



Antimicrobial Activity of Ecoenzyme against *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis* and *Candida albicans* as an Alternative Antiseptic Mouthwash

Ni Made Sri Dwijastuti^{1*}, I Gusti Agung Ayu Satwikha Dewi¹, Ni Putu Senshi Septiasari¹, I Gusti Ayu Pingky Maharani²

¹Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Bali Internasional

²Teknologi Laboratorium Medik, Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan, Universitas Bali Internasional

*Corresponding Author: sridwijastuti@iikmpbali.ac.id

ABSTRACT

Ecoenzyme, which contains various bioactive compounds, is believed to be a substitute for conventional mouthwash that is associated with various possible adverse side effects. In addition to helping overcome waste problems, using Eco Enzyme could be an alternative solution to safely overcome oral health problems with minimal side effects. Several previous studies have studied the potential utilization of eco enzyme from specific fruit peels such as pineapple, orange, papaya, and lemon for oral health care. However, using specific fruit peels as raw materials for making eco enzyme tends to be difficult since household food waste generally consists of various mixed materials. The purpose of this study was to determine the antimicrobial activity of Eco Enzyme made from mixed fruit peel waste against *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis*, and *Candida albicans*, which are bacterial and fungal species most commonly associated with oral health disorders as an early step in the development of Eco Enzyme mouthwash. Antimicrobial activity was determined by an inhibitory test using the agar disk diffusion method. The results showed that Eco Enzyme concentrations of 100%, 75%, 50%, and 25% inhibited *S. mutans* with zones of 10.5 mm (strong), 8.0 mm (medium), 7.0 mm (medium), and 4.0 mm (weak), respectively. Meanwhile, the bacterial tests of *E. faecalis* and *C. albicans* did not form inhibition zones. This study concludes that Eco enzymes from mixed fruit peels showed inhibitory activity against *S. mutans* at a minimum concentration of 25% and did not show inhibitory activity against *E. faecalis* and *C. albicans*.

Keywords: Antimicrobial, *Candida albicans*, Ecoenzyme, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans*

Abstrak

Ekoenzim yang mengandung berbagai senyawa bioaktif, diyakini dapat digunakan untuk menggantikan obat kumur konvensional yang dikaitkan dengan berbagai kemungkinan efek samping merugikan. Selain membantu mengatasi permasalahan sampah, penggunaan ekoenzim dapat menjadi solusi alternatif untuk mengatasi gangguan kesehatan mulut secara aman dan minim efek samping. Beberapa penelitian sebelumnya telah mempelajari potensi pemanfaatan ekoenzim dari kulit buah tertentu seperti nenas, jeruk, papaya, dan lemon untuk perawatan kesehatan gigi dan mulut. Namun penggunaan kulit buah tertentu sebagai bahan baku pembuatan ekoenzim cenderung sulit untuk diaplikasikan di lapangan, mengingat sampah sisa makanan di rumah tangga umumnya terdiri dari berbagai bahan campuran. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas antimikroba ekoenzim yang terbuat dari limbah kulit buah campuran terhadap *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis* dan *Candida albicans* yang merupakan spesies bakteri dan jamur yang paling sering dikaitkan dengan gangguan kesehatan mulut sebagai tahap awal pengembangan obat kumur ekoenzim. Aktivitas antimikroba ditunjukkan dengan hasil Uji daya hambat menggunakan metode disk difusi agar. Hasil yang diperoleh adalah ekoenzim konsentrasi 100%, 75%, 50%, dan 25% secara berturut-turut menghambat *S. mutans* dengan zona 10,5 mm (kuat), 8,0 mm (sedang), 7,0 mm (sedang), dan 4,0 mm (lemah). Sementara pada bakteri Uji *E. faecalis* dan *C. albicans* tidak terbentuk zona hambat.

Kesimpulan: Ekoenzim dari kulit buah campuran menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap *S. mutans* pada konsentrasi minimal 25%, dan tidak menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap *E. faecalis* dan *C. albicans*.

Kata Kunci: Antimikroba, *Candida albicans*, Ekoenzim, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus mutans*

PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah di Indonesia berada dalam kondisi kritis dengan jumlah produksi sampah sebesar 33,9 juta ton pada tahun 2022 [1]. Komposisi sampah tersebut didominasi oleh sampah organik yang terdiri dari sisa makanan, kayu/ranting, dan lain-lain hingga mencapai 60% dari total sampah [2]. Berbagai solusi mulai diterapkan sebagai upaya untuk mengurangi permasalahan sampah organik, salah satunya adalah pemanfaatan limbah kulit buah dan sayur untuk pembuatan ekoenzim [3].

Ekoenzim merupakan hasil fermentasi limbah dapur segar seperti limbah sayuran dan kulit buah berupa larutan berwarna coklat tua dengan aroma asam manis yang kuat [4,5]. Setelah melalui proses fermentasi, zat organik yang terurai menghasilkan metabolit sekunder yang dikenal sebagai senyawa bioaktif atau fitokimia [6]. Senyawa tersebut diantaranya adalah enzim amylase, tripsin, dan lipase [6,7], fenol [6,8], flavonoid, alkaloid, kuinon, dan saponin [7], tannin [5], alkohol dan asam organik [9].

Kandungan berbagai senyawa aktif di dalamnya, memungkinkan ekoenzim dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan termasuk untuk perawatan kebersihan diri seperti pengganti sabun mandi, shampo, pasta gigi, dan obat kumur [10].

Obat kumur merupakan cairan antiseptik yang bermanfaat untuk menjaga kesehatan gigi dan rongga mulut dengan cara membunuh bakteri hingga ke area yang sulit dijangkau oleh sikat gigi. Obat kumur konvensional umumnya mengandung pengawet, pewarna buatan, zat penyedap, dan berbagai bahan kimia lainnya [11].

Penggunaan jangka pendeknya efektif dalam penyembuhan luka, sariawan, radang gusi, dan periodontitis, tetapi penggunaan jangka panjang telah dilaporkan dapat menyebabkan gangguan indera pengecap, nodul pada jaringan keras dan lunak, reaksi alergi, dan kanker mulut [11].

Penggunaan obat kumur konvensional juga dikaitkan dengan kemungkinan reaksi merugikan lainnya seperti munculnya strain resisten dan perubahan ekologi mikrobiota mulut [12]. Gangguan

terhadap keseimbangan ini berkaitan dengan berkembangnya penyakit mulut serta berhubungan dengan penyakit sistemik seperti diabetes dan penyakit kardiovaskular [13]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa obat kumur, termasuk CHG, hidrogen peroksida, BPK, ClO₂, EO, dan povidone-iodine, memiliki efek sitotoksik pada sel epitel gingiva manusia bila digunakan tanpa pengenceran [12].

Berdasarkan alasan tersebut, pengembangan obat kumur yang tidak beracun pada manusia sangat dibutuhkan [14]. Ekoenzim yang merupakan hasil fermentasi alami dengan berbagai senyawa aktif, diharapkan dapat menjadi alternatif obat kumur untuk mengatasi gangguan kesehatan mulut secara aman dan minim efek samping. Beberapa penelitian sebelumnya telah mempelajari potensi pemanfaatan ekoenzim untuk perawatan kesehatan gigi dan mulut. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ekoenzim kulit buah Jeruk, Nanas dan Pepaya dapat menyebabkan kematian sel pada bakteri *Enterococcus faecalis* [6], dan ekoenzim kulit Lemon menunjukkan daya hambat terhadap bakteri *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis*, dan *Lactobacillus acidophilus* [15].

Namun, penelitian tersebut diatas tidak melakukan uji terhadap spesies jamur yang juga merupakan penyebab umum timbulnya masalah kesehatan mulut, serta hanya melakukan uji terhadap ekoenzim yang diproduksi dari kulit buah tertentu. Sementara penggunaan kulit buah tertentu sebagai bahan baku pembuatan ekoenzim cenderung sulit untuk diaplikasikan di lapangan, mengingat sampah sisa makanan di rumah tangga umumnya terdiri dari berbagai bahan campuran.

Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan uji aktivitas antimikroba ekoenzim yang terbuat dari campuran berbagai jenis limbah kulit buah terhadap spesies bakteri dan jamur yaitu *Streptococcus mutans*, *Enterococcus faecalis* dan *Candida albicans*, yang paling sering dikaitkan dengan gangguan kesehatan mulut sebagai tahap awal pengembangan obat kumur berbahan ekoenzim.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Maret hingga September tahun 2024 di Laboratorium Mikrobiologi Universitas Bali Internasional, yang berlokasi di Jl. Seroja Gang Jeruk Kelurahan Tonja Denpasar Bali, dan Laboratorium Biomedik Terpadu Universitas Udayana yang beralamat di Jalan P.B. Sudirman, Dangin Puri Klod, Kec. Denpasar Barat, Kota Denpasar, Bali.

Bakteri uji yang digunakan adalah *Streptococcus mutans* ATCC 35668 dan *Enterococcus faecalis* ATCC 29219 yang diremajakan pada media *Brain Heart Infusion* (BHI) broth (Merck) dan *Candida albicans* ATCC 10231 yang diremajakan pada media *Sabouraud Dextrose* (SD) broth (Merck). Isolat bakteri diperoleh dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Udayana dan UPTD. Balai Laboratorium Kesehatan Kerthi Bali Sadhajiwa Provinsi Bali, Jl. Angsoka No.12, Dangin Puri Kangin, Kec. Denpasar Utara, Kota Denpasar, Bali.

Pembuatan EkoEnzim

Cairan ekoenzim dibuat dari campuran limbah kulit buah, molase, dan air bersih dengan perbandingan 3:1:10 dan difermentasi selama tiga bulan dalam wadah tertutup. Ekoenzim yang berwarna coklat, berbau asam khas fermentasi dengan pH ≤ 4 sesuai dengan standar kualitas ekoenzim (10), dipisahkan dari residu padatan dan disentrifugasi 10.000 rpm selama 6 menit, kemudian disaring dengan syringe filter 0,45 μm (Allpure) (20).

Uji Daya Hambat

Uji daya hambat ekoenzim dilakukan dengan metode disk difusi agar dengan konsentrasi ekoenzim 100%, 75%, 50%, 25%, obat kumur konvensional (liseterine®) sebagai kontrol positif, dan akuades sebagai kontrol negatif. Inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 24 jam. Uji daya hambat dilakukan dalam tiga kali pengulangan. Diameter zona hambat yang terbaca dikurangkan diameter paper disk (6 mm) kemudian catat nilai rata-rata yang diperoleh.

HASIL PENELITIAN

Hasil fermentasi yang diperoleh adalah cairan berwarna coklat dengan aroma asam, dan tampak

pula pertumbuhan jamur berwarna putih kecoklatan pada bagian permukaan cairan (Gambar 1). Timbulnya lapisan jamur putih pada permukaan ekoenzim adalah hal yang wajar [10]. Selama fermentasi, formasi seperti jamur berwarna putih terlihat pada permukaan campuran. Pertumbuhan ini diyakini disebabkan oleh aktivitas Yeast B Complex dan Yeast vitamin C [16].

Uji pH dengan pH indikator strip menunjukkan pH cairan berada pada kisaran 3 – 4 yang menunjukkan bahwa bersama dengan hasil uji organoleptik yaitu warna dan aroma, ekoenzim yang diperoleh telah memenuhi standar kualitas ekoenzim (10). Cairan ekoenzim kemudian disentrifugasi dan difiltrasi untuk memisahkan larutan dari residu padatan yang tersisa dalam cairan ekoenzim.



Gambar 1. Lapisan Jamur putih pada bagian permukaan cairan ekoenzim

Ekoenzim yang telah difiltrasi, dibuat dalam empat konsentrasi untuk dilakukan uji daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri *S. mutans*, *E. faecalis*, dan *C. albicans*. Hasil uji daya hambat yang ditampilkan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa semua konsentrasi ekoenzim yang diuji menunjukkan penghambatan terhadap pertumbuhan *S. mutans* dengan rata-rata diameter zona hambat konsentrasi 100%, 75%, 50% dan 25% secara berturut-turut sebesar 10,5 mm, 8,0 mm, 7,0 mm, dan 4,0 mm. Pada mikroorganisme uji *C. albicans* dan *E. faecalis*, ekoenzim tidak membentuk zona penghambatan. Obat kumur konvensional yang digunakan sebagai kontrol positif menunjukkan zona hambat pada semua mikroorganisme uji dengan diameter zona hambat yang bervariasi. Rata-rata diameter zona hambat yang dihasilkan oleh kontrol positif sebesar 12,3 mm pada *S. mutans*, 11,0 mm pada *E. faecalis* dan 0,28 mm pada *C. albicans*.

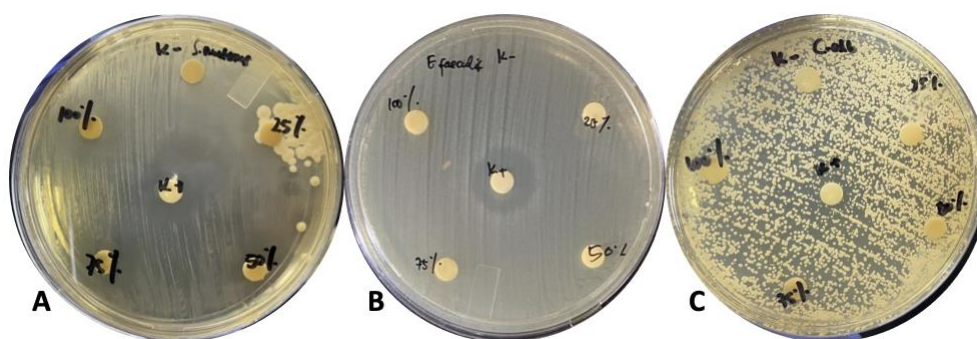
Tabel 1. Hasil Uji Daya Hambat Ekoenzim

Mikroorganisme Uji	Diameter Zona Hambat (mm)				Kontrol (+)	Kontrol (-)
	Konsentrasi Ekoenzim					
	100 %	75 %	50 %	25 %		
<i>S. mutans</i> ATCC 35668	10,5	8,0	7,0	4,0	12,3	0
<i>E. faecalis</i> ATCC 29219	0	0	0	0	11,0	0
<i>C. albicans</i> ATCC 10231	0	0	0	0	0,28	0

Diameter zona hambat yang diperoleh dapat diklasifikasikan menjadi 4 kategori yaitu diameter >20 mm termasuk kategori sangat kuat, 10-20 mm kategori kuat, 5-10 mm sedang, dan <5 mm termasuk lemah atau tidak ada respon [17]. Berdasarkan klasifikasi tersebut, seperti halnya bahan kontrol, cairan ekoenzim konsentrasi 100% menunjukkan zona penghambatan kategori kuat, ekoenzim konsentrasi 75% dan 50% menunjukkan zona hambat sedang, sementara ekoenzim konsentrasi 25% menunjukkan zona hambat lemah.

Pada salah satu hasil pengamatan uji daya hambat yang ditampilkan pada Gambar 2 (A),

ditemukan adanya pertumbuhan koloni mikroorganisme pada paper disk yang ditambahkan ekoenzim konsentrasi 25%. Koloni tersebut diduga merupakan mikroflora yang secara alami berkembang dalam cairan ekoenzim yang tidak tereliminasi oleh syringe filter 0,45µm. Bakteri yang dominan ditemukan dalam ekoenzim berasal dari Genus *Caproiciproducens*, *Tyzzarella*, *Sporomusa*, dan *Lachnoclostridium*. Selain spesies yang dominan, genera bakteri lain yang terdapat pada ekoenzim adalah *Acetobacter*, *Neisseria*, *Anaerosopra*, dan lain-lain [18].



Gambar 2. Hasil Uji Daya Hambat Ekoenzim terhadap *Streptococcus mutans* (A), *Enterococcus faecalis* (B), dan *Candida albicans* (C)

PEMBAHASAN

Ekoenzim merupakan cairan serbaguna hasil fermentasi kulit buah yang telah terbukti memiliki aktivitas antimikroba terhadap beberapa spesies bakteri dan jamur. Ekoenzim memiliki aktivitas antimikroba baik terhadap bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Propionibacterium acnes*, *Sterptococcus pyogens*, dan *Enterococcus faecalis*, bakteri Gram negatif seperti *Pseudomonas aeruginosa*, *Pantoea stewartia*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Xanthomonas campestris*, *Xanthomonas oryzae*, serta beberapa spesies jamur seperti *Lasiodiplodia*

theobromae, *Trichophyton rubrum*, *Colletotrichum capsici*, *Aspergillus niger*, *Fusarium sp.*, dan *Cladosporium sp.* [19].

Efek antimikroba ekoenzim berkaitan dengan kandungan berbagai senyawa aktif seperti enzim hidrolitik (amylase, tripsin, dan lipase) [6,7], fenol [6,8], flavonoid, alkaloid, kuinon, dan saponin [7], tannin [5], alkohol dan asam organik [9].

Enzim hidrolitik khususnya protease dan amilase bekerja dengan merusak integritas fisik ekstraseluler zat polimer (EPS) yang berdampak pada kerusakan struktur sel bakteri dan berujung pada kematian sel [20].

Kandungan flavonoid dapat menghambat sintesis asam nukleat, menghambat fungsi membran sel dan menghambat metabolisme energi, aktivitas antibakteri berkaitan dengan kemampuannya dalam mengaktifkan adhesi sel mikroba, mengaktifkan enzim, dan mengganggu transpor protein pada lapisan dalam sel [21,22]. Senyawa alkohol seperti etanol yang dihasilkan dari proses fermentasi kulit buah secara teori memiliki efektivitas antibakteri terhadap berbagai macam mikroorganisme Patogen [6].

Tanin pada konsentrasi rendah dapat membentuk kompleks protein-fenol dengan ikatan yang lemah sehingga langsung rusak, merusak membran sitoplasma, dan menyebabkan kebocoran sel. Dalam konsentrasi tinggi, zat ini mampu menggumpal dengan protein seluler dan membran sitoplasma yang akhirnya menyebabkan lisis [23].

Senyawa tanin mampu menghambat sintesis asam nukleat, menghambat fungsi membran sel, dan menghambat energi metabolisme. Tanin mampu menghambat enzim reverse transcriptase dan DNA topoisomerase sehingga sel bakteri tidak dapat terbentuk [22]. Tanin juga memiliki aktivitas antibakteri yang berhubungan dengan kemampuannya dalam mengaktifkan adhesi sel mikroba, mengaktifkan enzim, dan mengganggu transpor protein pada lapisan dalam sel [23].

Ketnawa, dkk dalam Permatananda [24] menyebutkan, asam asetat yang berasal dari fermentasi alami kulit buah, juga berkontribusi pada sifat antimikroba. Lund, dkk. dalam Mavani [6] mengungkapkan, asam organik seperti asam asetat, dengan adanya pH gradient dapat melintasi membran sel bakteri sehingga menyebabkan terjadinya gangguan aktivitas metabolik sel. Halstead dkk. dalam Mavani [6] juga menyatakan tekanan osmotik di dalam sel yang lebih tinggi juga menimbulkan adanya influs air kedalam sel yang berujung pada osmolisis sel bakteri.

Pada penelitian ini, aktivitas antibakteri ekoenzim terlihat pada bakteri *S. mutans* dengan zona hambat pada konsentrasi 100%, 75%, 50%, dan 25% secara berturut-turut sebesar 10,5 mm (kuat), 8,0 mm (sedang), 7,0 mm (sedang), dan 4,0 mm (lemah).

Semakin besar konsentrasi ekoenzim maka semakin besar pula zona hambat yang dibentuk, seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh Tuhumury dkk. (25) zona hambat dengan kategori sedang ditemukan pada bakteri *V. alginoliticus* dan *A.*

cavie dengan konsentrasi 100%, sedangkan konsentrasi lainnya termasuk dalam kategori lemah.

Mavani, dkk. [6] juga mengungkapkan efektivitas antimikroba ekoenzim dari kulit buah nanas, jeruk, dan papaya tergantung pada konsentrasi. Konsentrasi minimal 50% menunjukkan kemampuan menghambat, sementara konsentrasi 100% mampu membunuh bakteri *E. faecalis*.

Aktivitas antibakteri ekoenzim terhadap *S. mutans* juga ditunjukkan pada penelitian Sai, dkk. [15], ekoenzim dari kulit buah lemon yang menunjukkan rata-rata diameter zona hambat sebesar 8 mm dan MIC sebesar 25%. Menurutnya, tiga kelompok utama metabolit sekunder yang diketahui memiliki sifat antimikroba yaitu alkaloid, terpenoid, dan fenol.

Sagar dkk. dalam Mavani [6] menyebutkan, alkaloid diketahui mempengaruhi motilitas dan kolonisasi bakteri serta meningkatkan penetrasi antibiotik dalam biofilm. Beberapa terpenoid telah menunjukkan efek kariostatik pada *S. mutans* dengan mengganggu ekspresi gen virulensi spesifik dan mempengaruhi organisasi struktural, akumulasi biofilm *S. mutans* dan meningkatkan efek fluoride.

Penelitian in vitro dan pada hewan pada fenol telah menunjukkan sifat anti-karies dengan penghambatan enzim bakteri, meskipun tidak ada bukti langsung dari aktivitas antibakteri langsung [26].

Pada uji daya hambat ekoenzim terhadap *E. faecalis* dan *C. albicans* tidak tampak adanya zona hambat pada semua konsentrasi ekoenzim yang digunakan. Berbeda dengan hasil penelitian Sai dkk. [15] yang menyebutkan bahwa ekoenzim kulit lemon menunjukkan sifat antibakteri dengan zona hambat sebesar 16,0 mm dan MIC 50% pada *E. faecalis*.

Penelitian yang dilakukan oleh Mavani, dkk. [6] juga menunjukkan bahwa ekoenzim dari kulit buah mangga, jeruk, dan papaya dengan konsentrasi minimal 50% mampu menghambat *E. faecalis* setara dengan kemampuan NaOCl 2,5%, dan dengan konsentrasi 100% mampu membunuh bakteri tersebut. Lebih lanjut dijelaskan, aktivitas protease dan amilase pada ekoenzim jeruk nanas dan protease pada ekoenzim pepaya dapat merusak struktur *E. faecalis* hingga pada akhirnya menyebabkan kematian sel.

Penelitian Lestariningsih [27] yang menguji aktivitas sediaan obat kumur dari ekoenzim limbah kulit Nanas Madu, kulit Jeruk Sunkist dan kombinasinya terhadap *S. mutans* dan *C. albicans*

menunjukkan kemampuan menghambat *C. albicans* dengan zona hambat sebesar 4,83 mm namun tidak menghambat *S. mutans*. Di sisi lain, penelitian Abdullah [28] menunjukkan, ekoenzim kulit buah naga, pepaya, jeruk, dan bonggol nanas tidak menghambat pertumbuhan *C. albicans* [8].

Adanya perbedaan hasil uji pada beberapa penelitian terkait aktivitas antimikroba ekoenzim mungkin disebabkan oleh perbedaan jenis dan kandungan kulit buah yang digunakan. Jenis kulit buah tertentu dapat mengandung senyawa fitokimia yang memiliki sifat antimikroba, sehingga turut berperan dalam aktivitas antimikroba ekoenzim yang dihasilkan. Seperti ekstrak nanas yang memiliki bromelain yang mengganggu komponen peptidoglikan dan polisakarida dinding sel *E. faecalis*, sehingga dapat membunuh bakteri tersebut [29], kulit lemon mengandung senyawa yang diketahui memiliki sifat antibakteri aktif terhadap *S. mutans*, *Prevotella intermedia*, dan *Porphyromonas gingivalis* [26], dan ekoenzim lada hitam yang mengandung piperin dalam bentuk liposomal yang dapat menghambat pompa pembuangan, dan meningkatkan konsentrasi intraseluler agen antibakteri (Khameneh, dkk. dalam Permatananda [24].

Selain itu, kondisi fermentasi, air dan gula yang digunakan, serta mikroba awal yang terdapat pada bahan baku pembuatan ekoenzim, juga diduga turut berpengaruh terhadap kualitas dan aktivitas antimikroba yang dihasilkan oleh masing-masing Ekoenzim. Selain itu, metode uji, strain bakteri uji, kondisi kultur, dan jenis media pertumbuhan mikroba yang digunakan, diduga dapat berpengaruh pada hasil uji aktivitas antimikroba ekoenzim.

Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi variabel pengganggu pada prosedur uji aktivitas antimikroba untuk dapat dikenalkan, serta dilakukan penelitian lanjutan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas antibakteri ekoenzim kulit buah campuran untuk dapat memaksimalkan dan menstandarisasi kualitas ekoenzim yang dihasilkan.

KESIMPULAN

Ekoenzim dari kulit buah campuran menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap *S. mutans* dengan kategori kuat pada konsentrasi 100% aktivitas penghambatan sedang hingga lemah pada konsentrasi 75%, 50%, dan 25%. Sementara itu,

ekoenzim dari kulit buah campuran tidak menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap *E. faecalis* dan *C. albicans*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi atas pendanaan BOPTN Program Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Dosen Vokasi Tahun Anggaran 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indraswari DL. Darurat Pengelolaan Sampah di Indonesia. Kompas.id. 2023 Jul 28;
- [2] Widowati H. Katadata Media Network. 2019. Komposisi Sampah di Indonesia Didominasi Sampah Organik.
- [3] Novitri SA. Greeneration Foundation. 2021. Indonesia Darurat Sampah Makanan.
- [4] Li X, Wang H, Gan SH, Jiang DQ, Tian GM, Zhang ZJ. Eco-Stoichiometric Alterations in Paddy Soil Ecosystem Driven by Phosphorus Application. PLoS One. 2013 May 7;8(5).
- [5] Rusdianasari R, Syakdani A, Zaman M, Zaman M, Sari FF, Nasyta NP, et al. Utilization of Eco-Enzymes from Fruit Skin Waste as Hand Sanitizer. AJARCDE | Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment. 2021 Sep 24;5(3).
- [6] Mavani HAK, Tew IM, Wong L, Yew HZ, Mahyuddin A, Ghazali RA, et al. Antimicrobial efficacy of fruit peels eco-enzyme against *Enterococcus faecalis*: An in vitro study. Int J Environ Res Public Health. 2020 Jul 2;17(14):1–12.
- [7] Vama L, Cherekar MN. Production, Extraction and Uses Of Eco-Enzyme Using Citrus Fruit Waste: Wealth From Waste. Vol. 22, Biotech. Env. Sc.
- [8] Rusdianasari, Syakdani A, Zaman M, Sari FF, Nasyta NP, Amalia R. Production of Disinfectant by Utilizing Eco-enzyme from Fruit Peels Waste. International Journal of Research in Vocational Studies (IRVOCAS). 2021 Dec 23;1(3):01–7.
- [9] Rochyani N, Utpalasari RL, Dahliana I. Analisis Hasil Konversi Eco Enzyme Menggunakan

- Nenas (Ananas Comosus) Dan Pepaya (Carica papayaL.). Jurnal Redoks. 2020;5(2):135–40.
- [10] Modul Belajar Pembuatan Eco-Enzyme. Vol. Revisi 2, Eco Enzyme Nusantara. 2021.
- [11] McCullough M, Farah C. The Role of Alcohol in Oral Carcinogenesis with Particular Reference to Alcohol-containing Mouthwashes. Aust Dent J. 2008;53:302–5.
- [12] Takenaka S, Sotozono M, Ohkura N, Noiri Y. Evidence on the Use of Mouthwash for the Control of Supragingival Biofilm and Its Potential Adverse Effects. Antibiotics. 2022 Jun 1;11(6).
- [13] Inchingolo AD, Malcangi G, Semjonova A, Inchingolo AM, Patano A, Coloccia G, et al. Oralbiotica/Oralbiotics: The Impact of Oral Microbiota on Dental Health and Demineralization: A Systematic Review of the Literature. Vol. 9, Children. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2022.
- [14] Lee SH, Kim WH, Ju KW, Lee MS, Kim HS, Lee JH, et al. Antibacterial and anti-inflammatory potential of mouthwash composition based on natural extracts. Applied Sciences (Switzerland). 2021 May 1;11(9).
- [15] Sai S, Abisha VMJ, Mahalakshmi K, Veronica AK, Susila A V. Treasure from trash - Is Ecoenzyme the new panacea in conservative dentistry and endodontics? Journal of Conservative Dentistry. 2023 Mar 1;26(2):176–81.
- [16] Novianti A, Nengah Muliarta I. AGRIWAR JOURNAL Eco-Enzym Based on Household Organic Waste as Multi-Purpose Liquid. 2021;1(1):12–7. Available from: <https://doi.org/10.22225/aj.1.1.3655.12-17>
- [17] Davis WW, Stout TR. Disc Plate Method of Microbiological Antibiotic Assay I. Factors Influencing Variability and Error1 [Internet]. Applied Microbiology. 1971. Available from: <https://journals.asm.org/journal/am>
- [18] Barman I, Hazarika S, Gogoi J, Talukdar N. A Systematic Review on Enzyme Extraction from Organic Wastes and its Application. J Biochem Technol. 2022 Nov 6;13(3):32–7.
- [19] Sunarsih S, Dewi, Nugrahaningsih M, Widiatningrum T, Biologi P, Semarang N, et al. Pengaruh Bahan Baku Terhadap Aktivitas Antimikroba Ekoenzim : Systematic Literature Review. Prosiding Semnas Biologi XIITahun 2024FMIPA Universitas Negeri Semarang. 2024;
- [20] Phyllis Molobela I, Cloete TE, Beukes M. Protease and amylase enzymes for biofilm removal and degradation of extracellular polymeric substances (EPS) produced by Pseudomonas fluorescens bacteria. Afr J Microbiol Res [Internet]. 2010;4(14):1515–24. Available from: <http://www.academicjournals.org/ajmr>
- [21] Gayanti ANS, Suartha IN, Sudipa PH. Uji Aktivitas Antibakteri Ekoenzim Terhadap Bakteri Escherichia coli yang Diisolasi Dari Kulit Anjing. Buletin Veteriner Udayana. 2023 Mar 30;667.
- [22] Made Rai Rahayu, Nengah M, Yohanes Parlindungan Situmeang. Acceleration of Production Natural Disinfectants from the Combination of Eco-Enzyme Domestic Organic Waste and Frangipani Flowers (Plumeria alba). SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science). 2021 Apr 30;5(1):15–21.
- [23] Ramadani AH, Karima R, Ningrum RS. Antibacterial Activity of Pineapple Peel (Ananas comosus) Eco-enzyme Against Acne Bacteria (Staphylococcus aureus and Prapionibacterium acnes). Indonesian Journal of Chemical Research [Internet]. 2022;9(3):201–7. Available from: <http://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/ijcr>
- [24] Permatananda PANK, I Gde Suranaya Pandit, Putu Nita Cahyawati, Anak Agung Sri Agung Aryastuti. Antimicrobial Properties of Eco Enzyme: A Literature Review. Bioscientia Medicina: Journal of Biomedicine and Translational Research. 2023 Jul 21;7(6):3370–6.
- [25] Tuhumury NC, Sahetapy JMF, Matakupan J, Rijoly SMA. Aktivitas Antibakteri Eco Enzyme Terhadap Bakteri Yang Diisolasi Dari Rumput Laut Terinfeksi Ice-Ice. TRITON: Jurnal Manajemen Sumberdaya Perairan [Internet]. 2024 Jun 12;20(1):54–61. Available from: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/triton/article/view/13599>
- [26] Benny N, Shams R, Dash KK, Pandey VK, Bashir O. Recent trends in utilization of citrus fruits in production of eco-enzyme. J Agric Food Res. 2023 Sep 1;13.
- [27] Lestariningsih YK. Uji Aktivitas Sediaan Obat Kumur Dari Eco Enzyme Limbah Kulit Nanas

Madu, Kulit Jeruk Sunkist dan Kombinasinya Terhadap Streptococcus mutans Dan Candida albicans. [Skripsi]. [Jakarta]: Universitas Pancasila; 2022.

- [28] Abdullah R. Uji Aktivitas Antimikroba Ekoenzim terhadap Pertumbuhan Staphylococcus aureus, Salmonella typhi, dan Candida albicans secara In Vitro [Skripsi]. Universitas Indonesia; 2022.
- [29] Liliany D, Widyarman A, Erfan E, Sudiono J, Djamil M. Enzymatic activity of bromelain isolated pineapple (*Ananas comosus*) hump and its antibacterial effect on *Enterococcus faecalis*. Scientific Dental Journal. 2018;2(2):39.