septiani *et al.*, 2021). Fermentasi merupakan proses yang menggunakan mikroorganisme untuk memecah senyawa organik dan menghasilkan energi, berlangsung secara anaerobik, dimana penguraian zat organik terjadi tanpa bantuan oksigen (Ginting & Prayitno, 2021). Ekoenzim yang sudah siap panen harus memenuhi beberapa kriteria, yakni pH berkisar 4, warna cerah, dan aromanya segar khas fermentasi (Hasanah, 2020). Cairan ekoenzim berwarna kecokelatan dan memiliki aroma asam yang segar dan kuat (Hemalatha & Visantini, 2020). Fermentasi ekoenzim membutuhkan waktu 3 bulan (Ginting *et al.*, 2021). Limbah organik seperti kulit buah dan sayuran sebagai sumber karbon selama fermentasi, diproses dengan dipotong kecil-kecil agar bakteri dekomposer lebih teraktivasi selama proses fermentasi (Widiani & Novitasari, 2023).

Ekoenzim memiliki aktivitas antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan berbagai jenis mikroorganisme (Rukmini & Herawati, 2023). Adanya aktivitas antimikroba menandakan bahwa ekoenzim dapat dimanfaatkan menjadi berbagai produk pembersih serbaguna dan disinfektan yang ramah lingkungan, karena terbuat dari sampah organik yang tidak meninggalkan residu berbahaya bagi lingkungan (Dhiman, 2020). Ekoenzim juga bisa dimanfaatkan sebagai pengendali berbagai patogen tanaman seperti bakteri *Pantoea stewartii* penyebab layu stewart pada tanaman jagung dan jamur *Colletotrichum capsici* penyebab antraknosa pada tanaman cabai (Noris, 2023) karena keberadaan aktivitas antimikrobanya. Kandungan di dalam ekoenzim meliputi alkohol, asam asetat, asam laktat, dan beberapa metabolit sekunder yang berfungsi sebagai antimikroba (Ramadani *et al.*, 2022).

Aktivitas antimikroba ekoenzim diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah bahan baku yang digunakan. Bahan baku dalam ekoenzim berfungsi sebagai sumber karbohidrat selama proses fermentasi (Rasit *et al.*, 2018). Berbagai jenis bahan baku seperti kulit buah dan sisa sayuran telah digunakan dalam banyak penelitian seputar aktivitas antimikroba ekoenzim, baik menggunakan satu jenis kulit buah, campuran kulit buah, maupun campuran kulit buah dan sisa sayuran. Masing-masing jenis sampah organik baik buah maupun sayur memiliki kandungan tersendiri yang diduga dapat memberikan pengaruh tertentu terhadap aktivitas antimikroba ekoenzim. Penelitian Ramadani *et al.* (2022), menyatakan bahwa ekoenzim dengan bahan baku nanas dapat digunakan sebagai antibakteri yang menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Prapionibacterium acnes*. Kamila *et al.* (2022) menggunakan campuran limbah kulit buah kopi dan kulit buah pepaya untuk mengamati kandungan fitokimia dan aktivitas penghambatan terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Penelitian ekoenzim yang dilakukan oleh Rahayu *et al.* (2021) menunjukkan aktivitas melawan *S. aureus* melalui ekoenzim yang diproduksi dengan menggunakan ekstrak bunga kamboja dengan zona inhibisi mencapai 34,11 mm. Harris (2022) juga melakukan penelitian ekoenzim dengan kombinasi buah-sayur terhadap aktivitas antimikroba terhadap *Staphylococcus aureus*, walaupun dengan hasil fermentasi yang kurang baik dan negatif aktivitas antimikroba. Penelitian ekoenzim yang dibuat dengan daun kayu putih (*Melaleuca leucadendra*) juga menemukan tidak adanya aktivitas antimikroba terhadap *Salmonella Typhi* (Baihaqi *et al.*, 2024).

Penggunaan berbagai jenis bahan baku dalam pembuatan ekoenzim tidak selalu memberikan hasil yang positif terhadap aktivitas antimikroba yang dimilikinya. Beberapa jenis bahan baku menunjukkan hasil keberadaan aktivitas antimikroba ekoenzim yang tinggi, sedangkan jenis yang lain menunjukkan hasil sedang cenderung rendah, bahkan ada yang tidak menunjukkan aktivitas

antimikroba dari ekoenzim sama sekali. Hal ini membuat kajian tentang bahan baku pembuatan ekoenzim sangat potensial untuk digali lebih mendalam, maka penelitian ini bertujuan menghimpun penelitian-penelitian terkait sebelumnya untuk mengetahui pengaruh bahan baku terhadap aktivitas antimikroba ekoenzim yang dihasilkannya.

METODOLOGI

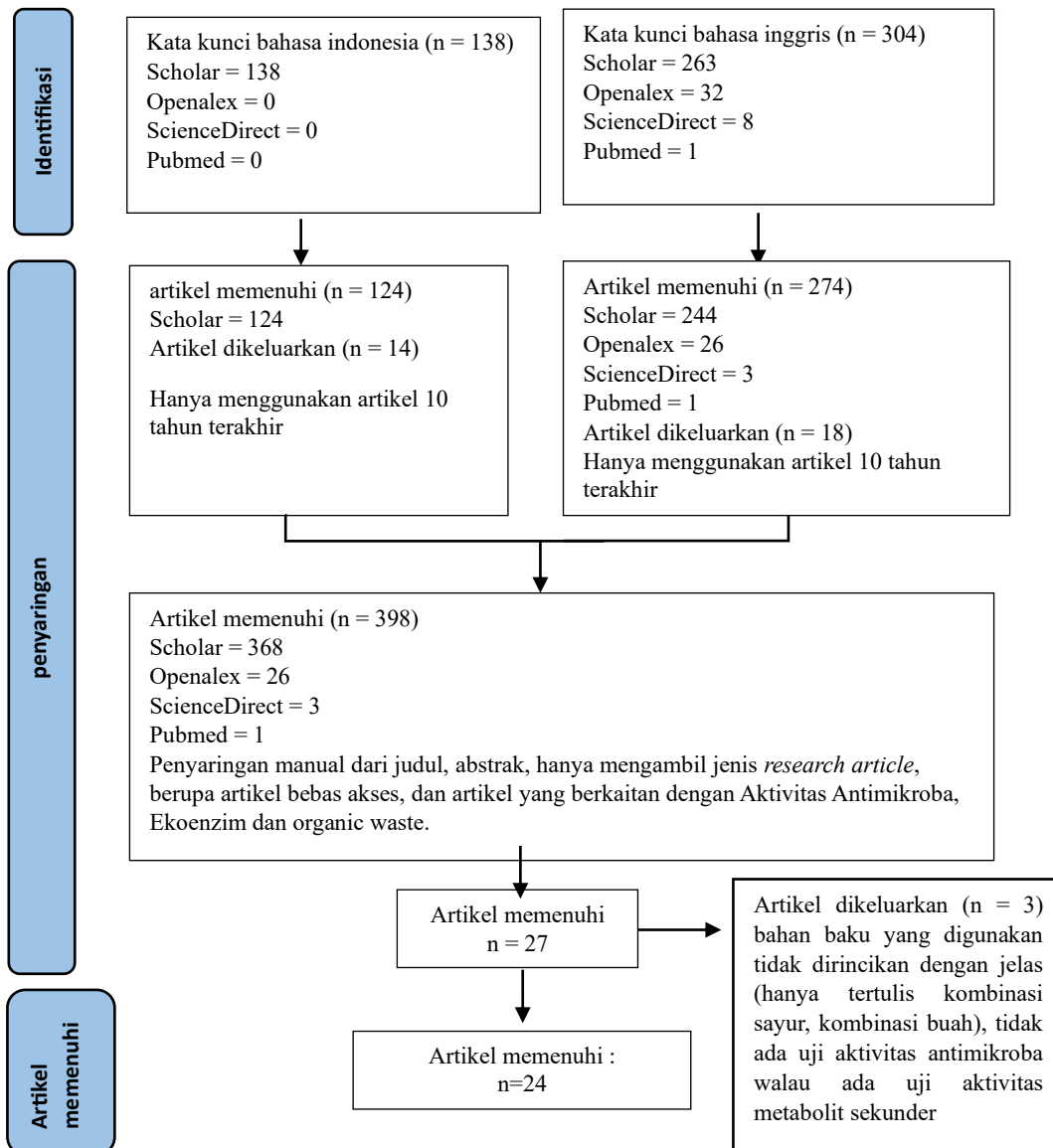
Systematic literature review ini ditulis berdasarkan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA). Untuk memahami pengaruh faktor bahan baku terhadap aktivitas anti mikroba ekoenzim, maka pengumpulan data pada sistematik review ini dilakukan dalam empat tahapan yaitu pencarian, seleksi, eligibilitas dan ekstraksi data. Artikel-artikel yang relevan dengan topik masalah dikumpulkan pada April 2024, melalui *Google Scholar*, *ScienceDirect*, *OpenAlex*, dan *Pubmed*. Pencarian menggunakan kata kunci yang berkaitan dengan ekoenzim, aktivitas antimikroba dan sampah organik. Pencarian artikel menggunakan kata kunci dalam bahasa inggris dan bahasa Indonesia. Rentang waktu publikasi artikel yang dipilih adalah 10 tahun yaitu 2014 – 2024. Pencarian artikel menggunakan dua string untuk mendapatkan data mengenai aktivitas antimikroba ekoenzim (string 1) serta pengaruh bahan baku sampah organik terhadap aktivitas antimikroba ekoenzim (string 2) yang dijelaskan dalam tabel 1.

Tabel 1. Search string dalam bahasa Indonesia dan bahasa inggris

Bahasa Indonesia		Bahasa Inggris
“Aktivitas Antimikroba Ekoenzim”	OR	“ <i>Antimicrobial Activity of Eco-Enzyme</i> ”
“Antimikroba Ekoenzim sampah organik”		“ <i>Antimicrobial Eco-Enzyme Organic Waste</i> ”

Artikel yang didapatkan diseleksi berdasarkan relevansinya dengan rentang waktu yang digunakan yaitu 10 tahun terakhir dan berupa *research article*. Pencarian awal pada string 1 dan string 2 didapatkan sebanyak 442 artikel. Penyaringan awal dilakukan dengan mengambil artikel yang diterbitkan dalam waktu 10 tahun terakhir (2014 – 2024), hanya mengambil jenis *research article*, berupa *full text* dan *free access*, *Screening* cepat dilakukan dari judul dan abstrak kemudian disaring kembali dengan hanya mengambil artikel yang relevan dengan ekoenzim, aktivitas antimikroba (bisa berupa anti bakteri maupun anti jamur) serta pengaruh bahan baku terhadap aktivitas antimikroba tersebut. Tahap seleksi eligibilitas merupakan langkah seleksi artikel lainnya, dimana syarat yang lebih ketat diterapkan untuk memilih artikel yang akan di inklusi atau eksklusi. Artikel yang di inklusi harus merincikan dengan jelas bahan baku yang digunakan, menggunakan setidaknya satu metode untuk menguji keberadaan aktivitas antimikroba, memiliki mikroba target yang jelas baik itu bakteri maupun jamur, menggunakan metode fermentasi alami tanpa bantuan mikroba tambahan atau alat laboratorium, dan fermentasi ekoenzim dilakukan selama paling tidak 3 bulan.

Artikel yang telah melalui tahap penyaringan dan seleksi eligibilitas akan dianalisis, informasi yang relevan dengan topik studi akan diekstraksi. Pada tahapan ini artikel sepenuhnya akan dibaca dan dipilih sesuai dengan tujuan studi. Informasi yang relevan meliputi penulis, tahun, tujuan, metode dan hasil akan dianalisis. Temuan-temuan dalam penelitian kemudian akan dianalisis untuk mengetahui pengaruh bahan baku terhadap aktivitas antimikroba ekoenzim.



Gambar 1. Diagram alur *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencarian digital dari empat *database* menghasilkan 24 artikel yang disaring berdasarkan judul dan abstraknya. Ekstraksi data berfokus pada bahan baku, mikroorganisme yang diuji, keberadaan aktivitas antimikroba yang dijelaskan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil ekstraksi data

Bahan baku	Mikroba yang diuji	Aktivitas Anti mikroba	Jenis mikroba	Referensi
Kulit nanas	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	+	Bakteri gram (+)	(Hendri <i>et al.</i> , 2023)
	<i>Staphylococcus aureus</i>	+++	Bakteri gram (+)	(Ramadani <i>et al.</i> , 2022)
	<i>Propionibacterium acnes</i>	++	Bakteri gram (+)	(Ramadani <i>et al.</i> , 2022)
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	+	Bakteri gram (-)	(Hendri <i>et al.</i> , 2023)
	<i>Pantoea stewartii</i>	++++	Bakteri gram (-)	(Aisiyah, 2023)

Bahan baku	Mikroba yang diuji	Aktivitas Anti mikroba	Jenis mikroba	Referensi
	<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	++++	Jamur	(Amaliana, 2023)
	<i>Trichophyton rubrum</i>	+++	Jamur	(Zahira <i>et al.</i> , 2023)
	<i>Colletotrichum capsici</i>	+	Jamur	(Noris, 2023)
Kulit jeruk	<i>Staphylococcus aureus</i>	++	Bakteri gram (+)	(Azzahra, 2023; Saramanda et al, 2017; Wirajana et al., 2024)
	<i>Sterptococcus pyogens</i>	++	Bakteri gram (+)	(Saramanda et al, 2017)
	<i>Escherichia coli</i>	++	Bakteri gram (-)	(Saramanda et al, 2017; Wirajana et al., 2024)
	<i>Salmonella typhi</i>	++	Bakteri gram (-)	(Saramanda et al, 2017)
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	++	Bakteri gram (-)	(Saramanda et al, 2017)
	<i>Pantoea stewartii</i>	++	Bakteri gram (-)	(Aisiyah, 2023)
	<i>Aspergillus niger</i>	+++	Jamur	(Saramanda et al, 2017)
	<i>Fusarium sps</i>	+++	Jamur	(Saramanda et al, 2017)
	<i>Cladosporium sps</i>	+++	Jamur	(Saramanda et al, 2017)
	<i>Colletotrichum capsici</i>	+	Jamur	(Noris, 2023)
	<i>Enterococcus faecalis</i>	+	Bakteri gram (+)	(Mavani et al., 2020)
	<i>Xanthomonas campestris</i>	+	Bakteri gram (-)	(Salsabila, 2023)
Kulit Pisang	<i>Fusarium sp.</i>	-	Jamur	(Salsabila, 2023)
Tomat	<i>Staphylococcus aureus</i>	++	Bakteri gram (+)	(Ratiani et al., 2024)
Kombinasi buah-buah : kulit nanas-jeruk	<i>Enterococcus faecalis</i>	+	Bakteri gram (+)	(Mavani <i>et al.</i> , 2020)
	<i>Pantoea stewartii</i>	++	Bakteri gram (-)	(Aisiyah, 2023)
	<i>Colletotrichum capsici</i>	+	Jamur	(Noris, 2023)
Kombinasi buah-buah : Kulit nanas-jeruk + kulit pepaya	<i>Escherichia coli</i>	+++	Bakteri gram (-)	(Tallei <i>et al.</i> , 2023)
	<i>Staphylococcus aureus</i>	+++	Bakteri gram (+)	(Tallei et al., 2023)
Kombinasi buah-buah : Kulit kopi + kulit pepaya	<i>Escherichia coli</i>	+++	Bakteri gram (-)	(Kamila et al., 2022)
	<i>Staphylococcus aureus</i>	+++	Bakteri gram (+)	(Kamila et al., 2022)
Kombinasi buah-buah : Kulit nanas-jeruk + kulit pepaya + kulit buah naga	<i>Staphylococcus aureus,</i>	+	Bakteri gram (+)	(Abdullah, 2022)
	<i>Salmonella typhi</i>	+	Bakteri gram (-)	(Abdullah, 2022)
	<i>Candida albicans</i>	-	Jamur	(Abdullah, 2022)
Kombinasi buah-buah : Kulit nanas-jeruk + kulit pisang	<i>Xanthomonas oryzae</i>	++++	Bakteri gram (-)	(Zulfahmi, 2022)
	<i>Pantoea stewartii</i>	+++	Bakteri gram (-)	(Aisiyah, 2023)
	<i>Colletotrichum capsici</i>	+	Jamur	(Noris, 2023)
Daun Kayu Putih	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	Bakteri gram (-)	(Zaki Taqiyyuddin et al., 2024)
	<i>Salmonella Typhi</i>	-	Bakteri gram (-)	(Bilal Burhanuddin Baihaqi et al., 2024)

Bahan baku	Mikroba yang diuji	Aktivitas Anti mikroba	Jenis mikroba	Referensi
Kombinasi buah-sayur : Kulit pepaya, kulit sirsak, daun mimba, sereh wangi	<i>Staphylococcus aureus</i>	++	Bakteri gram (+)	(Sinthalarosa et al., 2023)
	<i>Escherichia coli</i>	++	Bakteri gram (-)	(Gayanti et al., 2023)
Kombinasi buah-sayur : Kulit rambutan, tongkol jagung, kulit labu siam, ekstrak bunga kamboja	<i>Staphylococcus aureus</i>	++++	Bakteri gram (+)	(Made Rai Rahayu et al., 2021)
Kombinasi buah-sayur : kangkung, bayam, sawi, terong, jeruk, anggur, apel, semangka	<i>Escherichia coli</i>	+++	Bakteri gram (-)	(Ledo et al., 2024)
	<i>Staphylococcus aureus</i>	+++	Bakteri gram (+)	(Ledo et al., 2024)
Kombinasi buah-sayur : Kulit jeruk, kulit nanas, kulit semangka, paku sayur, lemidi	<i>Escherichia coli</i>	++	Bakteri gram (-)	(Suriani et al., 2023)

Berdasarkan hasil penelitian menggunakan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analyses* (PRISMA), ditemukan bahwa berbagai macam sampah organik kulit buah dan sayuran bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan ekoenzim yang menunjukkan adanya aktivitas antimikroba, baik itu antibakteri maupun antijamur. Dari 24 artikel yang dihimpun, ekoenzim yang menunjukkan aktivitas antimikroba ada pada ekoenzim dengan bahan baku utama sampah dan sisa kulit nanas, kulit jeruk, kulit pisang, dan tomat. Ditemukan juga sampah kulit buah yang berpotensi menunjukan aktivitas antimikroba karena digunakan sebagai campuran dalam bahan baku seperti kulit kopi, kulit pepaya, kulit sirsak, kulit semangka, kulit rambutan, kulit buah naga, juga sisa anggur dan apel. Sampah sayuran yang digunakan sebagai bahan baku campuran yang berpotensi sebagai antimikroba adalah daun mimba, sereh wangi, tongkol jagung, labu siam, kangkung, bayam, sawi, terong, paku sayur dan lemidi. Sampah kulit buah lebih banyak digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan ekoenzim dibandingkan dengan sampah sisa sayuran yang hanya digunakan sebagai campuran. Berdasarkan penelitian ini tidak ditemukan ekoenzim dengan bahan baku sampah sisa sayuran yang menunjukkan aktivitas antimikroba. Ekoenzim dengan bahan baku utama kulit nanas, kulit jeruk, kulit pisang dan sisa tomat terbukti menunjukan aktivitas antimikroba yang baik dengan daya hambat rata-rata sedang hingga kuat. Jenis mikroba yang dihambat oleh kelompok bahan baku ini juga luas meliputi bakteri gram negatif, bakteri gram positif, dan jamur dengan lebih dari 15 spesies.

Kulit nanas menjadi bahan baku yang paling banyak digunakan dalam penelitian aktivitas antimikroba ekoenzim, yaitu sebanyak 4 penelitian sebagai bahan baku utama, dan 8 artikel juga mencantumkan nanas sebagai bahan baku campuran. Berdasarkan penelitian ditemukan bahwa

ekoenzim berbahan baku kulit nanas memiliki aktivitas antimikroba yang cukup baik terhadap berbagai jenis mikroba yaitu bakteri gram positif *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Propionibacterium acnes*, bakteri gram negatif *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pantoea stewartii*, serta jamur *Lasioidiplodia theobromae*, *Trichophyton rubrum*, dan *Colletotrichum capsici*. Aktivitas antimikroba yang dimiliki ekoenzim berbahan dasar kulit nanas memiliki rata-rata daya hambat yang sedang hingga kuat. Ditemukan juga keberadaan aktivitas senyawa metabolit sekunder tanin, saponin, flavonoid, terpenoid dan bromelin (Amaliana, 2023; Ramadani et al., 2022; Zahira et al., 2023).

Ekoenzim berbahan baku kulit jeruk ditemukan dalam 3 artikel sebagai bahan baku utama, dan 9 artikel sebagai bahan baku campuran. Ekoenzim berbahan baku kulit jeruk memiliki aktivitas antimikroba terhadap bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* dan *Sterptococcus pyogens*, bakteri gram negatif *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Pantoea stewartii*, serta jamur *Aspergillus niger*, *Fusarium sps*, *Cladosporium sps*, dan *Colletotrichum capsici*. Zona hambat untuk *E. coli*, *S. aureus*, *Sterptococcus pyogens*, *Salmonella typhi* dan *Pseudomonas aeruginosa* masing-masing adalah 11 mm, 10 mm, 10 mm, 13 mm dan 9 mm. Zona hambat untuk jamur *Aspergillus niger*, *Fusarium sps* dan *Cladosporium sps* masing-masing adalah 21 mm, 22 mm dan 30 mm (Saramanda & Kaparapu, 2017). Pengamatan ini menunjukkan bahwa ekoenzim berbahan baku kulit jeruk memiliki aktivitas antimikroba dengan daya hambat yang kuat, baik itu daya hambat terhadap bakteri maupun jamur. Senyawa metabolit sekunder alkaloid, flavonoid, fenol, saponin dan triterpenoid juga ditemukan dalam ekoenzim berbahan baku kulit jeruk. Penelitian yang menjadikan pisang sebagai bahan baku utama menjadikan jamur *Fusarium sp.* dan bakteri gram negatif *Xanthomonas campestris* sebagai mikroba target, menemukan bahwa ekoenzim dengan konsentrasi 50% dan 75% efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Xanthomonas campestris*, namun tidak efektif dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium sp.* Ekoenzim kulit pisang juga diketahui memiliki senyawa fitokimia berupa flavonoid, tanin dan saponin. Ekoenzim dengan bahan baku tomat memiliki aktivitas antimikroba terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*, dengan konsentrasi hambat minimum 50% kategori rendah dan konsentrasi terbaik di 100% dengan kategori sedang.

Ekoenzim merupakan produk fermentasi dengan bahan dasar limbah organik yang diketahui menghasilkan alkohol dan asam asetat. Adanya alkohol pada ekoenzim dikarenakan bahan baku sampah organik seperti kulit nanas, kulit jeruk, kulit pisang, kulit kopi, kulit pepaya dan tomat mengandung senyawa organik berupa karbohidrat yang digunakan sebagai substrat dalam proses fermentasi. Selain itu, kandungan protein pada sampah organik mendukung aktivitas mikroba dalam penguraian karbohidrat menjadi etanol. Menurut Munir et al. (2010) kulit nanas mengandung karbohidrat dan protein sebanyak 17,53% dan 4,41%. Proses fermentasi glukosa dirombak untuk menghasilkan asam piruvat. Asam piruvat dalam kondisi anaerob akan mengalami penguraian oleh piruvat dekarboksilase menjadi asetaldehid, selanjutnya asetaldehid diubah oleh alkohol dehydrogenase menjadi etanol dan karbondioksida, dimana bakteri *Acetobacter* akan merubah alkohol menjadi asetaldehid dan air, yang selanjutnya asetaldehid akan diubah menjadi asam asetat (Atmanegara et al., 2015 dalam Rohmah et al., 2020).

Kandungan yang terdapat di dalam kulit nanas, kulit jeruk, kulit pisang dan tomat juga diduga memiliki karakteristik yang dapat memaksimalkan potensi antimikroba. Kulit nanas merupakan limbah yang kaya akan senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, tanin, saponin (Mulyani et al., 2021), fenolik, dan terpenoid (Namrata, Sharma, & Sharma, 2017). Kulit jeruk kaya vitamin C yang memiliki sifat antimikroba dan banyak memiliki kandungan minyak atsiri dan pektin (Elok et al., 2018). Minyak atsiri memiliki kemampuan untuk melawan hama patogen sehingga dapat menjadi antimikroba alami bagi mikroorganisme patogen (Chen et al., 2019). Kulit pisang mengandung senyawa tanin yang tinggi, terutama pada kulit pisang yang masih muda. Senyawa tanin dalam kulit pisang memiliki potensi sebagai antibakteri (Saraswati, 2015). Tomat yang telah sangat matang mengandung sekitar 95% air sehingga mudah membusuk atau rusak secara fisik (Suhartati, 2015). Tomat sendiri memiliki kandungan antara lain alkaloid, solanin, saponin, asam folat, asam sitrat, bioflavonoid, klorin, dan sulfur. Alkaloid tomat juga memiliki senyawa yang mempunyai fungsi antiinflamasi dan antiradang (Rasit et al., 2019).

Pada penelitian ini juga ditemukan berbagai metabolit sekunder dalam ekoenzim. Terdapat kandungan tannin, saponin (Ramadani et al., 2022), flavonoid, (Cut Hudia Amaliana, 2023), dan

fenol (Abdullah, 2022). Toksisitas saponin terhadap bakteri umumnya terjadi dengan cara merusak protein pembentuk membran sel bakteri dan menurunkan permeabilitasnya. Kerusakan permukaan membran berakibat terjadinya lisis dan kematian pada bakteri (Mahyuni dan Trirakhma., 2018). Kandungan flavonoid berfungsi dalam menghambat pertumbuhan jamur dengan cara mengganggu permeabilitas membran sel sehingga terjadi perubahan komponen dalam transport nutrisi dan menimbulkan efek toksik terhadap jamur (Komala et al., 2020). Tanin mempunyai target pada polipeptida dinding sel akan menyebabkan kerusakan pada dinding sel (Sari et.al, 2011) Mekanisme kerja fenol yaitu dengan denaturasi protein sel bakteri sehingga metabolisme sel bakteri tersebut terganggu (Rakhmanda, 2008). Kulit nanas, kulit jeruk, kulit pisang dan tomat, menggunakan satu jenis bahan baku dalam pembuatannya, sehingga pengaruh dari setiap bahan baku terhadap aktivitas antimikrobanya dapat dilihat dan diukur secara langsung. Selain bahan baku kelompok ini, kombinasi berbagai jenis bahan baku seperti kombinasi sampah buah-buahan atau kombinasi sampah buah dan sampah sayur juga menunjukkan aktivitas antimikroba yang cukup baik, tetapi pengaruh dari masing-masing bahan baku kurang dapat diukur efeknya terhadap aktivitas antimikroba.

Ekoenzim yang dibuat dengan campuran bahan baku baik itu sampah buah-buahan atau kombinasi sampah buah-sayur berdasarkan artikel yang telah di kumpulkan juga menunjukkan aktivitas antimikroba yang cukup baik. Ekoenzim dengan bahan baku campuran kulit nanas dan kulit jeruk memiliki rata-rata efektivitas tertinggi yaitu 45,42% dalam menghambat *Colletotrichum capsici* (Mubarakah dan Firman, 2023). Campuran ini juga cukup baik dalam menghambat *Pantoea stewartii* (Aisiyah, 2023), dan menunjukkan nilai konsentrasi hambat minimum 50% terhadap *Enterococcus faecalis* (Mavani et al, 2020). Pada konsentrasi 100% dalam studi Mevani et al (2020) ekoenzim berbahan dasar campuran kulit nanas dan kulit jeruk bahkan memiliki potensi sebagai alternatif cairan irigasi endodontik dikarenakan memiliki efek bakteriostatik atau potensi penghambatan bakteri *Enterococcus faecalis* yang sebanding dengan cairan NaOCl 2.5%. Tallei et al (2023) dalam penelitian ekoenzim dengan bahan baku kulit nanas, kulit jeruk kasturi dan kulit pepaya menemukan aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Ekoenzim ini memiliki aktivitas antibakteri spektrum luas dan lebih efektif melawan *Staphylococcus aureus* dibandingkan *Escherichia coli*. Ekoenzim berbahan baku kulit kopi dan kulit pepaya menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. dengan kategori zona hambat sedang hingga kuat. Dalam ekoenzim kulit kopi dan kulit pepaya juga ditemukan senyawa tanin dan saponin. Hasil penelitian Abdullah (2022) menunjukkan adanya aktivitas antimikroba dari ekoenzim yang terdiri dari campuran bahan bonggol nanas, kulit jeruk, kulit buah naga, kulit pepaya terhadap *S. aureus* dan *S. Typhi*, pada konsentrasi 50%, 75%, dan 100% dapat menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dengan diameter zona hambat berturut-turut 0,450 mm, 2,133 mm, dan 4,367 mm dan menghambat pertumbuhan *Salmonella typhi* dengan diameter zona hambat berturut-turut 1,483 mm, 4,733 mm, dan 6,083 mm, tetapi tidak menghambat pertumbuhan *Candida albicans*. Ekoenzim dari kulit nanas, jeruk dan pisang menunjukkan potensi untuk menekan pertumbuhan bakteri *Xanthomonas oryzae pv. oryzae* (Zulfahmi, 2022).

Kombinasi buah dan sayuran dalam ekoenzim juga ternyata menunjukkan aktivitas antimikroba yang kuat. Ekoenzim dengan bahan baku kulit rambutan, tongkol jagung, kulit labu siam, dan ekstrak bunga kamboja ternyata menunjukkan daya hambat sangat kuat berkisar 31,85-34,41 mm terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* (Made Rai Rahayu et al., 2021). Ekoenzim berbahan baku kangkung, bayam, sawi, terong, jeruk, anggur, apel, dan semangka menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, dan ekoenzim berbahan baku kulit jeruk, kulit nanas, kulit semangka, paku sayur, serta lemidi menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap *Escherichia coli*. (Ledo et al., 2024; Suriani et al., 2023). Hasil yang baik dari ekoenzim berbahan baku kombinasi ini diduga disebabkan penggunaan bahan baku campuran yang telah terbukti dengan penelitian-penelitian sebelumnya menghasilkan aktivitas antimikroba yang baik. Ekoenzim dengan bahan baku kombinasi ini sebagian besar mengandung campuran kulit nanas, kulit jeruk, kulit pisang, dan kulit pepaya dalam campurannya, sehingga dapat memaksimalkan hasil aktivitas antimikroba yang dihasilkan.

Selain bahan baku yang memberikan pengaruh positif terhadap aktivitas antimikroba ekoenzim, penelitian juga menemukan bahwa ada bahan baku yang tidak memiliki aktivitas antimikroba setelah dibuat menjadi ekoenzim. Ekoenzim berbahan baku daun kayu putih menunjukkan hasil negatif aktivitas antimikroba terhadap *Salmonella typhi* dan *Pseudomonas*

aeruginosa (Bilal Burhanuddin Baihaqi et al., 2024; Zaki Taqiyyuddin et al., 2024). Hasil pengujian laboratorium menunjukkan bahwa ekoenzim kayu putih memiliki senyawa terpenoid, tetapi tidak memiliki senyawa asam asetat didalamnya. Tidak adanya senyawa asam asetat dapat mengurangi atau bahkan menghilangkan potensi antibakteri ekoenzim kayu putih, karena asam asetat dikenal karena efek antibakterinya yang kuat. Beberapa faktor mungkin berpengaruh terhadap tidak ditemukannya aktivitas antimikroba pada ekoenzim daun kayu putih, tetapi hasil penelitian ekoenzim kayu putih ini bisa dijadikan pertimbangan untuk menghindari penggunaan daun kayu putih sebagai bahan baku pembuatan ekoenzim jika ingin memaksimalkan aktivitas antimikroba yang dimilikinya.

KESIMPULAN

Bahan baku terbukti berpengaruh terhadap aktivitas antimikroba ekoenzim, dikarenakan ditemukan beberapa jenis bahan baku memberikan pengaruh positif terhadap aktivitas antimikroba ekoenzim, sedangkan terdapat bahan baku yang tidak memberikan pengaruh dan memiliki hasil negatif aktivitas antimikroba ekoenzim. Bahan baku yang menunjukan hasil positif terhadap aktivitas antimikroba adalah sampah kulit nanas, kulit jeruk, kulit pisang dan tomat. Kelompok bahan baku ini jika digunakan dalam campuran baik itu dengan sampah buah-buahan maupun sayur-sayuran lainnya juga menunjukan hasil aktivitas antimikroba yang baik. Bahan baku yang tidak menunjukkan aktivitas antimikroba adalah daun kayu putih. Pembuatan ekoenzim dengan atau campuran daun kayu putih sebaiknya dihindari guna memaksimalkan potensi aktivitas antimikroba ekoenzim.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, R. (2022). Uji Aktivitas Antimikroba Ekoenzim Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus Aureus*, *Salmonella Typhi*, Dan *Candida Albicans* Secara In Vitro = *Antimicrobial Activity Assay Of Eco-Enzymes Against Growth Of Staphylococcus Aureus, Salmonella Typhi, And Candida Albicans In Vitro*/14-22-68598414
- Aisiyah, A. (2023). *Potensi Ekoenzim Sampah Kulit Buah-Buahan Untuk Menekan Pertumbuhan Bakteri Pantoea Stewartii Subsp. Stewartii Penyebab Layu Stewart Pada Tanaman Jagung (Zea Mays L.)* [Http://Scholar.Unand.Ac.Id/457308/](http://Scholar.Unand.Ac.Id/457308/)
- Akintunde, A. O., Kolu, P., Akintunde, I. A., Adewole, S. A., Akinboye, O. E., Afodu, O. J., Ndubuisi-Ogbonna, L. C., & Shobo, B. A. (2022). Evaluation Of The Nutritive Values Of Carica Papaya Fruit Peels As A Potential Ingredient In Livestock Nutrition. *Animal Production*, 24(2), Article 2. <https://doi.org/10.20884/1.Jap.2022.24.2.129>
- 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), 51421–51427. <https://doi.org/10.1039/C5ra07959d>
- Azzahra, A. S. (2023). *Aktivitas Antibakteri Eco-Enzyme Berbahan Dasar Buah Berjenis Citrus Terhadap Staphylococcus Aureus*. <http://repository.radenintan.ac.id/id/eprint/31169>
- Bilal Burhanuddin Baihaqi, Wiwin Retnowati, Danti Nur Indiasuti, & Eko Budi Koendhori. (2024). Antibacterial Effect Of Eucalyptus (Melaleuca Leucadendra) Ecoenzyme Produced By Lamongan's Msmes Against Salmonella Typhi. *World Journal Of Advanced Research And Reviews*, 21(1), 634–640. <https://doi.org/10.30574/Wjarr.2024.21.1.0051>
- Chen, J., Shen, Y., Chen, C., & Wan, C. (2019). Inhibition Of Key Citrus Postharvest Fungal Strains By Plant Extracts In Vitro And In Vivo: A Review. *Plants (Basel, Switzerland)*, 8(2), 26. <https://doi.org/10.3390/Plants8020026>
- Cut Hudia Amaliana, 180703036. (2023). Kemampuan Ekoenzim Dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur Lasiodiplodia Theobromae Penyebab Pembusukan Pada Buah Alpukat (Persea Americana Mill) [Other, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry]. <http://Library.Ar-Raniry.Ac.Id>
- Dalimunthe, Y., Satiawati, L., Jambak, M., & Djumantara, M. (2021). Sosialisasi Pengolahan Limbah Tempurung Kelapa Dan Kulit Kacang Tanah Menjadi Briket Di Kelurahan Sidomukti, Kisaran Barat. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 3. <https://doi.org/10.25105/Jamin.V3i2.9223>
- Dhiman, D. S. (2020). Eco-Enzymes-An Approach Towards Reducing Pollution. *Journal Of Pollution Effects & Control*, 0(0), 3–19.

- Elok, E., Dwiloka, B., & Setiani, B. E. (2018). Perubahan Derajat Kecerahan, Kekenyalan, Vitamin C, Dan Sifat Organoleptik Pada Permen Jelly Kulit Jeruk Lemon (*Citrus Medica* Var Lemon). *Jurnal Teknologi Pangan*, 2(1), Article 1. <https://doi.org/10.14710/Jtp.2018.20794>
- Gayanti, A. N. S., Suartha, I. N., & Sudipa, P. H. (2023). Uji Aktivitas Antibakteri Ekoenzim Terhadap Bakteri *Escherichia Coli* Yang Diisolasi Dari Kulit Anjing. *Buletin Veteriner Udayana*, 667. <https://doi.org/10.24843/Bulvet.2023.V15.I04.P19>
- Ginting, N., Hasnudi, H., & Yunilas, Y. (2021). Eco-Enzyme Disinfection In Pig Housing As An Effort To Suppress *Escherichia Coli* Population. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 16(3), 283–287. <https://doi.org/10.31186/Jspi.Id.16.3.283-287>
- Ginting, N., & Prayitno, L. (2021). *Dilution Of Eco Enzyme And Antimicrobial Activity Against Staphylococcus Aureus*.
- Harris, N. A. (N.D.). *Phenol Coefficient Test Of Ecoenzyme As Disinfectant Against Staphylococcus Aureus*.
- Hasanah, Y. (2020). Eco Enzyme And Its Benefits For Organic Rice Production And Disinfectant. *Journal Of Saintech Transfer*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.32734/Jst.V3i2.4519>
- Hemalatha, M., & Vasantini, P. (2020). Potential Use Of Eco-Enzyme For The Treatment Of Metal Based Effluent. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 716(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/716/1/012016>
- Hendri, H., Zakiah, Z., & Kurniatuhadi, R. (2023). Antibacterial Activity Of Pineapple Peel Eco-Enzyme (*Ananas Comosus* L.) On Growth *Pseudomonas Aeruginosa* And *Staphylococcus Epidermidis*. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(3), Article 3. <https://doi.org/10.29303/Jbt.V23i3.5272>
- Kamila, Z. A., Mulyadi, H., & Haryono, N. Y. (2022). *Optimasi Pembuatan Ekoenzim Dari Limbah Kulit Kopi Dan Pepaya*.
- Komala, O., . Y., & Siwi, F. R. (2020). Aktivitas Antijamur Ekstrak Etanol 50% Dan Etanol 96% Daun Pacar Kuku *Lawsonia Inermis* L Terhadap *Trichophyton Mentagrophytes*. *Ekologia*, 19(1), 12–19. <https://doi.org/10.33751/Ekol.V19i1.1657>
- Ledo, M. E. S., Rupidara, A. D. N., Solle, H. R. L., Nitsae, M., & Nomleni, F. T. (2024). Aktivitas Antimikroba Larutan Antiseptik Dari Garbage Enzyme Terhadap *Escherichia Coli* Dan *Staphylococcus Aureus*. *Sciscitatio*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.21460/Sciscitatio.2024.51.162>
- Made Rai Rahayu, Nengah, M., & Yohanes Parlindungan Situmeang. (2021). Acceleration Of Production Natural Disinfectants From The Combination Of Eco-Enzyme Domestic Organic Waste And Frangipani Flowers (*Plumeria Alba*). *Seas (Sustainable Environment Agricultural Science)*, 5(1), 15–21. <https://doi.org/10.22225/Seas.5.1.3165.15-21>
- Mahyudin, R. P. (2017). Kajian Permasalahan Pengelolaan Sampah Dan Dampak Lingkungan Di Tpa (Tempat Pemrosesan Akhir). *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 3(1). <https://doi.org/10.20527/Jukung.V3i1.3201>
- Mavani, H. A. K., Tew, I. M., Wong, L., Yew, H. Z., Mahyuddin, A., Ahmad Ghazali, R., & Pow, E. H. N. (2020). Antimicrobial Efficacy Of Fruit Peels Eco-Enzyme Against *Enterococcus Faecalis*: An In Vitro Study. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 17(14), 5107. <https://doi.org/10.3390/Ijerph17145107>
- Mubarokah, R. E., & Firman, H. (2023). Uji Aktivitas Antibakteri Ekoenzim Limbah Kulit Nanas (*Ananas Comosus* L) Dan Jeruk Berastagi (*Citrus X Sinensis* L) Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*. *Jurnal Fatmawati Laboratory & Medical Science*, 3(2), Article 2. <https://doi.org/10.33088/Flms.3.2.90-100>
- Noris, S. L. (2023). Potensi Ekoenzim Dari Sampah Kulit Buah-Buahan Untuk Menekan Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum Capsici* (Syd.) Butler & Bisby Penyebab Antraknosa Pada Tanaman Cabai (*Capsicum Annum* L.) Secara In Vitro [Diploma, Universitas Andalas]. <http://scholar.unand.ac.id/214340/>
- Nurhamidah, N., Amida, N., Rohiat, S., & Elvinawati, E. (2021). Pengolahan Sampah Organik Menjadi Eco-Enzyme Pada Level Rumah Tangga Menuju Konsep Eco-Community. *Andromeda: Jurnal Pengabdian Masyarakat Rafflesia*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.33369/Andromeda.V1i2.19241>

- Prihadi, A., Maimulyanti, A., Mellisani, B., & Nurhasanah. (2020). Antioxidant Activity, Tannin Content And Dietary Fiber From Coffee Husk Extract And Potential For Nutraceutical. *Rasayan Journal Of Chemistry*, 12, 955–959. <https://doi.org/10.31788/Rjc.2020.1325613>
- Ramadani, A. H., Karima, R., Ningrum, R. S., & Plalangan, J. (2022). Antibacterial Activity Of Pineapple Peel (Ananas Comosus) Eco-Enzyme Against Acne Bacteria (Staphylococcus Aureus And Prapionibacterium Acnes).
- Rasit, N., Mohammad, F. S., & School Of Ocean Engineering, Universiti Malaysia Terengganu, 21030 Kuala Nerus, Terengganu, Malaysia. (2018). Production And Characterization Of Bio Catalytic Enzyme Produced From Fermentation Of Fruit And Vegetable Wastes And Its Influence On Aquaculture Sludge. Matter: *International Journal Of Science And Technology*, 4(2), 12–26. <https://doi.org/10.20319/Mijst.2018.42.1226>
- Ratiani, S. I., Amir, R., Shapira, S. B., & Wahyuni, N. S. (2024). Utilization Of Eco-Enzyme Technology From Tomato Waste As Raw Material For Making Hand Sanitizer And Testing Its Inhibitory Power Against Staphylococcus Aureus Bacteria. *Proceeding International Conference On Religion, Science And Education*, 3, 905–912.
- Rukmini, P., & Astuti Herawati, D. (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), 23–29. <https://doi.org/10.31001/Jkireka.V4i1.62>
- Salsabila, A. Z. (2023). Karakter Biokimia Ekoenzim Dari Kulit Pisang Kepok Manado (Musa Paradisiaca Var. Formatypica) Muda Dan Daya Hambatnya Pada Fusarium Sp. Dan Xanthomonas Campestris.
- Saramanda, G., & Kaparapu, J. (2017). Antimicrobial Activity Of Fermented Citrus Fruit Peel Extract. 7(11).
- Septiani, U., Najmi, N., & Oktavia, R. (2021). Eco Enzyme: Pengolahan Sampah Rumah Tangga Menjadi Produk Serbaguna Di Yayasan Khazanah Kebajikan. *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat Lppm Umj*, 1(1), Article 1. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/Semnaskat/Article/View/11122>
- Sinthalarosa, M. D., Suartha, I. N., & Sudipa, P. H. (2023). Uji Daya Hambat Ekoenzim Terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus Spp. Yang Diisolasi Dari Jaringan Ektodermal Kulit Anjing. *Buletin Veteriner Udayana*, 278. <https://doi.org/10.24843/Bulvet.2023.V15.I02.P14>
- Suriani, M., Winarti, S., Arifin, S., Alpian, & Firlianty. (2023). Diversity Of Decomposer Bacteria In Eco Enzyme Fermentation Process Of Organic Materials Using Oxford Nanopore Technology (Ont) And Its Effectiveness In Inhibiting E-Coli In Fish Pond With Water Mineral Soil. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 17(8), E03676. <https://doi.org/10.24857/Rgsa.V17n8-009>
- Tallei, T. E., Fatimawali, Niode, N. J., Alsaihati, W. M., Salaki, C. L., Alissa, M., Kamagi, M., & Rabaan, A. A. (2023). Antibacterial And Antioxidant Activity Of Ecoenzyme Solution Prepared From Papaya, Pineapple, And Kasturi Orange Fruits: Experimental And Molecular Docking Studies. *Journal Of Food Processing And Preservation*, 2023, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2023/5826420>
- Widiani, N., & Novitasari, A. (2023). Produksi Dan Karakterisasi Eco-Enzim Dari Limbah Organik Dapur. *Bioedukasi (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 14, 110. <https://doi.org/10.24127/Bioedukasi.V14i1.7779>
- Wirajana, I. N., Bramandita, I. M., & Sukadana, I. M. (2024). 16s Rrna Fragment Of Metagenomic Dna, Antibacterial And Cellulase Activity From Garbage Enzymes Of Sweet Orange (Citrus Sinensis) Peels. In I. P. Mahendra, S. Sarmoko, I. Pardede, A. Watcarawipas, & N. A. B. Zulkepli (Eds.), *Proceedings Of Selected Papers Of International Conference On Health, Science, And Environment (Ichse 2023)* (Vol. 39, Pp. 163–171). Atlantis Press International Bv. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-431-0_17
- Zahira, S. D., Ihsan, M., & Maritsa, H. U. (2023). Aktivitas Ekoenzim Nanas (Ananas Comosus L. Merr.) Var. Queen Sebagai Antimikosis Dermatofita (Trichophyton Rubrum): Ecoenzyme Activity Of Queen Variety Pineapple (Ananas Comosus L. Merr.) As Antimycosis

- Dermatophytes (Trichophyton Rubrum). *Biospecies*, 16(1), 63–69.
<https://doi.org/10.22437/Biospecies.V16i1.21096>
- Zaki Taqiyyuddin, Wiwin Retnowati, & Danti Nur Indiasuti. (2024). Antibacterial Effects Of Melaleuca Leucadendra Ecoenzyme On Pseudomonas Aeruginosa. *World Journal Of Advanced Research And Reviews*, 21(1), 410–415.
<https://doi.org/10.30574/Wjarr.2024.21.1.0010>
- Zulfahmi, F. (2022). Potensi Ekoenzim Dari Kulit Buah-Buahan Dalam Menekan Pertumbuhan Bakteri Xanthomonas Oryzae Pv. Oryzae Penyebab Penyakit Hawar Daun Bakteri Pada Padi Secara In Vitro [Diploma, Universitas Andalas]. <http://scholar.unand.ac.id/120272/>