

Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Penghasil Antimikroba Asal Daun Mangrove *Rhizophora apiculata* Asal Kota Palopo

Rahmawati Nur Annisa^{1*}, Fajria Sari Sakaria¹, Anugrah Umar², Nurul Fahmi Ibrahim¹, Muh. Alif Rahmat¹

¹Ilmu Kelautan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Palopo

²Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Palopo

Sitasi: Annisa, R. N., Sakaria, F. S., Umar, A., Ibrahim, N. F., & Rahmat, M. A. (2024). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Penghasil Antimikroba Asal Daun Mangrove *Rhizophora apiculata* Asal Kota Palopo. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 10(2), 582–588. <https://doi.org/10.35311/jmpi.v10i2.629>

Submitted: 19 September 2024

Accepted: 12 Desember 2024

Published: 21 Desember 2024

*Penulis Korespondensi:
Rahmawati Nur Annisa
Email: rahmawati_nurannisa@umpalopo.ac.id



Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

ABSTRAK

Mangrove adalah ekosistem yang kaya akan senyawa bioaktif dan merupakan ekostem bagi komunitas mikroorganisme penghasil antimikroba. Salah satu tumbuhan mangrove ang menjadi tempat hidup bagi bakteri endofit yaitu *Rhizophora apiculata*. Penelitian ini bertujuan pada pencarian dan identifikasi bakteri endofit asal daun mangrove R. *apiculata* yang dapat dijadikan sebagai sumber antimikroba. Isolasi bakteri endofit dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran hingga 10^{-5} lalu ditanam di media NA. Identifikasi bakteri endofit mengacu pada karakteristik makroskopis, mikroskopis, dan profil biokimia yang sesuai dengan panduan identifikasi *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Aktivitas antimikroba diuji menggunakan metode difusi cakram. Tiga isolat bakteri endofit, yakni RaWT1, RaWT2, dan RaWT3, berhasil diisolasi dari daun mangrove R. *apiculata* asal kec. Wara Timur Kota Palopo dan telah berhasil diidentifikasi sebagai genera *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., dan *Staphylococcus* spp.. Hasil uji menunjukkan bahwa ketiga isolat bakteri memiliki spektrum aktivitas antimikroba yang berbeda. Isolat RaWT1 memiliki aktivitas yang kuat hanya terhadap *E. coli* ATCC-25922 dengan besar zona hambat 11.12 mm, sementara isolat RaWT2 dan RaWT3 lebih aktif terhadap *S. aureus* dengan diameter zona hambat berturut-turut yaitu 10.08 mm dan 10.83 mm yang tergolong dalam spektrum moderat.

Kata Kunci : Antimikroba, Bakteri Endofit, Isolasi, Mangrove, *Rhizophora apiculata*

ABSTRAK

Mangroves are ecosystems rich in bioactive compounds and serve as habitats for microbial communities that produce antimicrobial agents. One mangrove species that hosts endophytic bacteria is *Rhizophora apiculata*. This study aimed to isolate and identify endophytic bacteria from the leaves of R. *apiculata* as potential sources of antimicrobials. Endophytic bacteria were isolated using the serial dilution method up to 10^{-5} and cultured on Nutrient Agar (NA) media. Identification of endophytic bacteria was based on macroscopic, microscopic, and biochemical characteristics, following the guidelines of *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Antimicrobial activity was tested using the disc diffusion method. Three endophytic bacterial isolates, namely RaWT1, RaWT2, and RaWT3, were successfully isolated from the leaves of R. *apiculata* originating from Wara Timur District, Palopo City, and were identified as belonging to the genera *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., and *Staphylococcus* spp., respectively. The results showed that the three bacterial isolates exhibited different antimicrobial activity spectra. Isolate RaWT1 showed strong activity only against *E. coli* ATCC-25922 with an inhibition zone diameter of 11.12 mm, while isolates RaWT2 and RaWT3 were more active against *S. aureus* with inhibition zone diameters of 10.08 mm and 10.83 mm, respectively, which fall within the moderate spectrum.

Keywords : Antimicroba, Endophytic bacteria, Isolation, Mangrove, *Rhizophora apiculata*

PENDAHULUAN

Mangrove adalah tumbuhan pesisir yang merupakan salah satu penghasil senyawa bioaktif yang berlimpah. Senyawa bioaktif ini tidak hanya dihasilkan oleh tanaman mangrove itu sendiri, tetapi juga oleh mikroorganisme endofit yang hidup di dalam mangrove, seperti jamur atau bakteri.

Keanekaragaman habitat mangrove menjadikannya sumber mikroorganisme endofit yang produktif, dengan akar dan daun mangrove menjadi tempat tinggal bagi berbagai mikroorganisme ini (Dechavez *et al.*, 2022). Mikroorganisme endofit ini memainkan peran penting dalam menghasilkan senyawa bioaktif yang bermanfaat bagi tanaman inang dan berbagai

aplikasi bioteknologi (Chandra Behera *et al.*, 2016).

Bakteri endofit, sebagai penghuni intraseluler tanaman mampu mensintesis senyawa bioaktif yang sama dengan tanaman inangnya, karena terjadi rekombinasi genetik antara tanaman inang dan bakteri endofit selama evolusi. Hal ini memungkinkan bakteri tersebut menghasilkan senyawa bioaktif yang bermanfaat dalam perlindungan tanaman inang dan juga dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi bioteknologi (Heirina & Hendri, 2020)

Vegetasi mangrove di Kota Palopo didominasi dari keluarga *Sonneratiaceae* dan *Rhizophoraceae* (Karim *et al.*, 2019; Syakur, 2019). Daun mangrove mengandung senyawa bioaktif seperti antioksidan, antibakteri, dan *anti-aging* (Sumartini *et al.*, 2022). Studi terdahulu telah mengkonfirmasi aktivitas antimikroba ekstrak daun *Rhizophora* sp. terhadap bakteri patogen *S. aureus* (Annisa, 2023). Daun *R. apiculata* memiliki kemampuan menghasilkan senyawa bioaktif seperti flavonoid, steroid, terpenoid, fenol hidrokinon, tanin, dan saponin yang berperan dalam kemampuan antimikrobanya (Akasia *et al.*, 2021; Dat *et al.*, 2022; Karga & Venkatesan, 2023; Rahayu *et al.*, 2019). Potensi besar senyawa bioaktif, aktivitas antibakteri, dan enzimatis ini menunjukkan pula potensi besar bagi bakteri endofit yang dihasilkan oleh daun mangrove *R. apiculata*

Penggunaan bakteri endofit merupakan salah satu cara yang efektif untuk mendapatkan senyawa bioaktif yang dibutuhkan. Penggunaan bakteri endofit dianggap lebih efisien dibandingkan dengan ekstraksi langsung dari tanaman, karena membutuhkan waktu yang lebih sedikit. Selain itu, penggunaan bakteri endofit yang berasal dari tanaman mangrove dapat memberikan manfaat yang besar bagi kelangsungan hidup tanaman tersebut, karena penggunaan bakteri endofit ini menghindari eksploitasi tanaman mangrove secara besar-besaran dalam proses pengambilan senyawa bioaktif. Sehingga kita bisa mendapatkan senyawa bioaktif yang diinginkan dan tetap dapat melestarikan ekosistem mangrove.

Penelitian tentang peran bakteri endofit asal ekosistem mangrove masih sangat terbatas, terutama dalam hal manfaat potensialnya sebagai produk alami. Sehingga tujuan penelitian ini untuk mengisolasi dan karakterisasi jenis bakteri endofit daun mangrove *R. apiculata* yang berpotensi tinggi sebagai penghasil senyawa antimikroba yang efektif terhadap bakteri patogen. Penelitian ini memiliki signifikansi penting dalam upaya menemukan senyawa aktif yang potensial dari bakteri endofit asal

mangrove *R. apiculata*. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai ekosistem mangrove secara lokal dan dapat memberikan kontribusi yang penting dalam pengembangan sumber antimikroba alami yang efektif dan aman.

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, oven (Mommert), Jarum Ose, Cawan Petri (Anumbra), Tabung reaksi (Iwaki).

Bahan

Bahan yang digunakan di penelitian ini yaitu *Nutrient Agar* (NA), *Tryptic Soy Broth* (TSB), Kit Pengecatan Gram, Media SIM, Media Simmon Citrat, Larutan alfa naftol, larutan KOH, Reagen kovacs, Media MRVP, media TSIA.

Isolasi Bakteri Endofit

Sampel daun mangrove *R. apiculata* yang diambil dari wilayah Kec. Wara Timur dicuci dan disterilkan menggunakan Natrium Hipoklorit untuk menghilangkan kotoran dan sterilisasi permukaan. Daun dipotong halus dan dicampur dengan NaCl 0,9%. Bakteri endofit diisolasi dengan pengenceran berseri hingga pengenceran level 10^{-5} dan ditumbuhkan pada media *Nutrient Agar* (NA). Koloni bakteri dimurnikan dan dipindahkan ke media NA miring sebagai stok kultur.

Identifikasi Bakteri Endofit

Identifikasi bakteri dilakukan melalui pengamatan makroskopis, mikroskopis, dan uji biokimia. Karakteristik makroskopis yang diamati meliputi morfologi koloni, seperti bentuk, ukuran, warna, dan permukaan koloni. Karakterisasi mikroskopik isolat bakteri endofit dilakukan dengan pewarnaan gram. Uji biokimia, seperti MIO, TSIA, dan sitrat, dilakukan untuk mengkarakterisasi sifat fisiologis isolat bakteri endofit dan menentukan genus bakteri.

Identifikasi Bakteri Endofit

Identifikasi bakteri endofit dilakukan berdasarkan karakteristik morfologis dan fisiologis bakteri yang meliputi bentuk, warna, elevasi dan tepian koloni, bentuk sel dan sifat gram, uji biokimia, serta uji fisiologis yang disesuaikan pada buku *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*

Uji Antimikroba Isolat Endofit

Penyiapan isolat Bakteri Endofit. Isolat bakteri diinokulasi sebanyak 1 loop ke pada media NB (10 ml). Isolat kemudian diinkubasikan pada suhu konstan 27°C selama 24 jam untuk pertumbuhan optimal.

1. Persiapan kultur bakteri uji

Bakteri uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *S. aureus* ATCC-29213 dan *E. Coli* ATCC-25922. Bakteri uji yang Kultur murni bakteri diremajakan pada media TSB dan diinkubasi pada suhu optimal 37°C selama 24 jam.

2. Uji antimikroba isolat bakteri endofit

Uji aktivitas antimikroba isolat bakteri endofit dilakukan dengan metode difusi agar. Kertas cakram berisi 100µl kultur bakteri endofit, kloramfenikol (kontrol positif), dan kosong (kontrol negatif) diletakkan pada media NA berisi bakteri patogen *S. aureus* ATCC-29213 dan *E. Coli* ATCC-25922 lalu

ditumbuhkan selama 24 jam dengan suhu 37°C. Zona hambat yang terbentuk diukur untuk mengetahui aktivitas antimikroba (Mukhlis *et. al*, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit

Isolat bakteri endofit yang berhasil diisolasi dari daun mangrove *R. apiculata* berjumlah tiga isolat yaitu RaWT1, RaWT2, dan RaWT3 yang kemudian diidentifikasi berdasarkan karakteristik Makroskopis, Mikroskopis dan Biokimia yang disajikan pada Tabel 1 dan 2.

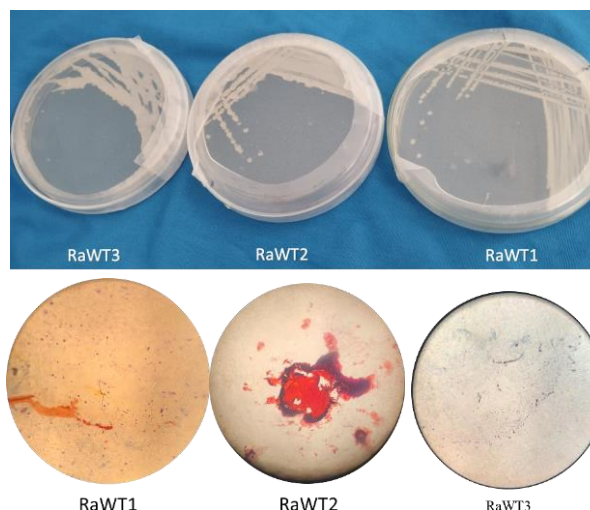
Tabel 1. Hasil Pengamatan Karakteristik Makroskopis dan Mikroskopis Isolate Bakteri Endofit Asal Daun Mangrove *R. Apiculata*

No.	Kode Isolat	Makroskopis				Mikroskopis
		Bentuk	Tepian	Elevasi	Warna	Gram
1	RaWT1	irregular	irregular	rata	putih	Gram positif
2	RaWT2	irregular	irregular	rata	Putih susu	Gram negatif
3	RaWT3	Bundar	entire	rised	Putih susu	Gram positif

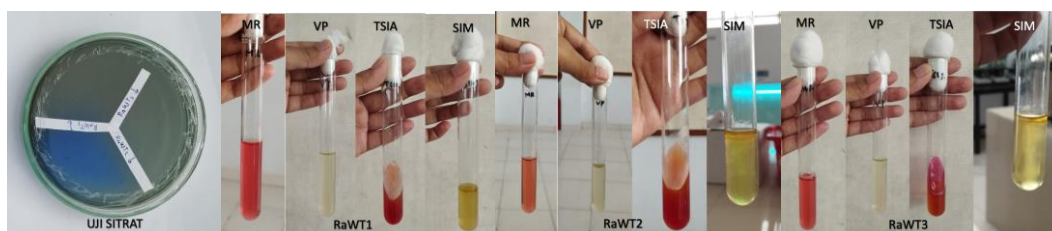
Tabel 2. Hasil Pengamatan Karakteristik Fisiologi Dan Sifat Gram Bakteri Endofit yang Diisolasi Dari Daun Mangrove *R. Apiculata*

No.	Uji Biokimia	Isolat Bakteri		
		RaWT1	RaWT2	RaWT3
1	Indol	-	-	-
2	Motility	Motil	Non motil	Non motil
3	MR	+	+	+
4	VP	-	-	-
5	Simmons Citrate	-	+	-
6	TSIA	Merah/Merah	Merah/Merah	Merah/kuning

Keterangan : (-) Negative, (+) Positif



Gambar 1. Hasil Pemurnian Isolat Dan dan Pewarnaan Gram Isolat Bakteri Endofit Asal Mangrove *R. Apiculata*



Gambar 2. Hasil Uji Biokimia Isolat Bakteri Endofit Asal Mangrove R. *Apiculata*

Berdasarkan karakter makroskopis dan mikroskopis (Tabel 1, Gambar 1) serta hasil karakterisasi biokimia (Tabel 2, Gambar 2) yang disesuaikan dengan *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, isolat bakteri RaWT1, RaWT2, dan RaWT3 diduga termasuk kedalam genus *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., dan *Staphylococcus* spp.

Hasil ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh Dat & Oanh (2021) menyatakan bahwa di peroleh 10 strain bakteri endofit asal daun segar *R. apiculata*, yang telah diidentifikasi menggunakan sekuens gen 16S rRNA menunjukkan termasuk dalam 9 genus, yaitu *Streptomyces*, *Bacillus*, *Pseudovibrio*, *Microbacterium*, *Brevibacterium*, *Microbulbifer*, *Micrococcus*, *Rosellomorea*, dan *Paracoccus* (Dat & Phung Thi Thuy, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Tangapo & Mambu (2023) berhasil mengisolasi sebanyak 18 isolat bakteri endofit dari daun tanaman mangrove *R. apiculata* yang didominasi oleh bakteri gram positif berbentuk basil (batang) (Tangapo & Mambu, 2023). Pramono *et al.* (2029) melaporkan terdapat 17 isolat bakteri endofit yang diisolasi dari daun mangrove *R. apiculata* yang diidentifikasi menggunakan 16S rRNA tergolong genus *Pseudomonas aeruginosa* dan *Serratia marcescens* (Pramono *et al.*, 2019).

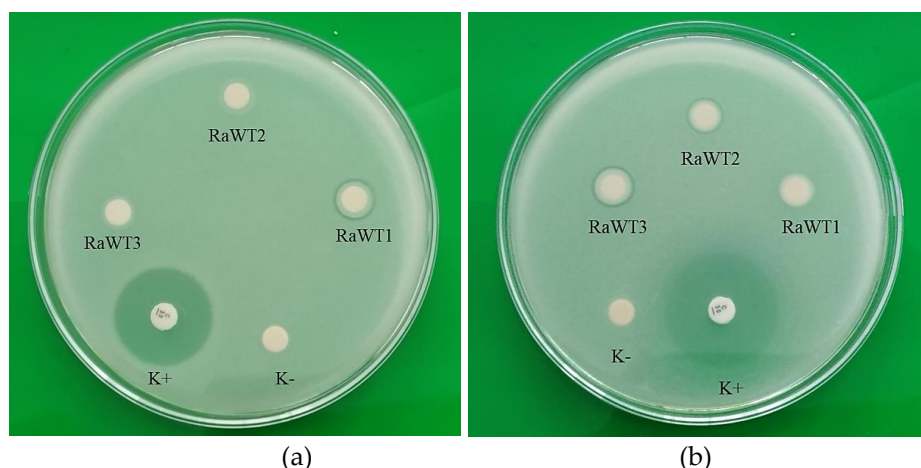
Uji Antimikroba Isolat Endofit

Tumbuhan mangrove dianggap sebagai ruang ekologi bagi berbagai mikroorganisme endofit

dan merupakan sumber potensial senyawa bioaktif. Isolat bakteri endofit menunjukkan aktivitas antimikroba yang ditandai dengan kemampuannya menghambat pertumbuhan mikroorganisme lain, sebagaimana dibuktikan oleh pembentukan zona hambat setelah inkubasi selama 24 jam.

Diameter zona hambat yang terbentuk oleh isolat bakteri endofit RaWT1, RaWT2, dan RaWT3 diukur dengan jangka sorong. Zona hambat yang terbentuk diamati dan diukur dengan jangka sorong. Potensi antimikroba isolat dikategorikan berdasarkan diameter zona hambat yang terbentuk: sangat kuat (>20 mm), kuat (11-20 mm), sedang (6-10 mm), dan lemah (<5 mm) (Davis & Stout, 1971; Susanto & Ruga, 2012), kontrol positif menggunakan cakram antibiotik yang mengandung kloramfenikol 30 µg dan kontrol negatif menggunakan disk kosong tanpa mengandung antibiotik.

Hasil aktivitas antimikroba dari Isolat bakteri endofit RaWT1, RaWT2, dan RaWT3 memperlihatkan bahwa ketiga isolat bakteri tersebut dapat menghasilkan senyawa antimikroba yang ditandai dengan munculnya zona bening disekitar blankdisk yang berisi isolat bakteri (Gambar 3.) yang diujikan pada bakteri patogen *S. aureus* ATCC-29213 dan *E. coli* ATCC-25922 dengan rata-rata diameter zona hambat berkisar antara 10 – 11 mm (Tabel 3).



Gambar 3. Uji Antimikroba Isolat Bakteri Endofit Asal Daun Mangrove *R. apiculata* terhadap Bakteri Patogen (a) *E. coli* ATCC-25922 dan (b) *S. aureus* ATCC-29213

Tabel 3. Besar Zona Hambat Isolat Bakteri Endofit Yang Asal Daun Mangrove *R. apiculata* terhadap *E. coli* ATCC-25922 dan *S. aureus* ATCC-29213

No.	Isolat Bakteri	Rata-rata diameter daya hambat terhadap bakteri patogen (mm)	
		<i>E. coli</i> ATCC-25922	<i>S. aureus</i> ATCC-29213
1	RaWT1	11.12 ± 0,584	-
2	RaWT2	-	10.08 ± 0,382
3	RaWT3	-	10.83 ± 0,289
4	Kontrol Positif	23.33 ± 0,577	31 ± 1,732
5	Kontrol Negatif	0	0

Berdasarkan Tabel 3 diatas dapat dilihat bahwa isolat RaWT1 hanya dapat menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* ATCC-25922 dengan besar zona hambat 11.12 mm yang tergolong kategori kuat sedangkan isolat bakteri RaWT2 dan RaWT3 hanya mampu menghambat bakteri *S. aureus* ATCC-29213 dengan besar zona hambat masing-masing yaitu 10.08 mm dan 10.83 mm yang tergolong sedang, dimana kategori tersebut disesuaikan dengan kategori besaran zona hambatan menurut Davis & Stout (1971).

Dat *et.al* (2021) telah melaporkan sembilan ekstrak isolat bakteri endofit mangrove *R. apiculata* menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap *S. aureus*, sebelas ekstrak menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap *E. faecalis*, delapan ekstrak menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap *E. coli*, delapan ekstrak menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap *P. aeruginosa*, dan sepuluh ekstrak efektif menghambat pertumbuhan *C. albicans* (Dat *et al.*, 2021).

Riset oleh Fatimah *et. al* (2024) berhasil mengisolasi 61 isolat bakteri endofit dari tanaman mangrove (*R. apiculata*, *S. desandra*, *B. silindris*, dan *E. agallocha*) yang memiliki aktivitas antibakteri terhadap patogen *S. aureus* dan *E. coli* (Fatimah *et al.*, 2024). Bakteri endofit memproduksi antibiotik sebagai mekanisme adaptasi untuk bertahan hidup dalam lingkungan mikroba yang kompetitif. Senyawa-senyawa antimikroba ini tidak hanya melindungi bakteri endofit itu sendiri, tetapi juga memberikan perlindungan bagi tanaman inang terhadap mikroorganisme lain.

Klaiklay *et al.* (2013) berhasil mengisolasi senyawa antimikroba tremulenolide A dari jamur endofit *Flavodon flavus* PSU-MA201 yang berasal dari tanaman mangrove *R. apiculata*. Senyawa ini menunjukkan aktivitas penghambatan pertumbuhan yang signifikan terhadap *S. aureus* dan *Cryptococcus neoformans* dengan nilai Minimum Inhibitory Concentration (MIC) sebesar 128 µg/mL.

Berdasarkan hasil identifikasi yang dilakukan diketahui bahwa isolat bakteri RaWT1,

RaWT2, dan RaWT3 diduga termasuk kedalam genus *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., dan *Staphylococcus* spp. yang mana ketiga bakteri tersebut mampu menghasilkan senyawa antimikroba terhadap bakteri uji.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Dat *et al.*, 2022), yang melaporkan bahwa bakteri endofit *Bacillus* sp. RAR_M1_45 yang berasal dari mangrove *Rhizophora apiculata* menghasilkan tiga senyawa aktif, yaitu 2-(2-heptenyl)-3-methyl-4-quinolinone, 3-methyl-2-(2-nonenyl)-4-quinolinone, dan 2-phenylacetic acid. Senyawa-senyawa ini terbukti efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa genus *Bacillus* secara umum merupakan produsen prolifrik berbagai enzim dan senyawa antimikroba, seperti barnase, alfa-amilase, protease subtilisin, dan enzim restriksi BamH1 (Shleeve *et al.*, 2023).

Penelitian oleh Ndlovu *et al.*, (2017). Rachmanol *et al.*, (2017) dan Thomas *et al.*, (2020) juga menunjukkan bahwa protease yang dihasilkan oleh spesies *Bacillus* lainnya, seperti *B. subtilis*, memiliki aktivitas antibakteri yang kuat terhadap berbagai patogen seperti *E. coli* dan *S. aureus* (Ndlovu *et al.*, 2017; Thomas *et al.*, 2020)

Pseudomonas spp. di lingkungan mangrove menghasilkan siderofor untuk mengikat besi dari lingkungan, sehingga mengurangi ketersediaan besi bagi bakteri patogen yang sangat bergantung pada besi untuk pertumbuhan dan virulensi. Mekanisme ini efektif dalam menghambat perkembangan patogen melalui kompetisi langsung akan unsur hara penting tersebut (Baakza *et al.*, 2020).

Pseudomonas spp. diketahui mampu menghasilkan berbagai senyawa bioaktif dengan aktivitas antimikroba, seperti piocianin dan pirolnitrin. Piocianin, misalnya, dapat menyebabkan stres oksidatif pada sel-sel patogen, sehingga mengganggu struktur protein dan DNA mereka. Senyawa pirolnitrin juga memiliki aktivitas antijamur dan antibakteri yang kuat dengan

menghambat biosintesis protein dan mengganggu membran sel patogen (Tariq *et al.*, 2021).

Beberapa *Pseudomonas* spp. juga mampu menghasilkan enzim-enzim hidrolitik seperti protease yang mampu mendegradasi komponen struktural dinding sel patogen. Enzim ini memecah peptidoglikan atau komponen lipid membran, menyebabkan lisis sel patogen dan menghambat pertumbuhannya (Cheng *et al.*, 2019). Penelitian terdahulu telah melaporkan *Staphylococcus* spp. juga memiliki kemampuan untuk menghasilkan senyawa antimikroba yang berfungsi melindungi dari patogen di lingkungan mangrove.

Bakteri dari genus ini diketahui menghasilkan senyawa antimikroba seperti bakteriosin, yang dapat menghambat bakteri Gram positif maupun Gram negatif lainnya (AL-GHANAYEM *et al.*, 2017). Produksi bakteriosin ini sangat penting dalam persaingan mikroba di lingkungan mangrove yang padat mikroorganisme, sehingga meningkatkan kemampuan bakteri *Staphylococcus* dalam bertahan hidup. Aktivitas antimikroba dari *Staphylococcus* spp. asal mangrove memiliki potensi besar dalam terapi antimikroba dan pengembangan obat baru untuk mengatasi resistensi antibiotik (Ramachandran *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Tiga jenis bakteri endofit RaWT1, RaWT2, dan RaWT3 berhasil diisolasi dari daun mangrove *R. apiculata* yang teridentifikasi dalam genera *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp., dan *Staphylococcus* spp. Hasil uji aktivitas antimikroba ketiga isolat bakteri endofit menunjukkan bahwa isolat RaWT1 hanya mampu membentuk zona hambat sebesar 11,12 mm terhadap bakteri *E. coli* ATCC-25922, yang mengindikasikan aktivitas antimikroba yang kuat. Sementara itu, isolat RaWT2 dan RaWT3 masing-masing hanya membentuk zona hambat sebesar 10,08 mm dan 10,83 mm terhadap bakteri *S. aureus* ATCC-29213, menunjukkan aktivitas antimikroba tergolong kategori sedang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kami ucapkan kepada KEMDIKBUDRISTEK yang telah mendanai penelitian ini dalam skema Penelitian Dasar Pemula (PDP). Terima kasih juga kami ucapkan kepada Rektor dan para wakil Rektor UMPalopo, Ketua LPPM dan tim serta semua anggota tim yang terlibat pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Akasia, A. I., Nyoman, D., Putra, N., Nyoman, I., &

- Putra, G. (2021). Skrining Fitokimia Ekstrak Daun Mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Rhizophora apiculata* yang Dikoleksi dari Kawasan Mangrove Desa Tuban, Bali. In *JMRT* (Vol. 4). Halaman. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JMRT>
- Al-Ghanayem, A. A., Al Sobeei, S. M., Alhussaini, M. S., Joseph, B., & Saadabi, A. M. (2017). Short Communication: Antibacterial activity of certain Saudi Arabian medicinal plants used in folk medicine against different groups of bacteria. *Nusantara Bioscience*, 9(4), 392–395. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n090409>
- Chandra Behera, B., Kumar Singdevsachan, S., Ranjan Mishra, R., Kumar Sethi, B., Kumar Dutta, S., & Nath Thatoi, H. (2016). Phosphate Solubilising Bacteria from Mangrove Soils of Mahanadi River Delta, Odisha, India. *World Journal of Agricultural Research*, 4(1), 18–23. <https://doi.org/10.12691/wjar-4-1-3>
- Dat, T. T. H., Cuong, L. C. V., Ha, D. V., Oanh, P. T. T., Nhi, N. P. K., Anh, H. L. T., Quy, P. T., Bui, T. Q., Triet, N. T., & Nhung, N. T. A. (2022). The study on biological activity and molecular docking of secondary metabolites from *Bacillus* sp. isolated from the mangrove plant *Rhizophora apiculata* Blume. *Regional Studies in Marine Science*, 55, 102583. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102583>
- Dat, T. T. H., Oanh, P. T. T., Cuong, L. C. V., Anh, L. T., Minh, L. T. H., Ha, H., Lam, L. T., Cuong, P. V., & Anh, H. L. T. (2021). Pharmacological properties, volatile organic compounds, and genome sequences of bacterial endophytes from the mangrove plant *rhizophora apiculata* blume. *Antibiotics*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/antibiotics10121491>
- Dat, T. T. H., & Phung Thi Thuy, O. (2021). In Vitro Antioxidant, A-Amylase And A-Glucosidase Inhibitory Activities Of Endophytic Bacteria From The Roots Of The Mangrove Plant *Rhizophora stylosa* Griffith. *Academia Journal of Biology*, 43(3), 125–135. <https://doi.org/10.15625/2615-9023/16143>
- Dechavez, R., Calub, M. L., Genobata, D. R., Balacuit, R., Jose, R., & Tabugo, S. R. (2022). Identification of culture-dependent microbes from mangroves reveals dominance of *Bacillus* including medically important species based on DNA signature. *Biodiversitas*, 23(10), 5342–5350. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231044>
- Fatimah, Rahayuningtyas, N. D., Nastiti, A., Alawiyah, D. D., Ramadhan, R., Gerald, A., & Junairiah. (2024). Antibacterial and

- biosurfactant activity of endophytic bacteria isolated from mangrove plant in Lamongan, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(7), 3035–3042. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250725>
- Heirina, A., & Hendri, M. (2020). Isolasi dan aktivitas antibakteri jamur endofit pada mangrove *Sonneratia alba* dari Tanjung Carat Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*, 22(1), 16–24. <https://doi.org/10.26554/jps.v22i1.552>
- Karga, T., & Venkatesan, A. (2023). Phytochemical Analysis of *Rhizophora apiculata* Leaf and Root Extract and Its Inhibitory Action against *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli*. In *International Bimonthly (Print)-Indian Journal of Natural Sciences www.tnsroindia.org.in ©IJONS* (Vol. 14). www.tnsroindia.org.in
- Karim, H. A., Ahmad, A., & Rosdayanti, A. (2019). Komposisi Dan Cadangan Karbon Ekosistem Mangrove Teluk Bone Palopo, Sulawesi Selatan Composition And Carbon Stock Of Mangrove Ecosystem Gulf Of Bone Palopo, South Of Sulawesi. *Gorontalo Journal of Forestry Research*, 2(1), 12–19.
- Ndlovu, T., Rautenbach, M., Vosloo, J. A., Khan, S., & Khan, W. (2017). Characterisation and antimicrobial activity of biosurfactant extracts produced by *Bacillus amyloliquefaciens* and *Pseudomonas aeruginosa* isolated from a wastewater treatment plant. *AMB Express*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s13568-017-0363-8>
- Pramono, H., Irawan, N. T., Firdaus, M. R. A., Sudarno, Sulmartiwi, L., & Mubarak, A. S. (2019). Bacterial endophytes from mangrove leaves with antibacterial and enzymatic activities. *Malaysian Journal of Microbiology*, 15(7), 543–553. <https://doi.org/10.21161/mjm.190352>
- Rahayu, S., Rozirwan, R., & Purwiyanto, A. I. S. (2019). Daya Hambat Senyawa Bioaktif Pada Mangrove *Rhizophora* Sp. Sebagai Antibakteri Dari Perairan Tanjung Api-API, Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*, 21(3), 151. <https://doi.org/10.36706/jps.v21i3.544>
- Shleeva, M. O., Kondratieva, D. A., & Kaprelyants, A. S. (2023). *Bacillus licheniformis*: A Producer of Antimicrobial Substances, including Antimycobacterials, Which Are Feasible for Medical Applications. *Pharmaceutics*, 15(7). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15071893>
- Annisa, R. N. (2023). Aktivitas Antimikroba Ekstrak Infusa Daun Bakau Annisa. *ACROPORA: Jurnal Ilmu Kelautan Dan Perikanan Papua*, 6(2), 1–6. <http://ejournal.uncen.ac.id/index.php/ACR>
- Sumartini, Ratrinia, P. W., & Hutabarat, R. F. (2022). The effect of mangrove types and leave maturity on the mangrove leaves (*Sonneratia alba*) and (*Rhizophora mucronata*) tea powder. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 967(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/967/1/012018>
- Syakur, A. (2019). Jenis-jenis Tumbuhan Mangrove di Kelurahan Takkalala Kecamatan Wara Selatan Kota Palopo. *Biogenerasi*, 4(1).
- Tangapo, A. M., & Mambu, S. M. (2023). Isolation of endophytic bacteria from *Rhizophora apiculata* mangrove plants in Manado coast and screening for their proteolytic and cellulolytic activities. *AIP Conference Proceedings*, 2694. <https://doi.org/10.1063/5.0118397>
- Thomas, N. N., Archana, V., Shibina, S., & Edwin, B. T. (2020). Isolation and characterization of a protease from *Bacillus* sps. *Materials Today: Proceedings*, 41, 685–691. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.435>