

AKTIVITAS ANTIBAKTERI ECO ENZYME TERHADAP BAKTERI YANG DIISOLASI DARI RUMPUT LAUT TERINFEKSI ICE-ICE

(Antibacterial Activity of Eco Enzyme Against Bacteria Isolated from Ice-Ice Infected Seaweed)

Novianty C. Tuhumury^{1*}, Jacqueline M. F. Sahetapy², Jolen Matakupan², dan Stefano M. A. Rijoly²

¹ *Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura*

² *Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura*

*Corresponding author: noviantytuhumury@gmail.com**

Received: 5 Juni 2024, Revised: 10 Juni 2024, Accepted: 12 Juni 2024

ABSTRAK: Eco enzyme merupakan hasil fermentasi kulit buah dicampur dengan gula merah air. Eco enzyme mengandung asam asetat yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri, antara lain bakteri yang diisolasi dari rumput laut yang terinfeksi penyakit ice-ice. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis aktivitas antibakteri eco enzyme untuk menghambat bakteri yang diisolasi dari rumput laut terinfeksi ice-ice. Penelitian ini dilakukan pada Juli-November 2023. Uji hambat dilakukan di Laboratorium Penguji BPBL Ambon, sedangkan untuk uji fitokimia dilakukan di Laboratorium Herbal Materia Medica Batu, Malang. Eco enzyme dibuat di Laboratorium MSP FPIK UNPATTI selama tiga bulan. Metode untuk uji antibakteri eco enzyme menggunakan metode difusi cakram. Terdapat empat jenis bakteri yang telah diisolasi dari rumput laut terinfeksi ice-ice yaitu *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio fluvalis*, *Vibrio cholerae*, dan *Aeromonas cavie*. Terdapat empat konsentrasi eco enzyme yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri isolasi yaitu 25%, 50%, 75% dan 100%. Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa larutan eco enzyme mengandung Fenol sebesar 319,0921 mg GA/g, total Flavonoid sebesar 133,5000 mg Q/g, total Tanin sebesar 224,6916 mg ET/g, dan nilai IC50 pada metode DPPH (1,1-diphenil-2-picrylhydrazil) sebesar 290,9558 ppm. Berdasarkan hasil uji hambat diperoleh semakin besar konsentrasi eco enzyme maka semakin besar pula zona hambat yang dihasilkan. Zona hambat dengan kategori sedang ditemukan pada bakteri *V. alginolyticus* dan *A. cavie* dengan konsentrasi 100%, sedangkan lainnya termasuk dalam kategori lemah.

Kata Kunci: Eco enzyme, antibakteri, fitokimia, rumput laut, ice-ice

ABSTRACT: Eco enzyme is the result of fruit peel fermentation mixed with brown sugar water. Eco enzyme contains acetic acid that can inhibit the growth of bacteria, including bacteria isolated from seaweed infected with ice-ice disease. The purpose of this study was to analyze the antibacterial activity of eco enzyme to inhibit bacteria isolated from seaweed infected with ice-ice. This research was conducted in July-November 2023. The inhibition test was conducted at the BPBL Ambon Testing Laboratory, while the phytochemical test was conducted at the Herbal Materia Medica Laboratory in Batu, Malang. Eco enzyme was made at the Aquatic Resource Management Laboratory, Faculty of Fisheries and Marine Science, Pattimura University for three months. The method for antibacterial test of eco enzyme used



disc diffusion method. There are four types of bacteria that have been isolated from ice-ice infected seaweed, namely *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio fluvalis*, *Vibrio cholerae*, and *Aeromonas caviae*. There are four concentrations of eco enzyme used to inhibit the growth of isolated bacteria, namely 25%, 50%, 75% and 100%. Phytochemical test results showed that the eco enzyme solution contained phenol of 319.0921 mg GA/g, total flavonoids of 133.5000 mg Q/g, total tannins of 224.6916 mg ET/g, and IC50 value on DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil) method of 290.9558 ppm. Based on the results of the inhibition test, the greater the concentration of eco enzyme, the greater the inhibition zone produced. Inhibition zone with moderate category was found in bacteria *V. alginolyticus* and *A. caviae* with 100% concentration, while others were included in the weak category.

Keywords: Eco enzyme, antibacterial, phytochemicals, seaweed, ice-ice

PENDAHULUAN

Potensi sumberdaya pesisir dan laut di Indonesia khususnya di Maluku sangat tinggi serta dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Salah satu potensi sumberdaya pesisir dan laut yang telah terbukti dapat meningkatkan ekonomi masyarakat yaitu rumput laut. Berdasarkan data tahun 2022, volume rumput laut yang dihasilkan mencapai 293.314,94 ton dengan penghasil terbanyak berada pada Kota Tual sebesar 190.888 ton (BPS, 2022). Rumput laut juga memiliki nilai gizi yang tinggi sebagai sumber serat yang bermanfaat bagi tubuh manusia. Komposisi rumput laut mengandung sumber protein yang berkisar antara 11% hingga 32%, dengan kombinasi asam amino esensial, serat makanan yang dapat larut, mineral, serta vitamin (Siddik et al., 2023). Bertolak dari potensi dan nilai ekonomisnya maka produksi rumput laut perlu ditingkatkan (Sugumaran et al., 2022).

Keberhasilan produksi rumput laut bergantung pada pemilihan lokasi budidaya, pemilihan bibit, metode budidaya hingga pengolahannya (Nashrullah et al., 2021). Salah satu permasalahan yang sering dihadapi dalam proses budidaya rumput laut yaitu penyakit ice-ice (Cao et al., 2018). Penyakit ice-ice mengakibatkan penurunan produksi akibat gagal panen rumput laut sehingga menurunkan pendapatan pembudidaya (Yanamisra et al., 2023). Rumput laut yang terkena penyakit ice-ice ditandai dengan produksi lendir yang banyak, adanya bintik putih pada thallus sehingga menjadi mudah patah. Berdasarkan hasil penelitian gejala klinis rumput laut yang telah

terinfeksi bakteri menunjukkan spot putih yang banyak dan berlendir serta mengeluarkan bau tidak segar yang mengakibatkan patah (Erbabley & Kelabora, 2018). Munculnya penyakit ice-ice disebabkan perubahan kondisi lingkungan sehingga rumput laut menjadi stress yang akan mempermudah terinfeksi bakteri patogen (Løvoldal et al., 2021).

Penelitian isolasi dan identifikasi bakteri pada rumput laut terinfeksi penyakit ice-ice di Perairan Maluku tepatnya di Perairan Seira membuktikan bahwa terdapat jenis-jenis bakteri antara lain *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio fluvalis*, *Vibrio cholerae*, dan *Aeromonas caviae* (Tuhumury et al., 2024). Hasil penelitian lainnya pada rumput laut di Perairan Maluku Tenggara teridentifikasi bakteri *Pseudomonas stutzeri*, *Aeromonas faecalis*, *Vibrio alginolyticus*, *Pseudomonas fluorescens* (Erbabley & Kelabora, 2018). Walaupun keberadaan bakteri-bakteri tersebut tidak secara langsung menjadi penyebab penyakit ice-ice yang muncul pada rumput laut, namun secara perlahan bakteri patogen akan menginfeksi selanjutnya memunculkan spot putih yang berlendir sehingga rumput laut mudah patah dan mati.

Beberapa penelitian menunjukkan upaya untuk mencegah rumput laut agar terbebas dari penyakit ice-ice antara lain menggunakan air tawar (Fadli et al., 2021), penambahan pupuk N, P dan K (Syamsuddin & Rahman, 2014), pengaturan posisi tanam rumput laut (Maryunus, 2018). serta Salah satu antibakteri yang saat ini banyak digunakan yaitu eco enzyme (Mavani et al., 2020). Eco enzyme merupakan cara pengolahan sampah organik kulit buah atau

sayuran yang dicampur dengan gula merah dan air. Pembuatan eco enzyme tergolong sederhana dan ramah lingkungan (Tuhumury et al., 2023). Sederhana berarti mudah dan dapat dilakukan oleh semua unsur masyarakat. Ramah lingkungan artinya bahwa penggunaan eco enzyme tidak menimbulkan dampak negatif pada lingkungan (Benny et al., 2023). Pengolahan kulit buah dan sayuran menjadi eco enzyme justru mengurangi dampak negatif sampah organik terhadap lingkungan secara global. Seperti diketahui bahwa proses penguraian sampah organik secara alami oleh bakteri akan menghasilkan gas methana (CH₄) yang merupakan salah satu gas rumah kaca penyebab pemanasan global (Puger, 2018). Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa eco enzyme dapat mematikan bakteri (Ayu et al., 2023; Muliarta & Darmawan, 2021). Bertolak dari khasiat kandungan eco enzyme sebagai antibakteri maka tentunya eco enzyme dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri pada rumput laut yang terinfeksi ice-ice. Tujuan dari penelitian ini yaitu menganalisis aktivitas antibakteri eco enzyme untuk menghambat bakteri yang diisolasi dari rumput laut terinfeksi ice-ice.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada Juli-November 2023 di Laboratorium Penguji Balai Perikanan Budidaya Laut (BPBL) Ambon untuk uji hambat, sedangkan untuk uji fitokimia dilakukan di Laboratorium Herbal Materia Medica Batu, Kota Malang. Proses pembuatan eco enzyme dilakukan di Laboratorium Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari hasil penelitian identifikasi bakteri di rumput laut yang terkena penyakit ice-ice (Tuhumury et al., 2024), sehingga pada penelitian ini tidak dilakukan tahapan isolasi dan identifikasi bakteri pada rumput laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat empat bakteri yang diisolasi dari rumput laut terinfeksi penyakit ice-ice yang diperoleh dari Perairan Pulau Pulau Seira, Kabupaten Kepulauan

Tanimbar yaitu *Vibrio alginolyticus*, *Vibrio fluvalis*, *Vibrio cholerae*, dan *Aeromonas caviae*.

Pembuatan Eco Enzyme

Eco enzyme merupakan hasil fermentasi kulit buah yang dicampur dengan air dan gula merah. Kulit buah yang digunakan pada penelitian ini yaitu kulit pisang. Seperti diketahui kulit pisang sangat mudah untuk diperoleh dan dihasilkan dalam jumlah banyak karena sering dikonsumsi sebagai panganan lokal berupa gorengan. Proses fermentasi gula merah, kulit pisang dan air dengan perbandingan 1:3:10 dihasilkan selama tiga bulan (90 hari). Larutan eco enzyme dari kulit pisang umumnya berwarna coklat muda bau asam segar dengan pH < 4 (Permatananda & Pandit, 2023).

Pembuatan Konsentrasi Eco Enzyme

Konsentrasi eco enzyme yang dipakai pada penelitian ini masing-masing 25%, 50%, 75% dan 100%. Eco enzyme sebanyak 2.5 ml dilarutkan ke dalam 7,5 ml aquades untuk mendapatkan konsentrasi 25%. Begitupula dengan konsentrasi 50%, dilarutkan eco enzyme sebesar 5 ml ke dalam 5 ml aquades. Pada konsentrasi 70%, sebanyak 7 ml eco enzyme dilarutkan dalam 3 ml aquades. Pada konsentrasi 100%, larutan eco enzyme yang digunakan adalah larutan murni (tidak diencerkan dengan aquades).

Pengujian Fitokimia

Pengujian fitokimia dilakukan untuk mengetahui senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam eco enzyme meliputi senyawa fenol, flavonoid dan tanin. Pengujian fitokimia dilakukan secara kuantitatif melalui hasil pengukuran dengan menggunakan alat Spektrofometer UV-vis pada serapan masing-masing larutan uji dan blanko dengan panjang gelombang serapan maksimum.

Pengujian Antibakteri

Metode penelitian untuk pengujian antibakteri eco enzyme menggunakan metode difusi cakram (Masykuroh & Puspasar, 2022). Pada metode ini digunakan cakram kertas saring (*paper disc*) yang berfungsi untuk menyerap dan

menampung eco enzyme sebagai antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. *Paper disc* (diameter 6 mm) yang telah direndam dengan larutan eco enzyme pada keempat konsentrasi diletakkan di atas media agar yang telah diolesi bakteri. Pada setiap konsentrasi dilakukan ulangan sebanyak 3 kali sehingga diperoleh nilai rata-rata. Selanjutnya keseluruhan media tersebut diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Pengamatan dilakukan dengan melihat terbentuknya zona hambat berupa area bening di sekeliling *paper disc* yang menunjukkan zona hambat pertumbuhan bakteri (Masykuroh & Puspasar, 2022). Sebagai pembanding, uji kontrol positif dilakukan dengan menggunakan antibiotik amoxicillin 500 mg yang telah teruji dapat membunuh bakteri, sedangkan uji kontrol negatif digunakan aquades.

Uji kontrol positif dilakukan dengan menggunakan antibiotik komersil dalam membandingkan diameter zona hambat yang terbentuk. Antibiotik amoxicillin adalah antibiotik komersial yang digunakan sebagai uji kontrol positif. Pengujian ini menggunakan *paper disc* sebagai media pengujian yang ditambahkan dengan konsentrasi amoxicillin sebesar 100%. Kemudian diujicobakan pada keempat jenis bakteri yang ada.

Analisa Data

Hasil uji hambat yang telah diperoleh kemudian dianalisa dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{d1 + d2}{2} - x$$

Keterangan:

d1 = diameter vertikal zona bening pada media

d2 = diameter horizontal zona bening pada media

x = diameter cakram (6 mm)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eco enzyme telah terbukti memiliki banyak manfaat salah satunya dapat menghambat pertumbuhan bakteri (Welfalini et al, 2022). Proses fermentasi yang terjadi selama 3 bulan akan menghasilkan asam asetat yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri bahkan

membunuh bakteri. Eco enzyme dapat dibuat dari beberapa sampah kulit buah, asalkan kulit buah tersebut tidak terlalu keras karena akan sulit untuk hancur saat proses fermentasi. Pada proses pembuatan eco enzyme, kulit buah yang dipilih adalah kulit buah yang masih dalam kondisi baik dan tidak busuk.

Eco enzyme yang dihasilkan pada penelitian ini sebanyak 915 ml dari 450 gr kulit pisang. Penggunaan kulit pisang didasarkan pada tingginya konsumsi buah pisang sebagai panganan lokal di Kota Ambon. Kulit pisang diperoleh dari penjual yang setiap harinya menjual pisang goreng. Eco enzyme berwarna coklat muda dan berbau asam segar seperti cuka. Warna larutan eco enzyme tergantung pada buah yang digunakan. Penggunaan buah bit akan menghasilkan eco enzyme berwarna merah tua keunguan. Hasil pengukuran pH eco enzyme sebesar 3,3 yang menunjukkan bahwa eco enzyme tersebut baik dan siap untuk digunakan.

Hasil uji fitokimia menunjukkan terdapat senyawa antibakteri pada eco enzyme yang dapat digunakan untuk menghambat pertumbuhan bakteri. Berdasarkan hasil uji fitokimia secara kuantitatif diperoleh total Fenol sebesar 319,0921 mg GA/g, total Flavonoid sebesar 133,5000 mg Q/g, total Tanin sebesar 224,6916 mg ET/g, dan nilai IC50 pada metode DPPH (1,1-diphenil-2-picrylhydrazil) sebesar 290,9558 ppm.

Kulit pisang kaya akan senyawa kimia yang memiliki aktivitas antioksidan dan antimikroba (Hikal et al., 2022). Kulit pisang yang digunakan sebagai bahan pembuatan eco enzyme mengandung senyawa kimia meliputi alkaloid, flavonoid, saponin, fenol, juga terpenoid yang berfungsi sebagai penghambat pertumbuhan bakteri (Fajrina et al., 2019). Hasil penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa berdasarkan uji fitokimia diperoleh kulit pisang mengandung senyawa alkaloid, terpenoid, fenol dan flavonoid yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Escherechia coli* dan *Staphylococcus aureus* (Asih et al., 2018).

Senyawa fenol merupakan salah satu senyawa bioaktif dari tumbuhan yang berperan sebagai antibakteri yang juga dapat ditemukan pada rumput laut (Erniati et al., 2024). Hasil penelitian uji koefisien fenol ditemukan bahwa

aplikasi eco enzyme jenis papaya-nenas dan nenas-jeruk pada konsentrasi 12,5% memiliki keefektifan dalam membunuh mikroorganisme yaitu *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Pseudomonas aeruginosa* (Imelda et al., 2022). Penelitian membuktikan semakin tinggi kandungan senyawa fenol, maka semakin tinggi pula aktivitas antioksidan untuk dapat menekan perkembangan radikal bebas (Sundu et al., 2022).

Senyawa flavonoid dalam eco enzyme berperan sebagai antibakteri dengan cara merusak membran sel bakteri sehingga mengurangi permeabilitas dan mengakibatkan kebocoran membran sel. Hal ini yang akan memudahkan senyawa antibakteri untuk masuk, merusak metabolisme bakteri serta dapat membunuh bakteri. Kandungan flavonoid pada cairan eco enzim akan menghambat sintesis asam nukleat, menghambat fungsi membran sel dan menghambat metabolisme energi, sedangkan kandungan sebagai antibakteri memiliki aktivitas yang berkaitan dengan kemampuannya dalam mengaktifkan adhesi sel mikroba, mengaktifkan enzim, dan mengganggu transport protein pada lapisan dalam sel (Gayanti et al., 2023).

Tanin adalah metabolit sekunder tumbuhan yang umum yang memiliki sifat antioksidan dan antibakteri alami. Selain itu, senyawa ini berfungsi sebagai pengatur metabolisme tumbuhan (Andani et al., 2022). Tanin memiliki kemampuan untuk membentuk senyawa kompleks dengan protein melalui ikatan hidrogen. Jika terbentuk ikatan hidrogen antara tanin dan protein, protein akan terdenaturasi, yang mengganggu metabolisme bakteri. Seperti Senyawa senyawa flavonoid, senyawa tanin yang terkandung dalam eco enzyme dapat mencegah pembentukan sel bakteri, menghambat sintesis asam nukleat, fungsi membran sel, dan energi metabolisme bakteri (M. R. Rahayu et al., 2021).

Pada uji antibakteri ini terlihat besarnya diameter zona yang menghambat pertumbuhan bakteri (Tabel 1 dan Gambar 1). Klasifikasi zona hambat terbagi atas 4 kategori yaitu diameter >20 mm termasuk sangat kuat, 10-20 mm kategori kuat, 5-10 mm sedang, dan <5 mm termasuk lemah atau tidak ada respon (Davis & Stout, 1971). Hasil uji hambat menunjukkan semakin

besar konsentrasi eco enzyme maka semakin besar pula zona hambat yang diperoleh. Zona hambat dengan kategori sedang ditemukan pada bakteri *V. alginoliticus* dan *A. cavie* dengan konsentrasi 100% dengan nilai rata-rata berkisar antara 4,27 mm – 9,17 mm, sedangkan lainnya termasuk dalam kategori lemah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kontrol positif yang menggunakan Amoxicillin memiliki zona hambat dengan kategori kuat terhadap semua jenis bakteri. Hal ini disebabkan karena Amoxicillin sendiri termasuk antibiotik yang bersifat bakterisidal, dan sangat efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif dan Gram negative (Maida & Lestari, 2019).

Terdapat penelitian uji hambat yang menggunakan kulit pisang dengan warna berbeda yaitu merah, hijau, dan kuning (Singh et al., 2013). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pisang merah memiliki zona hambat maksimum yaitu sebesar 27 mm terhadap *Planococcus citri* dan 18 mm terhadap *Staphylococcus aureus*. Kulit pisang hijau menunjukkan zona hambat sebesar 19 mm terhadap *Salmonella typhi* dan *Aeromonas hydrophila*. Sedangkan kulit pisang kuning memiliki zona hambat 20 mm terhadap *A. hydrophila* diikuti 13 mm terhadap *S. aureus*. Hasil penelitian (Muhy Aldean et al., 2010) menunjukkan bahwa ekstraksi kulit pisang dalam air menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap isolat bakteri gram-positif dan negatif yang menyebabkan gingivitis, termasuk spesies *Streptococcus*. Penelitian lainnya menunjukkan bahwa eco enzyme kulit pisang sangat efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus* dibandingkan dengan kulit jeruk (Duma et al., 2023). Fungsi eco enzyme untuk membunuh bakteri bukan hanya diperoleh dari kulit pisang, namun juga dihasilkan dari campuran beberapa kulit buah serta bunga. Eco-enzyme yang dihasilkan dari campuran kulit rambutan, tongkol jagung dan kulit labu siam serta dan bunga kamboja (*Plumeria alba*) terbukti dapat menghambat pertumbuhan bakteri *S. aureus*, dengan zona hambat 31,85-34,41mm (M. Rahayu et al., 2021).

Tabel 1. Hasil uji hambat eco enzyme terhadap isolat bakteri penyebab ice-ice di perairan Pulau Seira

Jenis Bakteri	Konsentrasi Eco Enzyme				Kontrol Positif (mm)
	25%	50%	75%	100%	
<i>V. alginolyticus</i>	1,67	2,89	3,38	8,52	11,75
<i>V. fluvalis</i>	0	1,21	2,68	4,27	18,16
<i>V. cholerae</i>	2,23	2,33	2,39	4,39	16,93
<i>A. cavie</i>	0,62	2,73	5,78	9,17	13,42

*Vibrio alginolyticus**Vibrio fluvalis**Vibrio cholerae**Aeromonas cavie*

Gambar 1. Zona hambat eco enzyme pada empat konsentrasi terhadap empat jenis bakteri yang diisolasi dari rumput laut terinfeksi ice-ice

KESIMPULAN DAN SARAN

Eco enzyme yang dihasilkan memiliki pH 3,3, warna coklat muda dan berbau asam segar. Hasil uji fitokimia diperoleh bahwa eco enzyme dari kulit pisang memiliki senyawa antibakteri meliputi fenol, flavonoid dan tanin. Hasil uji hambat bakteri dengan empat konsentrasi diperoleh bahwa semakin besar konsentrasi eco enzyme yang digunakan maka semakin besar pula zona hambat yang dihasilkan. Zona hambat konsentrasi 100% dengan kategori sedang dapat menghambat pertumbuhan bakteri *V. alginolyticus* dan *A. cavie*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andani, L., Sari, N. M., Salusu, H. D., Yusciansyah, Wartomo, Prayitno, J., & Aryani, F. (2022). Analisis Fitokimia, Aktivitas Antioksidan Dan Antibakteri Daun Andong (*Cordyline fruticosa*). *Perennial*, 18(2), 39–44. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.24259/perennial.v18i2.22466>
- Asih, I. A. R. A., Rita, W. S., Ananta, I. G. B. T., & Wahyuni, N. K. D. M. S. (2018). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Pisang (*Musa* sp.) Terhadap *Escherichia coli* Dan *Staphylococcus Aureus* Serta Identifikasi Golongan Senyawa Aktifnya. *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 6(1), 56–63.

- Ayu, P., Kasih, N., Pandit, I. G. S., Cahyawati, P. N., Sri, A., & Aryastuti, A. (2023). Antimicrobial Properties of Eco Enzyme: A Literature Review. *Bioscientia Medicina: Journal of Biomedicine & Translational Research*, 7(6), 3370–3376. <https://doi.org/https://doi.org/10.37275/bsm.v7i6.831>
- Benny, N., Shams, R., Dash, K. K., Pandey, V. K., & Bashir, O. (2023). Recent trends in utilization of citrus fruits in production of eco-enzyme. *Journal of Agriculture and Food Research*, 13(January), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100657>
- BPS. (2022). *Provinsi Maluku Dalam Angka 2022*.
- Cao, J., Zhang, J., Ma, L., Li, L., Zhang, W., & Li, J. (2018). Identification of fish source *Vibrio alginolyticus* and evaluation of its bacterial ghosts vaccine immune effects. *MicrobiologyOpen*, 7(3), 1–11. <https://doi.org/10.1002/mbo3.576>
- Davis, W. W., & Stout, T. R. (1971). Disc plate method of microbiological antibiotic assay. I. Factors influencing variability and error. *Applied Microbiology*, 22(4), 659–665. <https://doi.org/10.1128/aem.22.4.659-665.1971>
- Duma, I., Irianto, K., Purnomo, K., Amanati, A., Savila, D., & Mardiyaningsih, A. (2023). Antibacterial activity of eco-enzyme waste of *Citrus sinensis*, *Musa paradisiaca* L. var *bluggoe*, and their combination against *Staphylococcus aureus*. *Majalah Farmasetik*, 19(4), 504–513.
- Erbabley, N. Y. G. F., & Kelabora, D. M. (2018). Identifikasi Bakteri Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Berdasarkan Musim Tanam di Perairan Maluku Tenggara. *Akuatika Indonesia*, 3(1), 19. <https://doi.org/10.24198/jaki.v3i1.23398>
- Erniati, Erlangga, S., Imanullah, & Andika, Y. (2024). Aktivitas Antioksidan Dan Total Fenol Rumput Laut *Sargassum* sp. Dari Perairan Simeulue Aceh. *JPHPI*, 27(3), 186–196. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17844/jphpi.v27i3.46981>
- Fadli, M., Aryawati, R., & Agustriani, F. (2021). Kajian fungsi perendaman rumput laut jenis *Kappaphycus alvarezii* pada air tawar untuk meminimalisir serangan penyakit ice-ice. *Maspari Journal*, 13(2), 83–88.
- Fajrina, R. F. N., Rahayu, I. G., Wahyuni, Y., & Rahmat, M. (2019). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Pisang Ambon (*Musa Acuminata Colla*) Terhadap *Staphylococcus Aureus* Secara in-Vitro. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 11(1), 230–235. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v11i1.744>
- 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*, 15(4), 667–673. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2023.v15.i04.p19>
- Hikal, W. M., Said-Al Ahl, H. A. H., Bratovcic, A., Tkachenko, K. G., Sharifi-Rad, J., Kačaniová, M., Elhourri, M., & Atanassova, M. (2022). Banana Peels: A Waste Treasure for Human Being. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/7616452>
- Imelda, D., Lubena, L., Satriawan, B. D., & Brilianti, A. (2022). Formulasi Bahan Aktif Antimikroba Alami Dari Larutan Eco-Enzyme Limbah Kulit Buah Dalam Pembuatan Multipurpose Sanitizer. *Prosiding Seminar Nasional Universitas PGRI Palangka Raya*, 1, 106–113. <https://doi.org/10.54683/puppr.v1i0.14>
- Løvdal, T., Lunestad, B. T., Myrmel, M., Rosnes, J. T., & Skipnes, D. (2021). Microbiological food safety of seaweeds. *Foods*, 10(11), 1–22. <https://doi.org/10.3390/foods10112719>
- Maida, S., & Lestari, A. P. (2019). Aktivitas Antibakteri Amoksisilin Terhadap Gram Positif dan Bakteri Gram Negatif. *J. Pijar MIPA*, 14(3), 189–191. <https://doi.org/10.29303/jpm.1029>
- Maryunus, R. P. (2018). Pengendalian penyakit ice-ice budidaya rumput laut, *Kappaphycus alvarezii*: Korelasi musim dan manipulasi terbatas lingkungan. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/DOI:http://dx.doi.org/10.15578/jkpi.10.1.2018.1-10>
- Masykuroh, A., & Puspasar, H. (2022). Aktivitas Anti Bakteri Nano Partikel Perak (NPP) Hasil Biosintesis Menggunakan Ekstrak Keladi Sarawak *Alocasia macrorrhizos* Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, 7(1), 76–85. <https://doi.org/10.16995/glossa.issue.829>
- Mavani, H. A. K., Tew, I. M., Wong, L., Yew, H. Z., Mahyuddin, A., Ghazali, R. A., & 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), 1–12.
<https://doi.org/10.3390/ijerph17145107>
- Muhy Aldean, A. A., Al-Jumaily, E. F., & Al-Safar, M. A. (2010). The Effect of Banana Skin on the Bacterial Infections of the Chronic Gingivitis Patients. *Al Mustansiriyah Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7(1), 145–149.
<https://doi.org/10.32947/ajps.v7i1.327>
- Muliarta, I. N., & Darmawan, I. K. (2021). Processing Household Organic Waste into Eco-Enzyme as an Effort to Realize Zero Waste. *Agriwar Journal*, 1(1), 6–11.
- Nashrullah, M. F., Susanto, A. B., Pratikto, I., & Yati, E. (2021). Analisis Kesesuaian Lahan Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* (Doty) menggunakan Citra Satelit Di Perairan Pulau Nusa Lembongan, Bali. *Journal of Marine Research*, 10(3), 345–354.
<https://doi.org/10.14710/jmr.v10i3.30507>
- Permatananda, P. A. N. K., & Pandit, I. G. S. (2023). Characteristic of Orange Peel Waste-Based on Eco Enzyme at Different Fermentation Duration. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6), 4289–4293.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.3527>
- Puger, I. G. N. (2018). Sampah Organik, Kompos, Pemanasan Global, Dan Penanaman Aglaonema Di Pekarangan. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 1(2), 127–136.
<https://doi.org/10.37637/ab.v1i2.314>
- Rahayu, M., Muliarta, I. N., & Situmeang, Y. P. (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>
- Siddik, M. A. B., Francis, P., Rohani, M. F., Azam, M. S., Mock, T. S., & Francis, D. S. (2023). Seaweed and Seaweed-Based Functional Metabolites as Potential Modulators of Growth, Immune and Antioxidant Responses, and Gut Microbiota in Fish. *Antioxidants*, 12(12).
<https://doi.org/10.3390/antiox12122066>
- Singh, C., Kathiresan, Boopathy, N., Anandhan, S., & Govindan, T. (2013). Evaluation of Microbial Potential of Different Colored Banana Peels. *International Journal of Preclinical and Pharmaceutical Research*, 4(2), 62–64.
- Sugumaran, R., Padam, B. S., Yong, W. T. L., Saallah, S., Ahmed, K., & Yusof, N. A. (2022). A Retrospective Review of Global Commercial Seaweed Production—Current Challenges, Biosecurity and Mitigation Measures and Prospects. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12).
<https://doi.org/10.3390/ijerph19127087>
- Sundu, R., Supriningrum, R., & Fatimah, N. (2022). Kandungan Total Senyawa Fenol, Total Senyawa Flavonoid dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol Kulit Batang Sekilang (*Embelia borneensis* Scheff.). *Bivalen: Chemical Studies Journal*, 5(2), 31–36.
<http://jurnal.fkip.unmul.ac.id/index.php/bivalen>
- Syamsuddin, R., & Rahman, S. A. (2014). Penanggulangan penyakit ice-ice pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii* melalui penggunaan pupuk N , P , dan K. *Simposium Nasional I Kelautan Dan Perikanan*, 1–9.
- Tuhumury, N. C., Sahetapy, J. M. F., & Matakupan, J. (2024). Isolation and identification of bacterial pathogens causing ice-ice disease in *Eucheuma cottonii* seaweed at Seira Island Waters, Tanimbar Islands District, Maluku, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(3), 964–970.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d250308>
- Tuhumury, N. C., Sangadji, D. M. D., & Ummah, A. N. A. (2023). Analisis Timbulan Sampah dan Pemanfaatan Sampah Organik Berbasis Eco enzyme Pada Kawasan Wisata Kuliner Air Salobar, Kota Ambon. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 5(2), 142–149.
<https://doi.org/10.35970/jppl.v5i2.2021>
- Yanamisra, A., Fariyanti, A., & Dwi Utami, A. (2023). Risiko Produksi Dan Harga Pada Usahatani Rumput Laut Di Kabupaten Takalar Provinsi Sulawesi Selatan. *Forum Agribisnis*, 13(2), 137–151.
<https://doi.org/10.29244/fagb.13.2.137-151>