



POTENSI MIKROBA EKOSISTEM KARST MAROS SEBAGAI AGEN ANTIMIKROBA DALAM BIDANG KESEHATAN : *SYSTEMATIC REVIEW*


Akmal Saputra Ardiono^{1*}, Diah Dwi Darma², Cikal Fiarsi Nahir³

¹Program Studi D3 Farmasi, STIKes Widya Dharma Husada Tangerang, Tangerang, 15417, Indonesia

²Program Studi D3 Farmasi, STIKes Widya Dharma Husada Tangerang, Tangerang, 15417, Indonesia

³Program Studi S1 Farmasi Klinik dan Komunitas, STIKes Widya Dharma Husada Tangerang, Tangerang, 15417, Indonesia

ARTICLE INFORMATION	A B S T R A C T
<p>*Corresponding Author Akmal Saputra Ardiono E-mail: akmalardiono@wdh.ac.id</p>	<p><i>The Maros karst ecosystem is recognized as a unique environment with distinctive geological and biological characteristics, making it a potential habitat for microorganisms capable of producing antimicrobial compounds. This study is a systematic review aimed at comprehensively analyzing previous research on microbial isolation from the Maros karst ecosystem and evaluating their antimicrobial potential in the health sector. Literature screening was conducted using nationally published scientific journals and undergraduate theses, with inclusion criteria limited to experimental studies reporting the isolation of microorganisms from soil and plant rhizosphere within the Maros karst area. The selected studies were analyzed based on their experimental stages, including microbial isolation and characterization, antagonistic assays, fermentation processes, and antimicrobial activity testing against pathogenic bacteria and fungi. The review results indicate that the most frequently reported microorganisms belong to the Actinomycetes group, particularly the genus Streptomyces, which demonstrated inhibitory activity against pathogenic microorganisms such as Staphylococcus aureus, Escherichia coli, and Candida albicans. Based on these findings, it can be concluded that the Maros karst ecosystem has significant potential as a source of antimicrobial-producing microorganisms and warrants further development for research and applications in the health field.</i></p>
<p>Keywords: Maros karst Antimicrobial Actinomycetes Systematic review</p>	<p>A B S T R A K Ekosistem karst Maros dikenal sebagai lingkungan unik dengan karakteristik geologi dan biologis yang khas, sehingga berpotensi menjadi habitat mikroba penghasil senyawa antimikroba. Penelitian ini merupakan <i>systematic review</i> yang bertujuan untuk menganalisis secara komprehensif penelitian-penelitian terkait isolasi mikroba dari ekosistem karst Maros serta potensi aktivitas antimikrobanya dalam bidang kesehatan. Penelusuran literatur dilakukan melalui jurnal ilmiah dan skripsi yang dipublikasikan secara nasional, dengan kriteria inklusi berupa penelitian eksperimental yang melaporkan isolasi mikroba dari tanah dan rizosfer tanaman di kawasan karst Maros. Artikel yang terpilih dianalisis berdasarkan tahapan penelitian yang dilakukan, meliputi proses isolasi, karakterisasi mikroba, uji antagonis, fermentasi, serta pengujian aktivitas antimikroba terhadap bakteri dan jamur patogen. Hasil telaah menunjukkan bahwa kelompok mikroba yang paling banyak dilaporkan berasal dari</p>
<p>Kata Kunci: Karst Maros Antimikroba Actinomycetes Systematic Review</p>	

	<p>Actinomycetes, terutama genus <i>Streptomyces</i>, yang memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen seperti <i>Staphylococcus aureus</i>, <i>Escherichia coli</i>, dan <i>Candida albicans</i>. Berdasarkan hasil analisis tersebut, dapat disimpulkan bahwa ekosistem karst Maros memiliki potensi yang signifikan sebagai sumber mikroba penghasil senyawa antimikroba dan layak untuk dikembangkan lebih lanjut dalam penelitian dan aplikasi di bidang kesehatan.</p>
<p>Manuskrip diterima: 05 02 2026 Manuskrip direvisi: 13 04 2026 Manuskrip dipublikasi: 30 04 2026</p>	<p>http://openjournal.wdh.ac.id/index.php/Phrase/index This is an open access article under the CC-BY-NC-SA license.</p> 
	<p>Copyright © 2026 Akmal Saputra Ardiono, Diah Dwi Darma, Cikal Fiarsi Nahir</p>

PENDAHULUAN

Penyakit infeksi masih menjadi salah satu permasalahan utama dalam bidang kesehatan, terutama dengan meningkatnya kasus resistensi mikroba terhadap antibiotik yang digunakan secara luas. Kondisi ini berdampak pada menurunnya efektivitas terapi serta meningkatnya risiko kegagalan pengobatan, sehingga mendorong perlunya pencarian sumber baru senyawa antimikroba yang lebih efektif, aman, dan berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang terus dikembangkan adalah eksplorasi mikroorganisme sebagai penghasil metabolit sekunder bioaktif, termasuk antibiotik, antifungi, dan agen antimikroba lainnya (Sapkota et al., 2020).

Mikroorganisme tanah merupakan sumber utama berbagai senyawa antimikroba yang telah dimanfaatkan secara klinis. Kelompok Actinomycetes, khususnya genus *Streptomyces*, diketahui memiliki kemampuan biosintesis metabolit sekunder yang tinggi dan berkontribusi besar terhadap penemuan antibiotik modern. Kemampuan ini berkaitan dengan kompleksitas metabolisme dan adaptasi ekologis Actinomycetes terhadap lingkungan tempat hidupnya (Barka et al., 2016; Genilloud, 2017). Oleh karena itu, eksplorasi Actinomycetes dari habitat yang unik dan relatif belum banyak diteliti

menjadi strategi penting dalam pencarian kandidat antimikroba baru.

Ekosistem karst merupakan lingkungan dengan karakteristik fisik dan kimia yang khas, seperti kandungan mineral tinggi, ketersediaan nutrisi yang terbatas, serta kondisi lingkungan yang relatif ekstrem. Kondisi tersebut mendorong mikroorganisme yang hidup di dalamnya untuk mengembangkan mekanisme adaptasi khusus, termasuk produksi metabolit sekunder sebagai bentuk pertahanan dan kompetisi ekologis. Penelitian mengenai komunitas mikroba tanah menunjukkan bahwa faktor geologi dan vegetasi berperan penting dalam membentuk struktur komunitas mikroba, dengan dominasi kelompok Actinobacteria pada ekosistem karst (Fan et al., 2019).

Kawasan karst Maros-Pangkep di Sulawesi Selatan dikenal sebagai salah satu kawasan karst terbesar dan paling unik di Indonesia, dengan potensi biodiversitas yang tinggi namun masih relatif terbatas eksplorasinya dalam bidang mikrobiologi. Sejumlah penelitian telah melaporkan keberhasilan isolasi mikroba dari kawasan ini, terutama Actinomycetes yang berasal dari tanah dan rizosfer tanaman. Beberapa isolat Actinomycetes dari karst Maros dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur patogen, seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia*

coli, dan *Candida albicans*, melalui uji antagonis maupun pengujian aktivitas antimikroba setelah proses fermentasi dan ekstraksi metabolit sekunder (A.M Kumalasari et al., 2012; Ardiono et al., 2025; Ningrum, 2022; Rante et al., 2024).

Temuan tersebut sejalan dengan penelitian di ekosistem ekstrem lainnya, seperti mangrove, yang menunjukkan bahwa Actinomycetes dari lingkungan unik memiliki potensi tinggi dalam menghasilkan senyawa bioaktif dengan aktivitas antibakteri yang signifikan (Alfany et al., 2024). Selain itu, beberapa penelitian perbandingan juga menunjukkan bahwa Actinomycetes mampu menghambat bakteri patogen yang telah mengalami resistensi antibiotik, seperti *Pseudomonas aeruginosa*, sehingga memperkuat relevansi kelompok mikroba ini dalam pengembangan agen antimikroba di bidang Kesehatan (Wahyuningrum et al., 2025).

Meskipun berbagai penelitian telah melaporkan potensi mikroba dari ekosistem karst Maros sebagai penghasil senyawa antimikroba, hasil-hasil tersebut masih tersebar dalam berbagai publikasi ilmiah dengan pendekatan dan metode yang beragam. Sebagian besar penelitian dilakukan secara individual, sehingga belum memberikan gambaran menyeluruh mengenai pola temuan, jenis mikroba

dominan, serta konsistensi aktivitas antimikroba yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan suatu *systematic review* yang mampu merangkum dan mengevaluasi secara komprehensif hasil penelitian terkait mikroba dari ekosistem karst Maros. Kajian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah yang kuat bagi pengembangan penelitian lanjutan dan pemanfaatan mikroba karst sebagai sumber agen antimikroba dalam bidang kesehatan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif dengan pendekatan *Systematic Review* yang disusun berdasarkan pedoman PRISMA. Pendekatan ini digunakan untuk mengkaji secara komprehensif potensi mikroba yang diisolasi dari ekosistem karst Maros sebagai agen antimikroba dalam bidang kesehatan melalui telaah sistematis terhadap publikasi ilmiah yang relevan. Penelitian ini tidak melibatkan pengambilan data primer di lapangan, melainkan sepenuhnya mengandalkan data sekunder yang diperoleh dari literatur ilmiah.

Proses pengumpulan data dilakukan pada periode November 2025 hingga Januari 2026 melalui penelusuran berbagai sumber publikasi ilmiah, meliputi jurnal internasional terindeks Scopus, jurnal nasional terakreditasi SINTA, jurnal

nasional non-terakreditasi, serta karya ilmiah berupa skripsi dan tesis yang memiliki relevansi dengan topik kajian. Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh publikasi ilmiah yang membahas isolasi mikroba dari ekosistem karst Maros. Sampel penelitian berupa artikel ilmiah dan karya akademik yang dipilih secara *purposive sampling* berdasarkan kesesuaian dengan tujuan penelitian.

Penelusuran literatur dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci “isolasi mikroba”, “Actinomycetes”, “karst Maros”, dan “aktivitas antimikroba”, baik dalam Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris, pada berbagai basis data jurnal nasional dan internasional. Rentang tahun publikasi dibatasi antara 2012 hingga 2026 untuk menjamin keterbaruan serta relevansi data yang dianalisis. Dari proses pencarian awal, diperoleh sebanyak 86 publikasi ilmiah yang kemudian dikompilasi dan diperiksa untuk menghindari duplikasi.

Seleksi artikel dilakukan secara bertahap sesuai dengan alur PRISMA yang meliputi tahap *identification*, *screening*, *eligibility*, dan *included*. Pada tahap *screening*, artikel diseleksi berdasarkan kesesuaian judul, abstrak, dan kata kunci dengan fokus penelitian. Artikel yang lolos tahap ini kemudian ditelaah secara menyeluruh melalui pembacaan teks lengkap pada tahap *eligibility* untuk menilai

kesesuaiannya dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Hasil proses seleksi menunjukkan bahwa dari 86 publikasi awal, sebanyak 11 artikel memenuhi seluruh kriteria dan dinyatakan layak untuk dianalisis lebih lanjut.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi publikasi yang memuat penelitian eksperimental mengenai isolasi mikroba dari tanah atau rizosfer tanaman di kawasan karst Maros, melaporkan metode isolasi dan karakterisasi mikroba, serta menyajikan data uji aktivitas antimikroba terhadap bakteri atau jamur patogen. Sementara itu, kriteria eksklusi mencakup publikasi yang tidak relevan dengan lokasi karst Maros, tidak melaporkan data aktivitas antimikroba, serta sumber yang tidak tervalidasi atau tidak memiliki informasi metodologi yang jelas.

Artikel yang memenuhi kriteria inklusi selanjutnya dianalisis secara deskriptif-kualitatif dengan pendekatan analisis konten. Analisis dilakukan dengan menelaah tahapan penelitian yang dilaporkan, meliputi metode isolasi mikroba, karakterisasi isolat, uji antagonis, proses fermentasi, teknik ekstraksi metabolit sekunder, serta hasil pengujian aktivitas antimikroba. Sintesis data difokuskan pada identifikasi kelompok mikroba dominan, khususnya Actinomycetes, jenis mikroorganisme

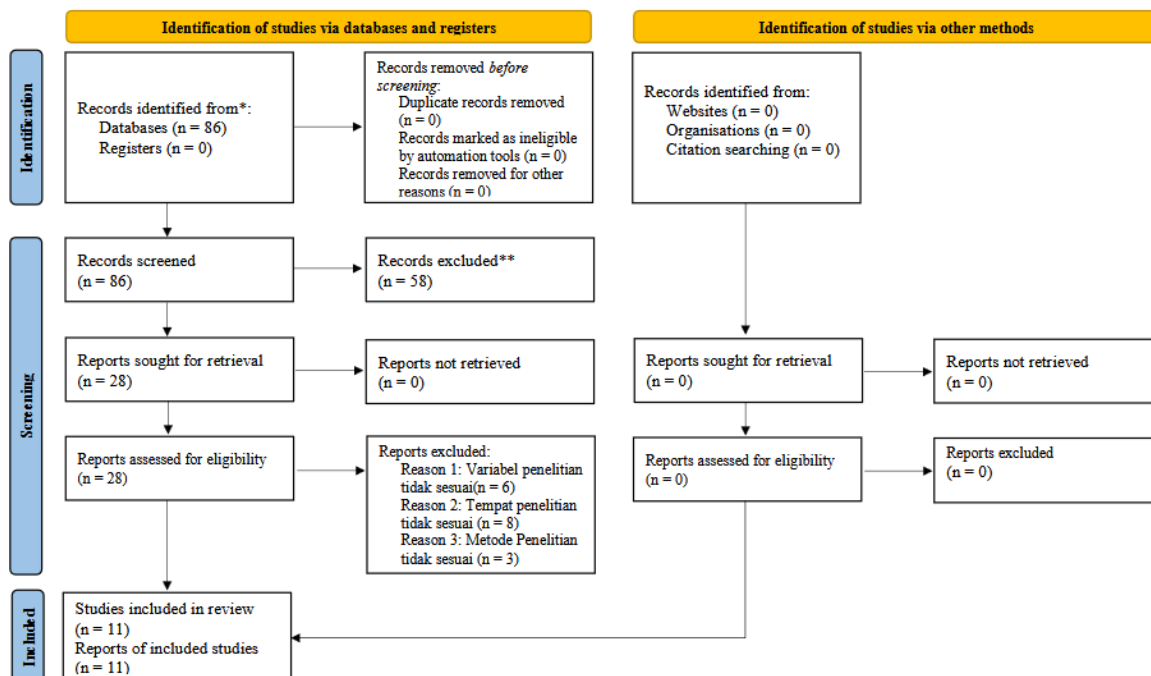
patogen yang dihambat, serta konsistensi potensi aktivitas antimikroba yang dilaporkan dalam berbagai penelitian. Keabsahan hasil kajian dijaga melalui penggunaan sumber publikasi ilmiah yang kredibel serta proses penelusuran dan

HASIL

Berdasarkan hasil penelusuran literatur dan proses seleksi artikel yang dilakukan secara sistematis sesuai pedoman PRISMA, diperoleh sebanyak 11 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dari total 86 publikasi awal yang teridentifikasi. Artikel-artikel yang dianalisis terdiri atas jurnal nasional, jurnal internasional, serta karya

seleksi literatur yang dilakukan secara sistematis dan transparan. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk uraian naratif dan tabel sintesis, serta dilengkapi dengan diagram alur PRISMA untuk memperjelas proses seleksi artikel.

ilmiah akademik berupa skripsi dan tesis yang melaporkan penelitian eksperimental mengenai isolasi mikroba dari ekosistem karst Maros. Seluruh artikel terpilih dianalisis lebih lanjut untuk menggambarkan karakteristik mikroba, metode penelitian, serta potensi aktivitas antimikroba yang dilaporkan.



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA 2020 Proses Identifikasi dan Seleksi Artikel Penelitian

Sumber mikroba yang dikaji dalam penelitian-penelitian tersebut meliputi

tanah karst, tanah gua, serta rizosfer tanaman yang tumbuh di kawasan karst

Maros. Variasi sumber sampel ini menunjukkan bahwa ekosistem karst Maros menyediakan beragam lingkungan mikro yang memungkinkan keberadaan berbagai kelompok mikroorganisme. Meskipun demikian, jumlah isolat yang diperoleh bervariasi antar penelitian, yang dipengaruhi oleh perbedaan lokasi pengambilan sampel, jenis substrat, serta metode isolasi yang digunakan.

Hasil analisis univariat terhadap karakteristik mikroba yang diisolasi menunjukkan bahwa kelompok mikroba yang paling dominan berasal dari Actinomycetes, dengan genus *Streptomyces* sebagai kelompok yang paling sering dilaporkan. Dominasi Actinomycetes ditemukan baik pada sampel tanah maupun rizosfer tanaman. Selain Actinomycetes, beberapa penelitian juga melaporkan keberadaan kelompok mikroba lain dari ekosistem karst Maros,

namun jumlah isolat serta aktivitas antimikroba yang dihasilkan relatif lebih rendah dibandingkan Actinomycetes.

Analisis univariat terhadap metode penelitian menunjukkan bahwa seluruh studi menggunakan media selektif untuk mendukung pertumbuhan Actinomycetes, yang kemudian diikuti dengan tahapan pemurnian isolat. Pengujian aktivitas antimikroba dilakukan melalui uji antagonis atau metode difusi, baik menggunakan isolat secara langsung maupun ekstrak hasil fermentasi. Mikroorganisme uji yang paling sering digunakan meliputi bakteri Gram positif, bakteri Gram negatif, serta jamur patogen. Di antara mikroorganisme uji tersebut, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Candida albicans* merupakan patogen yang paling banyak digunakan sebagai indikator aktivitas antimikroba.

Tabel 1. Karakteristik Penelitian Isolasi Mikroba dari Ekosistem Karst

Penulis	Tahun	Sumber Sampel	Jenis Mikroba	Mikroba Uji	Hasil
Sami et al.	2025	Rhizosfer tumbuhan karts <i>Neprolepis Cordifolia</i>	Actinomycetes (<i>Streptomyces</i>)	<i>Candida albicans</i> dan <i>Aspergillus niger</i>	Aktivitas antijamur
Ardiono et al.	2025	Rhizosfer tumbuhan karst <i>Peperomia pellucida</i>	Actinomycetes (<i>Streptomyces</i>)	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> dan <i>Candida albicans</i>	Aktivitas antimikroba
Mubarak et al.	2017	Tanah karts	Actinomycetes	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus</i>	Aktivitas antimikroba

Kumalasari et al.	2012	Tanah gua	Actinomycetes	<i>aureus</i> dan <i>Candida albicans</i> <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Candida utilis</i> dan <i>Candida albicans</i>	Aktivitas antimikroba
Rante et al.	2024	Tanah karst	Actinomycetes	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Candida albicans</i> dan <i>Streptomyces tuius</i>	Aktivitas antimikroba
Ningrum	2022	Tanah karst	Actinomycetes	<i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>	Aktivitas antibakteri
Guntur	2022	Tanah rizosfer karst	Actinomycetes	<i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>	Aktivitas antibakteri
Dianti	2019	Tanah rizosfer tumbuhan karst	Actinomycetes	<i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>	Aktivitas antibakteri
Hafidah	2023	Tanah karst	Actinomycetes	<i>Candida albicans</i> dan <i>Aspergillus niger</i>	Aktivitas antijamur
Rante et al.	2017	Tanah karst	Actinomycetes	<i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>	Aktivitas antibakteri
Salim	2024	Tanah gua karst	-	<i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>	Aktivitas antibakteri

Hasil analisis bivariat secara deskriptif menunjukkan adanya keterkaitan antara jenis mikroba yang diisolasi dengan spektrum aktivitas antimikroba yang dihasilkan. Isolat dari kelompok Actinomycetes, khususnya *Streptomyces*, secara konsisten dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif, bakteri Gram negatif, serta jamur patogen. Beberapa penelitian juga

melaporkan bahwa isolat yang berasal dari rizosfer tanaman menunjukkan spektrum aktivitas antimikroba yang lebih beragam dibandingkan isolat dari tanah.

Selain itu, hubungan antara metode pengujian dan tingkat aktivitas antimikroba terlihat dari hasil sintesis penelitian. Studi yang melibatkan proses fermentasi dan ekstraksi metabolit sekunder umumnya melaporkan zona hambat yang lebih jelas

dibandingkan pengujian menggunakan isolat tanpa ekstraksi. Variasi ukuran zona hambat antar isolat menunjukkan adanya perbedaan kemampuan produksi metabolit sekunder yang dipengaruhi oleh jenis mikroba, kondisi lingkungan asal isolat, serta tahapan perlakuan selama proses penelitian.

Analisis multivariat secara statistik tidak dilakukan dalam penelitian ini karena *systematic review* bersifat kualitatif dan deskriptif. Namun demikian, sintesis hasil dari berbagai penelitian menunjukkan pola temuan yang relatif konsisten, yaitu dominasi Actinomycetes sebagai mikroba potensial penghasil senyawa antimikroba, kesamaan jenis mikroorganisme patogen yang dihambat, serta kecenderungan aktivitas antimikroba yang stabil pada isolat tertentu.

Secara keseluruhan, hasil *systematic review* ini menunjukkan bahwa mikroba yang diisolasi dari ekosistem karst Maros memiliki potensi antimikroba yang signifikan. Meskipun terdapat perbedaan metode isolasi, jumlah isolat, dan teknik pengujian antar penelitian, seluruh studi yang dianalisis melaporkan adanya aktivitas penghambatan terhadap mikroorganisme patogen. Temuan ini menguatkan peran ekosistem karst Maros, khususnya melalui keberadaan Actinomycetes, sebagai sumber potensial

mikroba penghasil senyawa antimikroba yang relevan untuk dikembangkan lebih lanjut dalam bidang kesehatan.

PEMBAHASAN

Hasil *systematic review* ini menunjukkan bahwa kelompok mikroba yang paling dominan diisolasi dari ekosistem karst Maros adalah Actinomycetes, khususnya genus *Streptomyces*. Dominasi kelompok ini dapat dipahami dari sudut pandang ekologi mikroba, mengingat Actinomycetes dikenal memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan dengan ketersediaan nutrisi terbatas dan kondisi fisik-kimia yang relatif ekstrem. Ekosistem karst, yang umumnya dicirikan oleh kandungan mineral yang tinggi, struktur batuan berpori, serta rendahnya bahan organik, diduga memberikan tekanan selektif bagi mikroorganisme untuk mengembangkan strategi bertahan hidup, salah satunya melalui produksi metabolit sekunder yang bersifat bioaktif.

Konsistensi temuan mengenai keberadaan *Streptomyces* pada berbagai penelitian yang dianalisis menunjukkan bahwa kondisi lingkungan karst Maros mendukung keberlangsungan hidup dan aktivitas biosintesis kelompok mikroba tersebut. Faktor geologi, tipe tanah, serta vegetasi yang khas di kawasan karst

berperan dalam membentuk struktur komunitas mikroba yang berbeda dibandingkan ekosistem non-karst. Kondisi ini secara tidak langsung memengaruhi potensi mikroorganisme dalam menghasilkan senyawa metabolit sekunder, termasuk senyawa dengan aktivitas antimikroba.

Aktivitas antimikroba yang dilaporkan terhadap mikroorganisme patogen seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Candida albicans* menunjukkan relevansi temuan penelitian ini dalam konteks kesehatan. Patogen-patogen tersebut merupakan penyebab umum berbagai infeksi dan diketahui memiliki kecenderungan peningkatan resistensi terhadap antibiotik tertentu. Oleh karena itu, kemampuan isolat Actinomycetes dari ekosistem karst Maros dalam menghambat pertumbuhan patogen tersebut mengindikasikan potensi mikroba karst sebagai sumber kandidat agen antimikroba alternatif. Temuan ini sejalan dengan laporan dari berbagai habitat unik lainnya yang menunjukkan bahwa Actinomycetes sering menjadi produsen utama senyawa antibakteri dan antijamur alami.

Meskipun metode isolasi, jenis media pertumbuhan, dan teknik pengujian aktivitas antimikroba yang digunakan dalam penelitian-penelitian yang direview

bervariasi, pola hasil yang diperoleh relatif konsisten. Hal ini menunjukkan bahwa potensi antimikroba mikroba dari ekosistem karst Maros tidak bersifat kebetulan, melainkan berkaitan erat dengan karakteristik lingkungan tempat mikroorganisme tersebut berkembang. Variasi tingkat aktivitas antimikroba antar isolat yang dilaporkan kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan sumber sampel, kondisi mikrohabitat, serta kemampuan masing-masing mikroba dalam mensintesis metabolit sekunder. Selain itu, tahapan perlakuan seperti fermentasi dan proses ekstraksi metabolit sekunder juga berkontribusi terhadap perbedaan aktivitas antimikroba yang terdeteksi.

Di sisi lain, *systematic review* ini juga mengungkap adanya keterbatasan pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan. Sebagian besar studi masih berfokus pada tahap eksplorasi awal, yaitu isolasi mikroba dan pengujian aktivitas antimikroba secara *in vitro*. Kajian lanjutan seperti identifikasi senyawa aktif, penentuan struktur kimia, mekanisme kerja antimikroba, serta evaluasi keamanan dan toksisitas masih relatif terbatas. Kondisi ini menunjukkan bahwa pemanfaatan mikroba dari ekosistem karst Maros sebagai agen antimikroba masih berada pada tahap awal pengembangan.

Meskipun demikian, keseragaman pola temuan yang dilaporkan dalam berbagai penelitian memperkuat indikasi bahwa ekosistem karst Maros merupakan sumber mikroba yang menjanjikan untuk eksplorasi senyawa antimikroba baru. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan yang lebih mendalam dan terintegrasi, khususnya yang mengarah pada karakterisasi senyawa bioaktif, optimasi kondisi produksi metabolit sekunder, serta evaluasi potensi aplikasinya dalam bidang kesehatan. Pendekatan tersebut diharapkan dapat memperkuat dasar ilmiah pemanfaatan mikroba dari ekosistem karst Maros sebagai sumber agen antimikroba alternatif dalam menghadapi tantangan resistensi mikroba.

KESIMPULAN

Ekosistem karst Maros memiliki potensi yang besar sebagai sumber mikroba penghasil senyawa antimikroba, terutama dari kelompok Actinomycetes seperti genus *Streptomyces*, yang secara konsisten dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur patogen, termasuk *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Candida albicans*. Konsistensi aktivitas antimikroba yang ditemukan dalam berbagai penelitian menunjukkan peluang pengembangan mikroba karst Maros sebagai kandidat agen

antimikroba, meskipun penelitian yang ada masih didominasi oleh tahapan eksplorasi awal. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan yang berfokus pada karakterisasi senyawa bioaktif, pemahaman mekanisme kerja, serta evaluasi potensi aplikasinya agar pemanfaatan mikroba dari ekosistem karst Maros dapat dikembangkan secara berkelanjutan dalam bidang kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfany, C., Faturrahman and Suryadi, B.F. (2024) 'Uji aktivitas antibakteri *Actinomycetes* yang diisolasi dari sedimen mangrove Dusun Ketapang Sekotong Barat', *Sam J Bio Sc*, 3(2), pp. 23-32.
- Ardiono, A.S., Rahim, A. and Rante, H. (2025) 'Isolation of *Actinomycetes* from soil rhizosphere of *Peperomia pellucida* L. from karst Maros ecosystem as antimicrobial compound producer', *Journal of Research in Pharmacy*, 29(3), pp. 1227-1238.
<https://doi.org/10.12991/jrespharm.1694403>
- Barka, E.A., Vatsa, P., Sanchez, L., Gaveau-Vaillant, N., Jacquard, C., Meier-Kolthoff, J.P., Klenk, H.P. and Clément, C. (2016) 'Taxonomy, physiology, and natural products of Actinobacteria',

- Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 80(1), pp. 1-43.
<https://doi.org/10.1128/MMBR.00019-15>
- Fan, Z., Lu, S., Liu, S., Guo, H., Wang, T., Zhou, J. and Peng, X. (2019) 'Changes in plant rhizosphere microbial communities under different vegetation restoration patterns in karst and non-karst ecosystems', *Scientific Reports*, 9, 8761.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-44985-8>
- Genilloud, O. (2017) 'Actinomycetes: still a source of novel antibiotics', *Natural Product Reports*, 34(10), pp. 1203-1232.
<https://doi.org/10.1039/C7NP00026J>
- Haedar, N., Ramadhan, A., Nur, M.R. and Retnowati, Y. (2025) 'Carbonatogenic bacteria in the Maros-Pangkep karst: protectors or threat to prehistoric paintings?', *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35, e2410019.
<https://doi.org/10.4014/jmb.2410.10019>
- Kumalasari, A.M., Fathurahman, N.R. and Nur, M.R. (2012) 'Potensi *Actinomycetes* sebagai sumber senyawa bioaktif antibiotik dari kawasan karst Bantimurung, Sulawesi Selatan', *PELITA*, 7(1), pp. 59-72.
- Ningrum, C. (2022) *Isolasi Actinomycetes kawasan karst Bantimurung yang berpotensi sebagai penghasil senyawa antibakteri*. Skripsi. Makassar: Fakultas Farmasi, Universitas Hasanuddin.
- Rante, H., Retnowati, Y. and Nur, M.R. (2024) 'Isolation and identification of *Actinomycetes* with antifungal activity from karst ecosystem in Maros-Pangkep, Indonesia', *Biodiversitas*, 25(2), pp. 458-464.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d250203>
- Retnowati, Y., Nur, M.R. and Rante, H. (2024) 'Potensi mikroba tanah kawasan karst Bantimurung sebagai sumber agen antimikroba', *Jurnal Riset Kesehatan*, 13(1), pp. 11-18.
- Sapkota, A., Thapa, A., Budhathoki, A., Sainju, M., Shrestha, P. and Aryal, S. (2020) 'Isolation, characterization, and screening of antimicrobial-producing actinomycetes from soil samples', *International Journal of Microbiology*, 2020, Article ID 2716584.
<https://doi.org/10.1155/2020/2716584>

Wahyuningrum, S.A., Bahar, M. and Pramono, A.P. (2021) 'Uji daya hambat isolat *Actinomyces* sebagai antibakteri terhadap

pertumbuhan *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 secara in vitro', *Jurnal Kesehatan Andalas*, 10(1), pp. 16-22