

Bioprospeksi Senyawa Antibakteri dari Bakteri yang Berasosiasi pada Bulu Babi asal Kabupaten Kaur, Bengkulu

Risky Hadi Wibowo^{1*}, Sipriyadi¹, Morina Adfa², M. Eka Prastya³, Uci Cahlia⁴,
Riziq Ilham Nur Fahmi⁵, Dita Delia Rothman¹

¹Program Studi S-2 Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu

²Program Studi S-2 Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu
Jl. W.R Supratman, Kandang Limun, Bengkulu 38371, Indonesia

³Pusat Riset Bahan Baku Obat dan Obat Tradisional, Badan Riset dan Inovasi Nasional
Jl. Raya Puspipitek 60, Setu, Tangerang Selatan, Banten, 15314 Indonesia

⁴Program Studi S-1 Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu

⁵Program Studi D-3 Laboratorium Sains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu
Email: rhwibowo@unib.ac.id

Abstract

Bioprospecting of Antibacterial Compounds from Symbiotic Bacteria with Sea Urchins from Kaur Regency, Bengkulu

The digestive system of sea urchins functions to process organic material from food into bioactive compounds. However, the direct exploitation of bioactive compounds from sea urchins may trigger ecological imbalances. These bioactive compounds can also be produced through interactions between sea urchins and their diverse associated bacteria within the body. Therefore, alternative methods are needed to obtain bioactive compounds without disrupting the aquatic ecosystem. This study aims to explore bioactive compounds from the associated bacteria of sea urchins (*Stomopneustes variolaris* Lamarck and *Tripneustes ventricosus* Lamarck) originating from Kaur Regency, Bengkulu. A total of 30 bacterial isolates were successfully obtained using Zobell Marine Agar (ZMA) medium. Potential isolates were identified through morphological observation, Gram staining, and biochemical tests. Antibacterial activity assays showed that 12 isolates had potential as antibacterial producers based on tests against *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, and *Staphylococcus aureus*. Two isolates, TVL 6 and TVL 11, were able to inhibit all test bacteria. Additionally, assays using pellets and supernatants showed that all 12 isolates exhibited antibacterial activity, with 5 isolates showing activity in the supernatant. Isolates TVL 6 and TVL 11 were proven effective in inhibiting all test bacteria in both pellet and supernatant forms, with the highest inhibition observed against *Staphylococcus aureus*. These results indicate that the associated bacteria in the digestive tract of sea urchins have potential as candidates for antibacterial compound producers.

Keywords: Antibacterial; associated bacteria; sea urchin; kaur

Abstrak

Sistem pencernaan bulu babi berfungsi untuk mengolah bahan organik dari makanan menjadi senyawa bioaktif. Namun, eksploitasi senyawa bioaktif dari bulu babi secara langsung dapat memicu ketidakseimbangan ekosistem. Senyawa bioaktif ini juga dapat dihasilkan melalui interaksi antara bulu babi dengan bakteri asosiasi yang beragam di dalam tubuhnya. Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif untuk memperoleh senyawa bioaktif tanpa merusak keseimbangan ekosistem perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi senyawa bioaktif dari bakteri asosiasi bulu babi (*Stomopneustes variolaris* Lamarck dan *Tripneustes ventricosus* Lamarck) asal Kabupaten Kaur, Bengkulu. Sebanyak 30 isolat bakteri berhasil diisolasi menggunakan media Zobell Marine Agar (ZMA). Identifikasi isolat potensial dilakukan melalui pengamatan morfologi, pewarnaan Gram, dan uji biokimia. Uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa 12 isolat memiliki potensi sebagai penghasil antibakteri berdasarkan pengujian terhadap kultur uji *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, dan *Staphylococcus aureus*. Dua isolat, TVL 6 dan TVL 11, mampu menghambat semua bakteri uji tersebut. Selain itu, pengujian menggunakan pelet dan supernatan menunjukkan bahwa 12 isolat mampu menghasilkan aktivitas antibakteri, dengan 5 isolat menunjukkan aktivitas pada supernatan. Isolat TVL 6 dan TVL 11 terbukti efektif menghambat semua bakteri uji baik pada pelet maupun supernatan, dengan penghambatan tertinggi terhadap *Staphylococcus aureus*. Hasil ini mengindikasikan bahwa bakteri asosiasi dalam saluran cerna bulu babi memiliki potensi sebagai kandidat penghasil antibakteri.

Kata kunci : Antibakteri; bakteri asosiasi; bulu babi; kaur

PENDAHULUAN

Resistensi antibiotik merupakan suatu kondisi dimana mikroorganisme tetap mampu bertahan hidup dan berkembang biak ketika diberi obat antibiotik tertentu. Resistensi antimikroba terjadi

ketika antibiotik kehilangan kemampuan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme. Peningkatan penggunaan antibiotik di seluruh dunia serta penggunaannya yang tidak rasional menyebabkan terapi antibiotik tidak lagi efisien (Putri *et al.*, 2023). Resistensi antibiotik sebagai masalah kesehatan masyarakat yang mendesak, merupakan fenomena yang juga terjadi akibat penggunaan antibiotik yang tidak tepat. Dampak resistensi antibiotik meliputi peningkatan angka kematian dan efek samping obat yang lebih berat (Yunita *et al.*, 2021). Oleh karena itu, penelitian terkait dengan resistensi antibiotik penting untuk dilakukan agar tetap menjaga efektivitas pengobatan, melindungi masyarakat, serta menjamin keberlanjutan sistem kesehatan di masa depan.

Bulu babi (*Sea urchins*) merupakan hewan yang termasuk ke dalam filum Echinodermata kelas Echinoidea. Hewan ini memiliki keanekaragaman yang tinggi, hidup tersebar dari perairan dangkal hingga ke perairan laut dalam terutama banyak ditemukan di zona intertidal (Suryanti *et al.*, 2017). Kemampuan bulu babi untuk beradaptasi di lingkungan ekstrem memungkinkan mereka menghasilkan senyawa bioaktif dari metabolit sekunder yang berperan melindungi diri dari penyakit, termasuk yang disebabkan oleh bakteri patogen. Penelitian yang dilakukan oleh AbouElmaaty *et al.* (2020) mengungkapkan bahwa gonad dan duri bulu babi *Tripneustes gratilla* memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Enterococcus faecalis*. Sedangkan, gonad bulu babi *Diadema setosum* menunjukkan kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* (Rompas *et al.*, 2022). Senyawa bioaktif ini juga dapat berasal dari interaksi antara bakteri asosiasi dengan bulu babi yang hidup di dalam tubuhnya. Nakanishi *et al.*, (2013) berhasil menemukan senyawa anthocolorins A-F, yaitu merupakan salah satu senyawa bioaktif antibiotik unik dan metabolit sitotoksik yang dihasilkan oleh asosiasi antara mikroorganisme dan bulu babi.

Bakteri asosiasi menempel pada permukaan atau berada di dalam jaringan tubuh bulu babi tanpa memberikan dampak negatif bagi inangnya, sehingga terbentuk hubungan mutualisme. Bakteri ini memanfaatkan sisa pencernaan inangnya sebagai sumber nutrisi sekaligus mendapatkan tempat tinggal yang aman. Sedangkan, bakteri asosiasi akan memberikan timbal balik terhadap bulu babi, bakteri asosiasi akan membantu inangnya menguraikan bahan organik dalam tubuh dan menghasilkan senyawa bioaktif yang serupa dengan inangnya (Rodriguez-Barrera *et al.*, 2021). Senyawa ini berfungsi melindungi inang dari bakteri patogen penyebab penyakit. Oleh karena itu, bakteri asosiasi pada bulu babi memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai sumber alternatif antibiotik baru dengan kemampuan menghasilkan senyawa antibakteri. Zheng *et al.*, (2024) melaporkan bahwa interaksi antara mikroorganisme dengan bulu babi sebagai inangnya dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu, salinitas, serta tipe habitat, sehingga sangat memengaruhi komunitas mikroba dalam bulu babi.

Penelitian mengenai potensi senyawa bioaktif dari berbagai bagian tubuh bulu babi, seperti cangkang, duri, dan gonad, telah berhasil dilakukan oleh beberapa penelitian terdahulu. Namun, hingga saat ini, isolasi dan pengujian potensi senyawa bioaktif dari bakteri asosiasi dalam sistem pencernaan bulu babi belum pernah dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan untuk mendapatkan isolat bakteri dengan potensi tinggi sebagai penghasil senyawa antibakteri. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh isolat bakteri asosiasi bulu babi yang memiliki kemampuan menghasilkan senyawa antibakteri.

MATERI DAN METODE

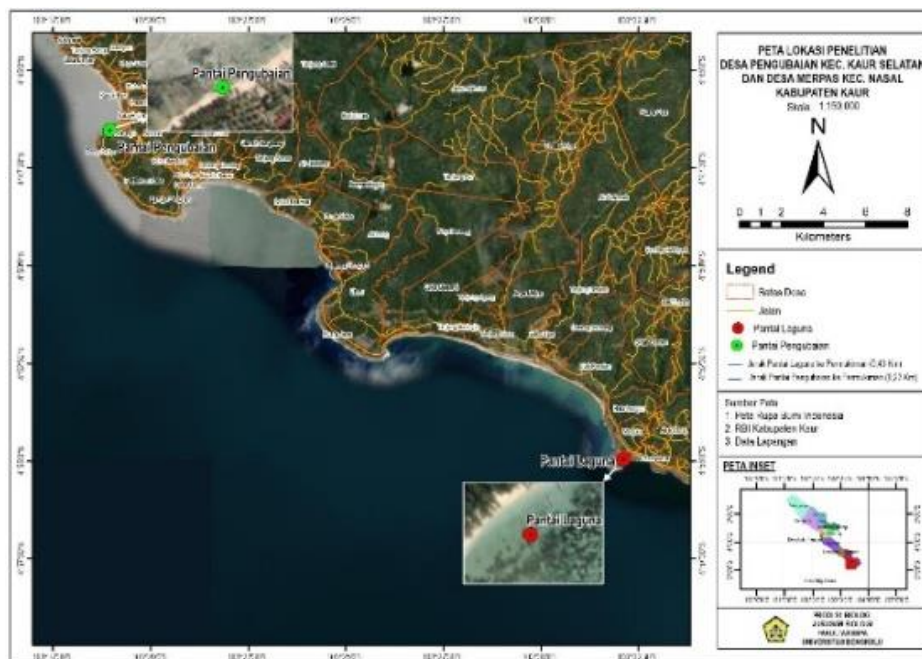
Pengambilan sampel bulu babi dilakukan di Pantai Pengubai dan Pantai Laguna Kabupaten Kaur, Bengkulu (Gambar 1). Sebanyak dua jenis spesies hewan bulu babi yaitu *Stomopneustes variolaris* dan *Tripneustes ventricosus* dikoleksi menggunakan metode *purposive sampling*. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan pencapit, lalu dimasukkan ke dalam kantong plastik *ziplock* yang steril, didokumentasikan dan faktor-faktor abiotik seperti suhu, pH, dan salinitas air diukur. Sampel dibawa ke laboratorium, kemudian dilakukan prosedur pembedahan untuk memisahkan sistem pencernaan dari cangkangnya (Masasa *et al.*, 2023).

Pengambilan sampel bulu babi juga disertai dengan pengukuran faktor abiotik dari lokasi pengoleksian sampel yang meliputi suhu air, pH air, dan salinitas air seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1. Isolasi bakteri asosiasi dari bulu babi dilakukan dengan metode gerus. Hasil penggerusan sampel sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam tabung ulir dan diencerkan bertahap dengan konsentrasi 10^{-1} , 10^{-3} , dan 10^{-5} . Selanjutnya, sebanyak 0,1 ml sampel dari setiap pengenceran disebar menggunakan batang penyebar dan diinkubasi pada suhu 30°C selama 2 x 24 jam. Bakteri yang berhasil diisolasi, dimurnikan pada media *Zobell Marine Agar (ZMA)* steril menggunakan metode gores kuadran, lalu diinkubasi kembali selama 2 x 24 jam pada suhu 30°C. Isolat bakteri diidentifikasi berdasarkan morfologi koloni melalui pengamatan makroskopis, yang meliputi penampakan koloni, bentuk permukaan koloni, warna, tepi, serta elevasi koloni bakteri (Wibowo *et al.*, 2020).

Pewarnaan bakteri dilakukan dengan pewarnaan Gram yang menggunakan kristal violet, lugol, dan safranin sebagai pewarna, serta alkohol 96% sebagai pemucat. Hasil pewarnaan Gram diamati dibawah mikroskop. Uji biokimia yang dilakukan meliputi uji fermentasi karbohidrat (glukosa, laktosa, dan sukrosa), uji katalase, uji motilitas, uji urea, dan uji sitrat. Identifikasi isolat bakteri asosiasi bulu babi dilakukan dengan mengacu pada *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology 2nd Edition Volume 1st* (Boone *et al.*, 2012) dan *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology 2nd Edition Volume 3rd* (Whitman *et al.*, 2009).

Tabel 1. Hasil pengukuran faktor abiotik di lokasi saat pengoleksian sampel

Faktor Abiotik	Pantai Pengubaijan	Pantai Laguna
Suhu air	30,6 °C	30 °C
pH air	8,21	8,34
Salinitas air	34 ‰	34 ‰
Titik koordinat (GPS)	S 04°46'31.59" E 103°18'52.77"	S 04°46'31.57" E 103°18'52.82"
Waktu pengambilan	14 April 2024: 14.55 WIB	14 April 2024: 15.45 WIB



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel bulu babi di pantai Pengubaijan dan pantai Laguna, kabupaten Kaur, Bengkulu (Peta Rupa Bumi Indonesia, 2024).

Bakteri uji dikultur pada media *Tryptic Soy Broth* (TSB) selama 1 x 24 jam. Sebanyak 1 ml kultur bakteri uji ditambahkan ke dalam 100 ml media *Tryptic Soy Agar* (TSA), dihomogenkan, dan dituangkan ke dalam cawan Petri. Isolat bakteri asosiasi diinokulasikan pada media yang sudah berisi bakteri uji dan diinkubasi pada suhu 30 °C selama 1 x 24 jam (Wibowo *et al.*, 2023).

Sebanyak satu ose isolat bakteri asosiasi bulu babi dikultur pada media *Zobell Marine Broth* (ZMB) dan diinkubasi selama 1 x 24 jam, kecepatan 120 rpm. Kemudian, kultur disentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm, 5 menit. Setelah pelet terpisah, pelet dilarutkan dengan 150 µl akuades dan di vorteks. Lalu, sebanyak 10 µl pelet/supernatan diteteskan pada kertas cakram, di kering anginkan, dan diletakkan pada media TSA yang sudah berisi bakteri uji, diinkubasi pada suhu 30°C, 1 x 24 jam. Hasil yang positif menunjukkan adanya zona bening di sekitar kertas cakram, yang kemudian diukur menggunakan jangka sorong digital (Ruangpan and Tendencia, 2004).

Pengolahan data zona hambat dilakukan dengan mengklasifikasikan penghambatan antibakteri berdasarkan indeks daya hambat yang dikutip dalam Ouchari *et al.*, 2019, dengan membandingkan nilai pengukuran diameter zona hambat menggunakan jangka sorong digital.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sampel bulu babi (Gambar 2) diambil dari Kabupaten Kaur, Bengkulu, dengan dua lokasi pengoleksian yang berbeda. Spesies *S. variolaris* dikoleksi dari Pantai Pengubaian, sedangkan spesies *T. ventricosus* diperoleh dari Pantai Laguna. Hasil isolasi menghasilkan 30 isolat yang diidentifikasi berdasarkan karakter morfologi. Jumlah total koloni bakteri yang ditemukan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah bakteri yang diisolasi dari sampel saluran cerna bulu babi *Stomopneustes variolaris* dan *Tripneustes ventricosus*

Spesies bulu babi	10 ⁻¹		10 ⁻³		10 ⁻⁵		Total isolat bakteri simbion terpilih
	U ₁	U ₂	U ₁	U ₂	U ₁	U ₂	
<i>S. variolaris</i>	244	177	119	96	36	17	16
<i>T. ventricosus</i>	192	118	91	59	50	47	14
Total isolat							30

Keterangan: U₁= ulangan 1, U₂= ulangan 2, 10⁻¹= pengenceran 10⁻¹, 10⁻³= pengenceran 10⁻³, 10⁻⁵= pengenceran 10⁻⁵



S. variolaris



T. ventricosus



Sistem pencernaan bulu babi

Gambar 2. Morfologi sampel bulu babi

Bakteri yang berhasil diisolasi dan ditumbuhkan pada media *Zobell Marine Agar (ZMA)* diberi kode isolat, yaitu SVP untuk bakteri yang berasosiasi dengan *S. variolaris* dari Pantai Pengubai, dan TVL untuk bakteri yang berasosiasi dengan *T. ventricosus* dari Pantai Laguna. Karakterisasi isolat dilakukan melalui pengamatan morfologi koloni secara makroskopis, meliputi elevasi, bentuk, warna, permukaan, dan penampakan (Guan *et al.*, 2023). Penampakan morfologi isolat bakteri yang berasosiasi dengan bulu babi dapat dilihat pada Gambar 3.

Pengamatan mikroskopis dilakukan menggunakan metode pewarnaan Gram untuk membedakan bakteri berdasarkan struktur dinding selnya. Menurut Rini dan Rochmah (2020), bakteri Gram positif diketahui memiliki dinding sel dengan kandungan peptidoglikan yang lebih tebal (15–80 nm), sedangkan Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis (10–15 nm). Isolat bakteri asosiasi bulu babi kemudian diamati secara mikroskopis menggunakan pewarnaan Gram (Gambar 3).

Pengujian biokimia dilakukan dengan serangkaian uji, diantaranya uji motilitas, urease, penggunaan sitrat, fermentasi karbohidrat, hidrolisis pati, dan aktivitas katalase. Hasil uji biokimia menunjukkan bahwa dari 30 isolat bakteri simbiosis bulu babi yang dianalisis, sebanyak 18 isolat memiliki motilitas positif dan 27 isolat menunjukkan aktivitas katalase positif. Kemampuan memanfaatkan sitrat terdeteksi pada 14 isolat, sedangkan urea positif hanya dimiliki oleh 10 isolat. Aktivitas fermentasi sukrosa ditemukan pada 21 isolat, sedangkan fermentasi laktosa dimiliki oleh 14 isolat. Variasi profil metabolik ini menggambarkan keragaman fisiologis bakteri simbiosis, yang berpotensi memengaruhi perannya dalam ekosistem inang, seperti mendukung metabolisme, menjaga keseimbangan mikrobiota, dan beradaptasi terhadap kondisi lingkungan laut (Kones *et al.*, 2020).

Uji potensi antibakteri terhadap isolat bakteri asosiasi bulu babi dilakukan dengan menggunakan empat bakteri uji, yaitu *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Bacillus subtilis* yang mewakili bakteri Gram positif dan negatif. Pemilihan bakteri ini didasarkan pada perbedaan lokasi infeksi yang dapat ditimbulkan pada tubuh manusia (Purnami *et al.*, 2022). Hasil uji potensi ditampilkan pada Gambar 4. Isolat bakteri yang mampu menghambat bakteri uji diukur diameter zona hambatnya menggunakan jangka sorong digital. Hasil pengukuran potensi aktivitas antibakteri tersebut disajikan pada Tabel 5.

Uji potensi antibakteri terhadap isolat bakteri menunjukkan bahwa beberapa isolat memiliki kemampuan menghasilkan zona hambat terhadap bakteri uji, seperti *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, dan *Escherichia coli*. Berdasarkan uji potensi terhadap bakteri asosiasi *S. variolaris* dan *T. ventricosus*, isolat dengan kode SVP 14 dan TVL 1, 6, 8, 11 menunjukkan kemampuan menghambat *Bacillus subtilis*. Pada *Staphylococcus aureus*, isolat SVP 1, 4, 5, 6, 15, dan TVL 6, 7, 11 menunjukkan kemampuan penghambatan. Pada *Escherichia coli*, terdapat 2 isolat, yaitu TVL 6 dan TVL 11 yang menunjukkan adanya zona hambat. Diameter zona hambat yang lebih besar mencerminkan produksi senyawa metabolit sekunder yang lebih optimal, yang berfungsi sebagai mekanisme pertahanan bakteri di lingkungan yang tidak menguntungkan (Abbas *et al.*, 2025).

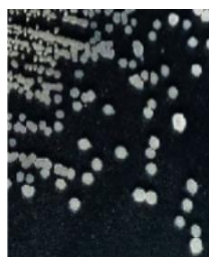
Uji aktivitas antibakteri menggunakan pelet isolat bakteri asosiasi bulu babi dilakukan pada isolat yang telah menunjukkan kemampuan penghambatan dalam uji potensi awal. Sebanyak 12 isolat berhasil menghambat bakteri uji menggunakan pelet, seperti yang terlihat pada Gambar 5. Zona hambat yang terbentuk dari uji aktivitas antibakteri menggunakan pelet terhadap bakteri uji setelah inkubasi selama 24 jam diukur menggunakan jangka sorong digital. Hasil pengukuran tersebut disajikan pada Tabel 6.

Uji aktivitas antibakteri dengan pelet menunjukkan hasil bervariasi. Isolat TVL 6 menghasilkan zona hambat sebesar 11,35 mm dengan kategori kuat terhadap *S. aureus*. Uji aktivitas antibakteri menggunakan supernatan isolat bakteri asosiasi bulu babi dilakukan pada isolat yang telah menunjukkan kemampuan penghambatan dalam uji potensi awal. Sebanyak 5 isolat berhasil menunjukkan aktivitas penghambatan menggunakan supernatan, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 6. Zona hambat yang terbentuk dari uji aktivitas antibakteri menggunakan supernatan

terhadap bakteri uji setelah inkubasi selama 24 jam diukur menggunakan jangka sorong digital. Hasil pengukuran tersebut disajikan pada Tabel 7.

Tabel 5. Hasil pengukuran uji potensi antibakteri menggunakan kultur bakteri uji

No.	Kode Isolat	Zona Hambat terhadap Bakteri Uji		
		<i>B.subtilis</i> ATCC 6633	<i>S.aureus</i> ATCC 25923	<i>E.coli</i> ATCC 8739
1.	SVP 1	0,00 ± 0,00	9,85±0,08	0,00 ± 0,00
2.	SVP 4	0,00 ± 0,00	1,60±0,00	0,00 ± 0,00
3.	SVP 5	0,00 ± 0,00	0,15 ± 0,06	0,00 ± 0,00
4.	SVP 6	0,00 ± 0,00	3,25±0,30	0,00 ± 0,00
5.	SVP 14	2,58±0,10	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
6.	SVP 15	0,00 ± 0,00	3,48±0,20	0,00 ± 0,00
7.	TVL 1	1,40±0,02	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
8.	TVL 6	7,63 ± 0,05	2,35±0,58	9,78±0,28
9.	TVL 7	0,00 ± 0,00	3,50±0,08	0,00 ± 0,00
10.	TVL 8	2,28±0,07	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
11.	TVL 11	4,00±0,33	2,73±0,05	3,25±0,33
12.	TVL 13	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00

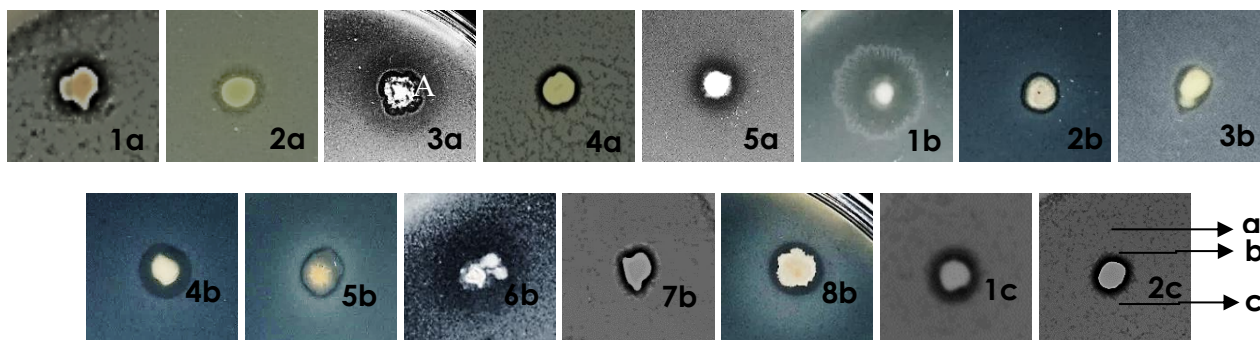


a



b

Gambar 3. Morfologi isolat TVL 11 dari bakteri yang berasosiasi dengan bulu babi a. media *Zobell Marine Agar (ZMA)*; b. Pewarnaan Gram isolat bakteri TVL 11 yang berasosiasi dengan bulu babi



Gambar 4. Zona hambat pada media berisi bakteri uji yang terbentuk dari kultur isolat bakteri asosiasi bulu babi *S. variolaris* Pengubajaan dan *T. ventricosus* Laguna. 1a= SVP 14, 2a= TVL 1, 3a= TVL 6, 4a= TVL 8, 5a= TVL 11, menghambat bakteri uji *B. subtilis*. 1b= SVP 1, 2b= SVP 4, 3b= SVP 5, 4b= SVP 6, 5b= SVP 15, 6b= TVL 6, 7b= TVL 7, 8b= TVL 11, menghambat bakteri uji *S. aureus*. 1c= TVL 6, dan 2c= TVL 11, menghambat bakteri uji *E. coli*. A= zona hambat, B= Isolat, C= media TSA

Tabel 6. Hasil pengukuran aktivitas zona hambat isolat bakteri asosiasi menggunakan pelet

Kode Isolat	Bakteri Uji	Diameter Kertas Cakram (mm)	Diameter Kertas cakram + Zona Hambat (mm) ± SD	Diameter Aktifitas Zona Hambat (mm) ± SD	Kategori Zona Hambat
SVP 1	<i>B. subtilis</i>	6,00	6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>S. aureus</i>		6,28 ± 2,98	0,28 ± 0,07	Lemah
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
SVP 4	<i>B. subtilis</i>	6,00	6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>S. aureus</i>		6,60 ± 2,97	0,6 ± 0,15	Lemah
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
SVP 5	<i>B. subtilis</i>	6,00	6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>S. aureus</i>		6,28 ± 3,02	0,85 ± 0,05	Lemah
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
SVP 6	<i>B. subtilis</i>	6,00	6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>S. aureus</i>		6,88 ± 3,02	0,88 ± 0,03	Lemah
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
SVP 14	<i>B. subtilis</i>	6,00	13,4 ± 4,76	7,4 ± 0,00	Sedang
	<i>S. aureus</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
SVP 15	<i>B. subtilis</i>	6,00	6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak Berpotensi
	<i>S. aureus</i>		6,33 ± 2,98	0,33 ± 0,08	Lemah
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
TVL 1	<i>B. subtilis</i>	6,00	9,23 ± 3,21	3,23 ± 0,58	Lemah
	<i>S. aureus</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
TVL 6	<i>B. subtilis</i>	6,00	7,58 ± 3,08	1,58 ± 0,08	Lemah
	<i>S. aureus</i>		17,35 ± 6,34	11,35 ± 0,25	Kuat
	<i>E. coli</i>		16,40 ± 5,97	10,40 ± 0,10	Kuat
TVL 7	<i>B. subtilis</i>	6,00	6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>S. aureus</i>		15,13 ± 5,42	9,13 ± 0,13	Sedang
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
TVL 8	<i>B. subtilis</i>	6,00	9,60 ± 3,26	3,60 ± 0,70	Lemah
	<i>S. aureus</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
TVL 11	<i>B. subtilis</i>	6,00	10,73 ± 3,62	4,73 ± 0,58	Lemah
	<i>S. aureus</i>		15,25 ± 5,32	9,25 ± 0,55	Sedang
	<i>E. coli</i>		14,18 ± 5,04	8,18 ± 0,08	Sedang
TVL 13	<i>B. subtilis</i>	6,00	6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>S. aureus</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi

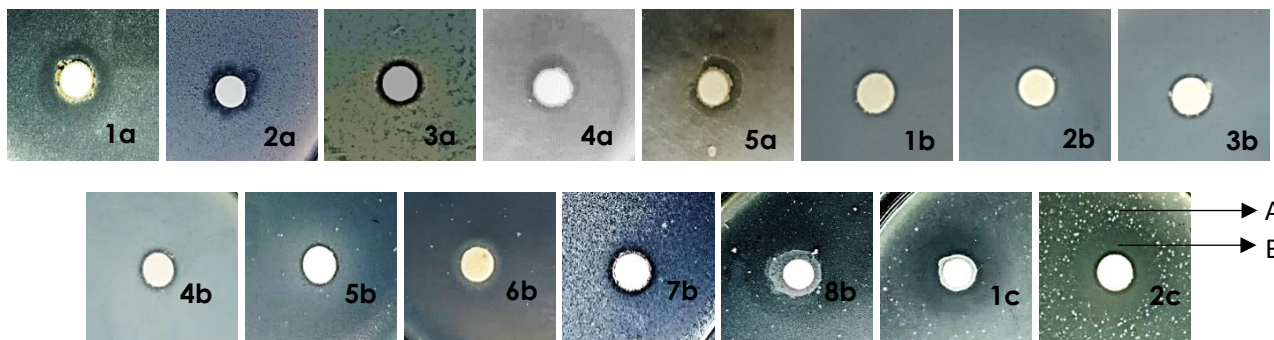
Uji aktivitas antibakteri dengan supernatan juga menunjukkan hasil yang bervariasi. Isolat SVP 15 menghasilkan zona hambat terbesar terhadap *B. subtilis* (13,48 mm, kategori kuat. Pada *S. aureus*, TVL 6 menghasilkan zona hambat terbesar (7,65 mm, kategori sedang. Untuk *E. coli*, isolat TVL 6 menunjukkan zona hambat tertinggi (16,43 mm, kategori kuat.

Menurut Rakhmawatie *et al.* (2024), senyawa antimikrob dapat diekspresikan oleh sel bakteri ke media secara ekstraseluler baik keseluruhan atau sebagian dan dapat pula terdapat dalam sel bakteri secara intraseluler. Hal inilah yang menyebabkan dilakukannya pemisahan sel bakteri dari kultur cair dengan sentrifugasi yang akan menghasilkan pelet dan supernatan. Senyawa antimikrob yang diperoleh dari pelet merupakan senyawa yang terikat pada sisa sel. Sedangkan supernatan merupakan senyawa yang bersifat polar dan menyebabkan media pada saat kultur cair diekstraksikan keluar dari sel bakteri, sehingga senyawa antimikrob yang diperoleh dari supernatan

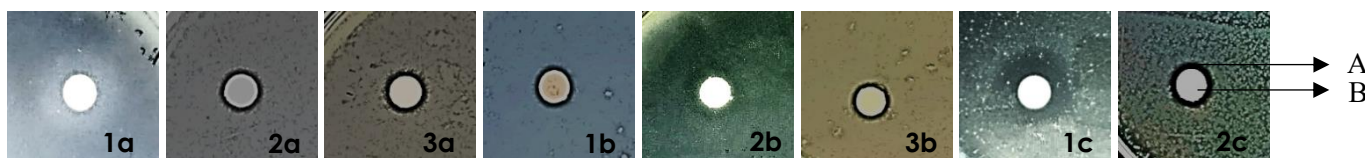
tidak terikat dengan sel bakteri. Perbedaan aktivitas penghambatan supernatan isolat bakteri simbiosis saluran cerna terjadi dikarenakan adanya mekanisme penghambatan (inhibitor) yang dilakukan bakteri terhadap sel mikroba uji. Menurut Wibowo *et al* (2021), mekanisme penghambatan oleh bakteri adalah dengan menargetkan DNA bakteri, menyerang proses metabolisme bakteri termasuk sintesis protein atau mengganggu sintesis, dan fungsi dinding sel bakteri.

Tabel 7. Hasil pengukuran aktivitas zona hambat isolat bakteri asosiasi menggunakan supernatant

Kode Isolat	Bakteri Uji	Diameter Kertas Cakram (mm)	Diameter Kertas cakram + Zona Hambat (mm) ± SD	Diameter Aktifitas Zona Hambat (mm) ± SD	Kategori Zona Hambat
SVP 15	<i>B. subtilis</i>		19,48 ± 7,37	13,48 ± 0,03	Kuat
	<i>S. aureus</i>	6,00	6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
TVL 1	<i>B. subtilis</i>		13,40 ± 4,73	7,40 ± 0,05	Sedang
	<i>S. aureus</i>	6,00	6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
TVL 6	<i>B. subtilis</i>		13,15 ± 4,56	7,15 ± 0,30	Sedang
	<i>S. aureus</i>	6,00	7,15 ± 2,71	6,30 ± 0,30	Sedang
	<i>E. coli</i>		22,43 ± 8,69	16,43 ± 0,18	Kuat
TVL 7	<i>B. subtilis</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>S. aureus</i>	6,00	13,65 ± 4,72	7,65 ± 0,40	Sedang
	<i>E. coli</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
TVL 11	<i>B. subtilis</i>		6,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	Tidak berpotensi
	<i>S. aureus</i>	6,00	10,23 ± 3,64	4,23 ± 0,08	Lemah
	<i>E. coli</i>		14,18 ± 5,04	8,18 ± 0,08	Sedang



Gambar 5. Zona hambat yang terbentuk dari pengujian pelet. 1a= SVP 14, 2a= TVL 1, 3a= TVL 6, 4a= TVL 8, 5a= TVL 11 menghambat bakteri *B. subtilis*. 1b= SVP 1, 2b= SVP 4, 3b= SVP 5, 4b= SVP 6, 5b= SVP 15, 6a= TVL 6, 7b= TVL 7, 8b= TVL 11 menghambat bakteri *S. aureus*. 1c= TVL 6, 2c= TVL 11 menghambat bakteri *E. coli*. A= Zona hambat, B= Cakram



Gambar 6. Zona Hambat yang terbentuk dari hasil uji bakteri asosiasi bulu babi *S. variolaris* dan *T. ventricosus*. 1a= SVP 15, 2a= TVL 1 3a= TVL 6, mampu menghambat bakteri uji *B. subtilis*. 1b= TVL 6, 2b= TVL 7, 3b= TVL 11, mampu menghambat bakteri uji *S. aureus*. 1c= TVL 6, 2c= TVL 11, mampu menghambat bakteri uji *E. coli*. A= Zona hambat, B= Kertas cakram

KESIMPULAN

Sebanyak 30 isolat bakteri berhasil diisolasi dari sistem pencernaan bulu babi *S. variolaris* dan *T. ventricosus* yang berasal dari Kabupaten Kaur, Bengkulu. 12 isolat menunjukkan kemampuan menghasilkan aktivitas antibakteri melalui pelet, sementara 5 isolat menunjukkan kemampuan yang sama melalui supernatan. Berdasarkan uji aktivitas antibakteri, isolat TVL 6 dan TVL 11 mampu menghambat pertumbuhan ketiga bakteri uji, yaitu *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus*. Pada bakteri yang berasosiasi dengan bulu babi *S. variolaris*, dari 16 isolat yang diperoleh, 6 isolat menunjukkan potensi menghasilkan senyawa antibakteri melalui pelet, dan hanya 1 isolat yang memiliki potensi melalui supernatan. Sementara itu, pada bulu babi *T. ventricosus*, dari 14 isolat yang diisolasi, 6 isolat memiliki potensi menghasilkan senyawa antibakteri menggunakan pelet, dan 4 isolat menunjukkan potensi antibakteri melalui supernatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Penelitian PNBP FMIPA, Universitas Bengkulu melalui Hibah Penelitian Kerjasama dengan Dunia Usaha, Industri, Lembaga Riset, dan Pemerintah Daerah Tahun 2024 nomor 2873/UN30.15/PT/2024

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S., Yuliastri, W. O., & Rahul, R. (2025). The inhibition test of secondary metabolites compounds from endophyte bacteria in banana peel against pathogenic bacteria and fungi: Endophyte bacteria in banana peel. *Indonesian Journal of Health Sciences Research and Development (Ijhsrd)*, 7(1), 55–61. doi: 10.36566/ijhsrd/Vol7.Iss1/296
- AbouElmaaty, E. E., Ghobashy, A. A., Hanafy, M. H., Yassien, M. H., Ahmed, M. I., & Hamed, M. M. (2020). Preliminary bioassay on antibacterial effects of *Tripneustes gratilla* extracts from the Red Sea. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*, 24(4), 77–88. doi:10.21608/ejabf.2020.95566
- Guan, L., Wang, H., Chen, J., Yang, F., Yang, J., Li, J., & Jin, L. (2023). Isolation and identification of culturable bacteria from South China seawater and preliminary screening of marine biocontrol bacteria. *Microorganisms*, 11(2), 2933. doi: 10.3390/microorganisms11122933
- Boone, D. R., Garrity, G. M., & Castenholz, R. W. (2012). *Bergey's manual of systematic bacteriology* (2nd ed., Vol. 1). Springer.
- Kones, C., Mwajita, M., Kariuki, L., Kiirika, L., & Kavoo, A. (2020). Isolation and characterization of rhizospheric microorganisms from bacterial wilt endemic areas in Kenya. *African Journal of Microbiology Research*, 14(7), 349–360. doi: 10.5897/AJMR2020.9292
- Masasa, M., Kushmaro, A., Nguyen, D., Chernova, H., Shashar, N., & Guttman, L. (2023). Spatial succession underlies microbial contribution to food digestion in the gut of an algivorous sea urchin. *Microbiology Spectrum*, 11(3), e00514-23. doi: 10.1128/spectrum.00514-23
- Nakanishi, K., Doi, M., Usami, Y., Amagata, T., Minoura, K., Tanaka, R., Numata, A., & Yamada, T. (2013). Anthcolorins A–F, novel cytotoxic metabolites from a sea urchin-derived *Aspergillus versicolor*. *Tetrahedron*. doi: 10.1016/j.tet.2013.04.011
- Ouchari, L., Amal, B., Brahim, B., & Yedir, O. (2019). Antimicrobial potential of *Actinomyces* isolated from the unexplored hot Merzouga Desert and their taxonomic diversity. *Biology Open*, 8(3), bio035410. doi: 10.1242/bio.035410
- Purnami, P. P. C. P., Indraningrat, A. A. G., & Darmayasa, I. B. G. (2022). Antibacterial activity screening of bacterial isolates associated with seaweed *Euclima cottonii* from coastal area in Buleleng, Bali. *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 10(2), 132–140. doi: 10.21776/ub.biotropika.2022.010.02.07
- Putri, C. I., Wardhana, M. F., Andrifanie, F., & Iqbal, M. (2023). Literature review: Kejadian resistensi pada penggunaan antibiotik. *Medula*, 13(3), 219–225.
- Rakhmawatie, M. D., Mustofa, M., Lisdiyanti, P., & Wibawa, T. (2024). Antimicrobial compounds from intracellular and extracellular secondary metabolites of *Actinobacteria* InaCC A759. *Indonesian Journal of Biotechnology*, 29(4), 221. doi: 10.3390/cells10061499

- Rini, C. S., & Rochmah, J. (2020). *Bakteriologi dasar*. Umsida Press.
- Rodriguez-Barrera, R., Rivas-Gonzalez, M., Garcia-Gonzalez, J., Mojica-Torres, D., & Ibarra, A. (2021). Neurogenesis after spinal cord injury: State of art. *Cells*, 10(6), 1499. doi:10.3390/cells10061499
- Rompas, G., Lintang, R. A. J., Sumilat, D. A., Rumengan, I. F. M., Ginting, E. L., & Pangkey, H. (2022). Aktivitas antibakteri dan analisis zookimia ekstrak bulu babi *Diadema setosum* (Leske, 1778) asal perairan Aertembaga, Kota Bitung. *Jurnal Ilmiah Platax*, 10(2), 372–379. doi: 10.35800/jip.v10i2.42322
- Ruangpan, L., & Tendencia, E. A. (2004). Disk diffusion method. In L. Ruangpan & E. A. Tendencia (Eds.), *Laboratory manual of standardized methods for antimicrobial sensitivity tests for bacteria isolated from aquatic animals and environment*. Aquaculture Department, Southeast Asian Fisheries Development Center.
- Suryanti, S., Ain, C., Latifah, N., & Febrianto, S. (2017). Mapping of sea urchin abundance as control of algae expansion for the balance of coral reef ecosystem in Karimunjawa Islands. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 7(12), 120–127.
- Whitman, W. B., Kamper, P., Busse, H. J., Trujillo, M. E., Suzuki, K., Ludwig, W., & Goodfellow, M. (2009). *Bergey's manual of systematic bacteriology* (2nd ed., Vol. 3: The Firmicutes). Springer.
- Wibowo, R. H., Sipriyadi, Darwis, W., Putri, D. A., Yudha, S. P., Mashudi, Ihsan, N. A., Renta, P. P., & Masrukhin. (2023). Isolation, characterization and identification of sponge-associated bacteria producing antimicrobial compounds. *Biodiversitas*, 24(6), 3616–3623. doi: 10.13057/biodiv/d240662
- Wibowo, R. H., Sipriyadi, Darwis, W., Putri, D. A., Yudha, S. P., Pertiwi, H. P., & Pertiwi, R. (2021). Antifungal activity of bacteria associated *Aplysina* sp. sponge collected from Enggano Island, North Bengkulu, Indonesia against *Candida albicans*. In *Proceedings of the International Seminar on Promoting Local Resources for Sustainable Agriculture and Development (ISPLRSAD 2020)* (pp. 326–331). Atlantis Press. doi: 10.2991/absr.k.210609.051
- Wibowo, R. H., Sipriyadi, Kamilah, S. N., & Pertiwi, R. (2020). Potensi isolat *Bacillus* sp. Eng-4 yang berasosiasi dengan spons *Aplysina* sp. penghasil senyawa antimikrob asal Pulau Enggano. *Jurnal Enggano*, 5(1), 1–10. doi: 10.31186/jenggano.5.1.1-10
- Yunita, S. L., Atmadani, R. N., & Titani, M. (2021). Faktor-faktor yang mempengaruhi pengetahuan dan perilaku penggunaan antibiotika pada mahasiswa farmasi Universitas Muhammadiyah Malang. *Pharmaceutical Journal of Indonesia*, 63(2), 119–123. doi: 10.21776/ub.pji.2021.006.02.7
- Zheng, Y., Wang, F., Jiang, Y., Zhang, Y., Wang, X., Wang, L., Wang, L., Wang, Y., Lu, Y., Cong, Y., & Yang, G. (2024). The multifaceted role of gut microbiota in sea urchin digestion: Diversity, function, symbiosis, and carbohydrate degradation. *Aquaculture Research*, 2024, 7363987. doi: 10.1155/2024/7363987