

Review Article

# The Role of Actinomycetes in Forest Sustainability and Global Ecosystems: A Systematic Review

Arsyka Ramdhiani<sup>1</sup>, Nabila Anindita Putri<sup>1</sup>, Reva Nur Ramadhani<sup>1</sup>, Dwi Westi Rosidha<sup>1</sup>, Faturrahman<sup>1,2</sup>, Ernin Hidayati<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Mataram

<sup>2</sup>Microbial Technology Laboratory, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Mataram

\*Correspondence: Ernin Hidayati; [hidayatiernin@unram.ac.id](mailto:hidayatiernin@unram.ac.id)

**Citation:** Ramdhiani, A., Putri, N. A., Ramadhani, R.N., Rosidha D. W., Faturrahman, Hidayati, E. (2026). *The Role of Actinomycetes in Forest Sustainability and Global Ecosystems: A Systematic Review*, SJBIOS, 5(1):1-13

**Received:** February 10, 2026

**Accepted:** March 20, 2026

**Published:** April 30, 2026



**Copyright:** © 2026 Ramdhiani et al. This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited

**Abstract:** Increasing deforestation in many regions of Indonesia has led to environmental degradation, soil erosion, and a higher risk of flash floods. In addition to vegetation cover, soil microorganisms play a crucial role in maintaining forest ecosystem functions, particularly Actinomycetes. This study aims to examine the role of soil Actinomycetes in supporting forest ecosystem sustainability, with a focus on their ability to solubilize phosphate, improve and stabilize soil structure, and contribute to the mitigation of environmental impacts caused by deforestation. A systematic review approach was applied by analyzing scientific articles obtained from five databases, comprising 35 journals, of which 17 were identified as relevant. The selected articles were screened based on predefined inclusion criteria and analyzed descriptively. The results indicate that Actinomycetes significantly enhance nutrient availability, especially phosphate, improve soil physical properties by increasing aggregation, porosity, and water infiltration capacity, and support forest health through the production of bioactive compounds that suppress plant pathogens. Overall, soil Actinomycetes play a fundamental role in maintaining soil stability and forest ecosystem sustainability and have strong potential to be utilized in sustainable forest management and environmental conservation strategies.

**Keywords:** *Actinomycetes, forest ecosystem, phosphate solubilization, soil structure, deforestation*

## Pendahuluan

Beberapa waktu terakhir, curah hujan yang tinggi telah menyebabkan terjadinya banjir bandang di berbagai wilayah Indonesia, khususnya di Pulau Sumatera dan beberapa daerah lainnya. Bencana tersebut tidak hanya menimbulkan kerusakan lingkungan, tetapi juga mengakibatkan hilangnya nyawa serta harta benda masyarakat. Salah satu faktor utama yang memperparah kejadian ini adalah tingginya laju deforestasi akibat aktivitas penebangan hutan yang tidak terkendali. Kondisi tersebut menjadikan Indonesia sebagai salah satu negara dengan tingkat kehilangan tutupan hutan tertinggi di dunia. Hilangnya vegetasi hutan menyebabkan terganggunya fungsi ekosistem dalam mengatur tata air, menjaga kestabilan struktur tanah, serta menahan laju erosi dan limpasan permukaan [1].

Hutan merupakan ekosistem yang bersifat kompleks dan dinamis, di mana keberlanjutannya tidak hanya ditentukan oleh komponen biotik makroskopis seperti tumbuhan dan hewan, tetapi juga oleh mikroorganisme tanah.



Mikroorganisme tanah berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem melalui berbagai proses ekologis, seperti dekomposisi bahan organik dan siklus hara. Salah satu kelompok mikroorganisme yang memiliki peranan signifikan dalam ekosistem hutan adalah Actinomycetes tanah, yang umumnya ditemukan pada tanah hutan yang subur dan kaya bahan organik [2].

Aktinomisetes merupakan bakteri Gram positif dengan kandungan basa GC (guanine-cytosine) yang tinggi serta memiliki kemampuan fisiologis dan metabolik yang beragam. Salah satu potensi utama Actinomycetes sebagai agen bio hayati adalah kemampuannya dalam melarutkan fosfat terikat di dalam tanah sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Fosfat merupakan unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman, namun ketersediaannya dalam bentuk yang dapat diserap secara langsung oleh tanaman relatif terbatas karena sebagian besar fosfat berada dalam bentuk terikat dengan senyawa lain. Actinomycetes memiliki distribusi populasi yang luas dan merupakan salah satu kelompok mikroba terbesar yang dijumpai di tanah, terutama pada daerah rizosfer. Mikroorganisme tanah, termasuk Actinomycetes, diketahui berperan dalam pelarutan fosfat anorganik sehingga meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman [3].

Selain berperan dalam siklus hara, keberadaan Actinomycetes juga berpengaruh terhadap stabilitas struktur tanah. Melalui aktivitas metaboliknya, Actinomycetes mampu membantu pembentukan agregat tanah yang lebih stabil, meningkatkan porositas, serta memperbaiki kemampuan tanah dalam menyerap dan menyimpan air. Kondisi tanah yang sehat dan stabil tersebut sangat penting dalam mencegah terjadinya erosi dan limpasan air permukaan yang berlebihan, yang sering menjadi pemicu banjir bandang di wilayah dengan tingkat deforestasi yang tinggi. Di samping itu, Actinomycetes tanah juga menghasilkan berbagai senyawa bioaktif yang berperan dalam menekan pertumbuhan mikroorganisme patogen serta mendukung kesehatan dan ketahanan tanaman hutan [4].

Berdasarkan permasalahan tingginya laju deforestasi yang berdampak pada degradasi lingkungan, meningkatnya erosi tanah, serta kejadian banjir bandang di berbagai wilayah Indonesia, diperlukan upaya ilmiah yang tidak hanya berfokus pada komponen vegetasi, tetapi juga pada peran mikroorganisme tanah dalam menjaga fungsi ekosistem hutan. Mikroorganisme tanah, khususnya Actinomycetes, diketahui memiliki kontribusi penting dalam siklus hara, perbaikan struktur tanah, peningkatan kapasitas infiltrasi air, serta perlindungan tanaman melalui produksi senyawa bioaktif. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji peran Actinomycetes tanah dalam mendukung keberlanjutan ekosistem hutan, terutama terkait kemampuannya dalam melarutkan fosfat, memperbaiki dan menstabilkan struktur tanah, serta berkontribusi dalam mitigasi dampak lingkungan akibat deforestasi.

## **METODE**

Penelitian ini merupakan sebuah tinjauan sistematis (systematic review) yang berfokus pada artikel-artikel ilmiah yang membahas peran Actinomycetes dalam keberlangsungan hutan dan ekosistem bumi khususnya terkait kontribusinya terhadap kesehatan tanah, dekomposisi serasah, siklus hara, biokontrol organisme patogen, dan pemulihan ekosistem. Pendekatan tinjauan sistematis dipilih untuk memungkinkan proses pengumpulan, analisis, dan sintesis informasi secara terstruktur, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai fungsi ekologis Actinomycetes di berbagai ekosistem hutan. Penelusuran artikel ilmiah dilakukan melalui beberapa basis data bereputasi, dengan menggunakan kombinasi kata kunci berbasis *Boolean operators*, antara lain "*Actinomycetes tanah hutan*", "*peran Actinomycetes dalam ekosistem*", "*forest soil Actinomycetes*", "*Actinobacteria decomposition*", AND "*Actinomycetes biocontrol*". Artikel yang diperoleh kemudian diseleksi melalui beberapa tahapan, meliputi penyaringan judul dan abstrak, evaluasi kesesuaian topik, serta



penelaahan teks lengkap berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.

### **Kriteria Inklusi dan Eksklusi**

Dalam proses seleksi artikel, penelitian ini menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi yang dirancang untuk memastikan relevansi dan kualitas studi yang ditinjau. Artikel yang dimasukkan merupakan penelitian asli (original research) yang dilakukan secara *in vitro*, *in vivo*, maupun studi ekologi lapangan, dengan fokus pada Actinomycetes dan perannya dalam tanah hutan atau ekosistem terestrial. Artikel yang dipilih secara jelas menguraikan aktivitas ekologis Actinomycetes, seperti dekomposisi lignoselulosa, pelarutan fosfat, biokontrol, atau produksi metabolit fungsional, serta menyediakan data deskriptif maupun kuantitatif yang relevan. Hanya artikel yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2010 hingga 2025 dan tersedia dalam bentuk full-text yang disertakan dalam tinjauan ini. Sebaliknya, artikel yang termasuk kategori review, editorial, laporan kasus, tidak relevan dengan ekosistem hutan, tidak menyajikan data ilmiah yang memadai, atau merupakan duplikasi dikecualikan dari analisis.

### **Sumber Data**

Pencarian data dilakukan menggunakan beberapa database ilmiah internasional, yaitu Google Scholar, ScienceDirect, PubMed, SpringerLink, dan Wiley Online Library. Proses penelusuran menggunakan kombinasi kata kunci dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris, seperti "Actinomycetes tanah hutan", "peran Actinomycetes dalam ekosistem", "forest soil Actinomycetes", "Actinobacteria decomposition", dan "Actinomycetes biocontrol". Penggunaan filter tahun publikasi memastikan artikel yang diperoleh sesuai dengan rentang waktu yang telah ditentukan.

### **Proses Seleksi dan Penyaringan Artikel**

Dalam proses seleksi artikel, penelitian ini menggunakan kriteria inklusi dan eksklusi yang dirancang untuk memastikan relevansi dan kualitas studi yang ditinjau. Artikel yang dimasukkan merupakan penelitian asli (original research) yang dilakukan secara *in vitro*, *in vivo*, maupun studi ekologi lapangan, dengan fokus pada Actinomycetes dan perannya dalam tanah hutan atau ekosistem terestrial. Artikel yang dipilih secara jelas menguraikan aktivitas ekologis Actinomycetes, seperti dekomposisi lignoselulosa, pelarutan fosfat, biokontrol, atau produksi metabolit fungsional, serta menyediakan data deskriptif maupun kuantitatif yang relevan. Hanya artikel yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2010 hingga 2025 dan tersedia dalam bentuk full-text yang disertakan dalam tinjauan ini. Sebaliknya, artikel yang termasuk kategori review, editorial, laporan kasus, tidak relevan dengan ekosistem hutan, tidak menyajikan data ilmiah yang memadai, atau merupakan duplikasi dikecualikan dari analisis.

### **Pengambilan dan Penyusunan Data**

Setelah proses seleksi selesai, artikel yang memenuhi syarat dikumpulkan datanya ke dalam tabel analisis yang memuat informasi penting seperti judul, penulis, tahun publikasi, hasil dan kesimpulan. Hasil penelitian dan kesimpulan dari setiap artikel dicatat secara sistematis, kemudian dianalisis secara deskriptif. Analisis tersebut dilakukan untuk mengidentifikasi pola kontribusi ekologis Actinomycetes, variasi aktivitas berdasarkan jenis ekosistem, serta faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap kelimpahan maupun fungsinya. Selain itu, analisis juga mempertimbangkan variabel seperti bagian ekosistem tempat Actinomycetes ditemukan (rizosfer, serasah, horizon tanah), kondisi fisik-kimia tanah, serta teknik identifikasi yang digunakan oleh peneliti.

### **Hasil**



Proses seleksi artikel meliputi identifikasi, penyaringan, evaluasi kelayakan, dan inklusi akhir. Pada tahap identifikasi, diperoleh sebanyak 35 artikel dari seluruh basis data yang digunakan. Selanjutnya dilakukan penyaringan judul dan abstrak untuk menilai kesesuaian topik, sehingga 18 artikel dikeluarkan karena tidak memenuhi kriteria inklusi. Tahap evaluasi kelayakan dilakukan melalui penelaahan teks lengkap, dan akhirnya 17 artikel dinyatakan memenuhi seluruh kriteria dan dianalisis dalam tinjauan sistematis ini.

Tinjauan ini mencakup 17 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Seluruh studi yang direview menggunakan pendekatan *in vitro*, *in vivo*, atau analisis ekologi lapangan untuk mengevaluasi peran Actinomycetes dalam ekosistem hutan, baik dari segi kelimpahan, keragaman, maupun aktivitas biologisnya. Metode yang digunakan bervariasi, mulai dari isolasi dan karakterisasi morfologi, analisis molekuler 16S rRNA, hingga uji aktivitas fungsional, seperti kemampuan melarutkan fosfat, aktivitas enzimatis pengurai lignoselulosa, serta antagonisme terhadap patogen tumbuhan. Ragam sampel biologis yang digunakan mencakup berbagai kompartemen ekosistem hutan, antara lain tanah rizosfer, serasah daun, horizon tanah mineral, serta bagian tumbuhan yang menjadi habitat alami Actinomycetes. Keragaman lingkungan penelitian mulai dari hutan pinus, hutan tropis, mangrove, hingga ekosistem karst yang menunjukkan bahwa Actinomycetes memiliki kemampuan adaptasi luas dan memainkan peran penting dalam menjaga stabilitas serta keberlanjutan fungsi ekologis di berbagai jenis hutan.

**Tabel 1.1 Hasil Seleksi Artikel**

Judul	Penulis & Tahun	Hasil Pembahasan	Kesimpulan
Sustainable Agriculture: Rare-Actinomycetes to the Rescue	Oyedoh <i>et al.</i> , 2023	Actinomycetes, khususnya kelompok rare actinomycetes (non- <i>Streptomyces</i> ), dikenal sebagai sumber penting berbagai metabolit bioaktif, termasuk senyawa antibakteri dan antifungi yang berpotensi tinggi. Kelompok mikroorganisme ini berperan dalam menjaga kesehatan tanah dan meningkatkan ketahanan tanaman melalui berbagai mekanisme, seperti produksi siderofor, enzim hidrolitik, antibiotik, serta kemampuan mendegradasi bahan organik kompleks. Selain itu, daerah rizosfer tanaman umumnya kaya akan Actinomycetes yang bersifat fungsional, di mana keberadaannya berkontribusi dalam menekan pertumbuhan patogen serta membantu	Ekosistem karst memiliki aktinomiset dengan kelimpahan bervariasi; keberadaannya dipengaruhi jenis tanaman dan faktor kimia tanah.



Transforming Roles of Actinobacteria in Sustainable Agriculture: From Soil Health and Plant Productivity Perspective	Abdellatif <i>et al.</i> , 2024	tanaman menghadapi berbagai tekanan lingkungan, sehingga mendukung stabilitas dan keberlanjutan ekosistem tanah. Actinobacteria merupakan kelompok mikroorganisme yang berperan sebagai pengurai utama bahan organik kompleks, seperti lignin, kitin, dan selulosa, sehingga berkontribusi penting dalam proses dekomposisi dan siklus hara tanah. Kelompok ini juga berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah melalui berbagai mekanisme, antara lain fiksasi nitrogen, pelarutan fosfat, produksi hormon pemacu pertumbuhan tanaman, serta kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan ekstrim. Selain itu, Actinobacteria berfungsi dalam menjaga keseimbangan komunitas mikroba tanah dan secara tidak langsung meningkatkan produktivitas tanaman, sehingga mendukung keberlanjutan ekosistem daratan.	Aktinomiset dari hutan pinus berpotensi sebagai biofertilizer karena mampu meningkatkan ketersediaan fosfat bagi tanaman
Actinobacteria Emerges as Novel Dominant Soil Bacterial Taxa in Long-Term Post-Fire Recovery of Taiga Forests	Jiang <i>et al.</i> , 2025	Setelah terjadinya kebakaran hutan dalam jangka panjang, Actinobacteria sering muncul sebagai kelompok mikroorganisme dominan baru pada tanah hutan taiga. Dominansi ini menunjukkan peran penting Actinobacteria dalam proses pemulihan ekosistem, terutama melalui peningkatan aktivitas enzim tanah yang terlibat dalam dekomposisi bahan organik serta pengaktifan kembali siklus karbon dan nitrogen. Dengan demikian, Actinobacteria berkontribusi secara signifikan dalam	Actinobacteria merupakan mikroba kunci dalam regenerasi jangka panjang hutan pasca kebakaran, membantu pemulihan struktur tanah, siklus nutrisi, dan stabilitas ekosistem.



Actinomycetes: Dependable Tool for Sustainable Agriculture	Pemila Chitrasi Ivi, 2018	mempercepat stabilisasi fungsi tanah dan mendukung regenerasi ekosistem hutan pascakebakaran. <i>Streptomyces</i> merupakan genus Actinomycetes yang paling dominan di tanah hutan dan memiliki peran ekologis yang sangat penting. Genus ini diketahui mampu menghasilkan berbagai enzim ekstraseluler, seperti selulase, kitinase, dan protease, yang berperan dalam proses dekomposisi serasah dan bahan organik kompleks di lantai hutan. Selain itu, <i>Streptomyces</i> juga berkontribusi dalam menekan pertumbuhan patogen tanaman serta meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah, sehingga mendukung kesuburan tanah dan keberlanjutan ekosistem hutan.	Actinomycetes adalah agen alami yang efektif untuk menjaga kualitas tanah, mengendalikan patogen, dan mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetik.
Important Ecophysiological Roles of Non-Dominant Actinobacteria in Plant Residue Decomposition	Bao et al., 2021	Meskipun keberadaan Actinobacteria secara kuantitatif relatif lebih kecil dibandingkan kelompok mikroba tanah lainnya, kelompok ini menyumbang sekitar 16% gen pengkode enzim pengurai karbohidrat (CAZymes). Kontribusi tersebut menunjukkan peran Actinobacteria yang sangat penting, terutama pada tanah dengan tingkat kesuburan rendah, dalam proses dekomposisi residu tanaman dan bahan organik kompleks. Dengan fungsi yang konsisten dalam aktivitas penguraian, Actinobacteria memiliki peran yang stabil dan strategis dalam jaringan ekologi pengurai hutan.	Actinobacteria, meski tidak dominan, memainkan peran krusial dalam dekomposisi residu dan siklus karbon, terutama di ekosistem hutan tanah margin al.
Actinomycetes benefaction	Bhatti, Haq &	Menjelaskan peran besar aktinomiset pada tanah:	Actinomycetes merupakan



role in soil and plant health	Bhat (2017)	dekomposisi bahan organik, fiksasi nitrogen, produksi enzim, pengendalian patogen tanah, peningkatan ketersediaan nutrisi, serta peran sebagai agen bioremediasi.	kelompok kunci dalam menjaga kesehatan tanah dan mendukung produktivitas tanaman melalui berbagai mekanisme biologis penting.
Soil Actinomycetes of Vietnam Tropical Forests	Dorchen kova et al. (2022)	Menganalisis keragaman dan kelimpahan aktinomiset pada hutan tropis Vietnam. Menemukan 80 strain dengan aktivitas antagonis, terutama pada tanah asam dan serasah hutan. Banyak strain menunjukkan aktivitas selulolitik tinggi dan spesialisasi ekologis.	Hutan tropis Vietnam merupakan hotspot keanekaragaman aktinomiset, yang berpotensi sebagai sumber antibiotik dan agen dekomposer penting.
Peran Mikrobioma Tanah dalam Peningkatan Produktivitas dan Ketahanan Tanaman	Laia & Lase (2025)	Menguraikan pentingnya mikrobioma tanah (termasuk aktinomiset) dalam meningkatkan kesuburan, ketahanan tanaman terhadap stres, dan pengurangan ketergantungan pupuk kimia. Menyoroti mekanisme: dekomposisi, fiksasi nitrogen, pelarutan unsur hara, dan biokontrol.	Mikrobioma tanah penting untuk pertanian berkelanjutan dan mampu memperbaiki tanah terdegradasi melalui interaksi positif mikroba-tanaman.
Kemelimpahan Actinomycetes pada Rhizosfer Tumbuhan di Ekosistem Karst Gorontalo Characterization of Soil Actinomycetes from Malino Pine Forest Rhizosphere	Pakaya et al., (2025)  Sukmawaty, Sari & Masri (2020)	Meneliti distribusi dan jumlah aktinomiset pada rizosfer lima jenis tumbuhan di ekosistem karst. Kelimpahan berkisar 40-180 CFU/g, dipengaruhi pH netral-sedikit basa dan eksudat akar.  Mengisolasi 15 isolat aktinomiset dari hutan pinus Malino. Semua isolat diidentifikasi sebagai Streptomyces. Karakter morfologi memperlihatkan variasi warna koloni dan pigmentasi.	Ekosistem karst memiliki aktinomiset dengan kelimpahan bervariasi; keberadaannya dipengaruhi jenis tanaman dan faktor kimia tanah.  Hutan pinus Malino kaya akan Streptomyces yang berpotensi sebagai penghasil metabolit aktif dan agen biokontrol
Aktifitas Pelarut Fosfat Isolat Aktinomiset asal Tanah	Sari (2024)	Dari 15 isolat aktinomiset, enam menunjukkan kemampuan melarutkan fosfat pada media pikovskaya, dengan isolat	Aktinomiset dari hutan pinus berpotensi sebagai biofertilizer karena mampu meningkatkan



Rizosfer Hutan Pinus Malino		RWM 5 memiliki indeks kelarutan tertinggi.	ketersediaan fosfat bagi tanaman.
Generation of a high quality library of bioactive filamentous actinomycetes from extreme biomes	Swiecimska et al. (2023)	Mengisolasi aktinomiset dari gurun Atacama, tanah salin India, dan hutan pinus Polandia. Banyak strain merupakan spesies baru, dengan aktivitas antimikroba kuat serta produksi enzim dan senyawa pemacu pertumbuhan tanaman.	Ekosistem ekstrem merupakan sumber potensial aktinomiset langka dengan nilai tinggi untuk bioteknologi, pertanian
The Potential Use of Actinomycetes as Microbial Inoculants and Biopesticides in Agriculture	Silva et al., 2022	Actinomycetes diketahui mampu menghasilkan berbagai senyawa penting, seperti antibiotik, enzim, hormon pemacu pertumbuhan tanaman, serta beragam metabolit bioaktif lainnya. Kemampuan tersebut menjadikan Actinomycetes berpotensi besar untuk dimanfaatkan sebagai biofertilizer, biopestisida, serta agen restorasi tanah, sehingga mendukung pengelolaan ekosistem dan pertanian yang berkelanjutan.	Actinomycetes menjadi kandidat kuat untuk solusi ramah lingkungan dalam mengelola kesehatan tanaman dan menjaga fungsi ekosistem.
Effect of Organic Matter Manipulation on Soil Microbial Composition	Wan et al., 2019	Pengurangan input bahan organik diketahui dapat memengaruhi komposisi komunitas mikroba tanah, termasuk terjadinya peningkatan proporsi Actinomycetes pada musim kering. Dalam kondisi tersebut, enzim tanah yang diproduksi oleh Actinobacteria berperan penting dalam menentukan laju dan efektivitas proses dekomposisi bahan organik di ekosistem hutan.	Actinomycetes membantu menjaga fungsi enzimatik dan stabilitas ekosistem tanah hutan terutama saat kondisi lingkungan berubah drastis.
Use of Soil Actinomycetes for Pharmaceutical, Food, Agricultural, and	Nazari et al., 2022	Actinomycetes berperan dalam menguraikan bahan organik kompleks sekaligus menghasilkan berbagai metabolit penting bagi ekosistem tanah. Aktivitas tersebut menjadikan Actinomycetes berkontribusi	Potensi ekologis aktinomycetes sangat luas, termasuk dalam konservasi hutan dan stabilitas ekosistem melalui peran



---

Environmental Purposes		dalam proses bioremediasi, peningkatan kesuburan tanah, serta pengendalian penyakit tanaman, sehingga mendukung keberlanjutan dan kesehatan ekosistem daratan.	degradasi dan biokontrol.
Analysis of Actinomycetes Abundance in the Rhizosphere of Mangrove Ecosystems	Sakaroni et al., 2025	Rhizosfer ekosistem mangrove diketahui kaya akan Actinomycetes, terutama pada zona perakaran <i>Rhizophora mucronata</i> . Kelimpahan dan komposisi Actinomycetes di wilayah ini dipengaruhi oleh eksudat akar serta kondisi fisik dan kimia tanah mangrove. Keberadaan Actinomycetes tersebut menunjukkan potensi yang besar sebagai sumber agen biokontrol alami yang dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan ekosistem dan pertanian berkelanjutan.	Ekosistem mangrove memiliki aktinomiset melimpah yang berperan dalam stabilitas ekosistem pesisir dan dapat dimanfaatkan untuk restorasi lingkungan.
Diversity and Applications of Endophytic Actinobacteria	Singh & Dubey, 2018	Actinobacteria endofitik yang berasal dari berbagai habitat ekstrem diketahui mampu menghasilkan metabolit bioaktif yang unik dan bernilai tinggi. Keberadaan mikroorganisme ini berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman serta mendukung kemampuan adaptasi tanaman terhadap berbagai tekanan lingkungan, sehingga berkontribusi penting dalam menjaga stabilitas dan keberlanjutan ekosistem.	Endofitik actinomycetes adalah komponen penting ketahanan hutan dan ekosistem melalui fungsi biokimia dan simbiosis.

---

### Pembahasan

Hasil tinjauan sistematis terhadap 17 jurnal yang memenuhi kriteria inklusi menunjukkan bahwa Actinomycetes merupakan salah satu kelompok mikroorganisme tanah yang paling berpengaruh dalam menjaga stabilitas dan keberlanjutan ekosistem hutan. Peran mereka tidak hanya berkaitan dengan kemampuan biologis seperti produksi antibiotik dan enzim pengurai biomassa, tetapi juga meliputi kontribusi ekologis yang sangat penting dalam siklus hara, interaksi mikroba tumbuhan, dan pemulihan ekosistem akibat gangguan lingkungan. Sebagian besar studi yang direview, seperti penelitian di hutan pinus Malino, hutan tropis Vietnam, hutan konifer Eropa, dan ekosistem mangrove, menunjukkan bahwa kelimpahan Actinomycetes dipengaruhi oleh karakteristik



edafik seperti pH tanah, kandungan bahan organik, serta eksudat akar. Aktinomiset cenderung lebih dominan pada tanah dengan pH netral sedikit basa, namun beberapa spesies seperti *Actinacidiphila* dan *Streptacidiphilus* ditemukan beradaptasi baik pada tanah masam hutan konifer. Kondisi ekologis tertentu, seperti tanah kering, kaya lignoselulosa, atau kandungan kalsium tinggi di ekosistem karst, memperkuat seleksi alami terhadap Actinomycetes, sehingga menjadikan kelompok ini sebagai mikroba yang dominan dalam proses-proses penting dekomposisi dan mineralisasi. Studi pascalebakaran juga menunjukkan bahwa Actinomycetes dapat menjadi kelompok dominan setelah fase gangguan, menunjukkan kemampuan regeneratif yang tinggi dalam pemulihan ekosistem.

Penelitian menunjukkan bahwa Actinomycetes memiliki kemampuan yang kuat dalam mendegradasi senyawa organik kompleks seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan kitin melalui produksi berbagai enzim hidrolitik dan oksidatif, antara lain selulase, kitinase, ligninase, dan protease. Aktivitas enzimatik tersebut berperan penting dalam mempercepat proses pelapukan serasah daun di lantai hutan, sehingga bahan organik dapat terurai lebih cepat menjadi bentuk yang lebih sederhana. Proses dekomposisi ini secara langsung meningkatkan ketersediaan unsur hara esensial, seperti nitrogen dan fosfor, yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman dan organisme tanah lainnya. Selain itu, kontribusi Actinomycetes dalam dekomposisi bahan organik membantu mempertahankan struktur tanah dan mendukung keberlanjutan siklus karbon dalam ekosistem hutan. Studi metagenomik pada ekosistem hutan tropis juga menunjukkan bahwa meskipun Actinomycetes bukan merupakan kelompok mikroba yang paling melimpah secara kuantitatif, mereka menyumbang proporsi gen yang signifikan terkait proses dekomposisi biomassa, sehingga menjadikannya komponen kunci dalam pemrosesan bahan organik dan stabilitas ekosistem hutan.

Beberapa penelitian ilmiah menyoroti potensi Actinomycetes, khususnya genus *Streptomyces*, sebagai agen pengendali hayati terhadap berbagai patogen tanaman. Aktivitas antagonistik ini diwujudkan melalui produksi antibiotik, pelepasan senyawa volatil antimikroba, kompetisi dalam pemanfaatan ruang dan nutrisi, serta produksi siderofor yang mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen. Hasil penelitian yang dilakukan di Polandia dan India menunjukkan bahwa isolat Actinomycetes yang berasal dari tanah hutan memiliki kemampuan yang signifikan dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen, seperti *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, dan *Botrytis*. Oleh karena itu, Actinomycetes memiliki nilai strategis dalam penerapan pendekatan ekosistem berkelanjutan, terutama sebagai alternatif ramah lingkungan dalam pengendalian penyakit tanaman dan upaya pengurangan penggunaan pestisida kimia.

Beberapa studi menunjukkan bahwa Actinomycetes memiliki kemampuan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, antara lain melalui aktivitas sebagai bakteri pelarut fosfat (*phosphate-solubilizing bacteria*), produksi hormon pemacu pertumbuhan tanaman seperti indole-3-acetic acid (IAA), serta peningkatan efisiensi penyerapan nutrisi oleh sistem perakaran. Aktivitas pelarutan fosfat berperan dalam mengubah fosfat yang terikat di dalam tanah menjadi bentuk yang lebih mudah diserap oleh tanaman, sehingga mendukung pertumbuhan dan produktivitas vegetasi hutan. Penelitian terhadap isolat Actinomycetes dari tanah hutan pinus Malino menunjukkan adanya aktivitas pelarutan fosfat yang signifikan, yang mengindikasikan potensinya untuk dikembangkan sebagai biofertilizer alami yang ramah lingkungan. Pemanfaatan Actinomycetes sebagai pupuk hayati diharapkan mampu meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia sintetis.

Dalam ekosistem yang mengalami tekanan lingkungan, seperti kebakaran hutan, kekeringan, maupun kondisi tanah yang terdegradasi, Actinomycetes sering muncul sebagai kelompok mikroorganisme yang mampu pulih dengan cepat dan bahkan menjadi dominan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa Actinomycetes



berperan penting dalam proses pemulihan struktur tanah melalui aktivitas metaboliknya yang mendukung pembentukan agregat tanah dan perbaikan sifat fisik tanah. Selain itu, keberadaan Actinomycetes turut mempercepat regenerasi komunitas mikrobioma tanah serta membantu menstabilkan kembali fungsi ekosistem yang terganggu. Oleh karena itu, tingginya kelimpahan Actinomycetes setelah terjadinya gangguan lingkungan sering dimanfaatkan sebagai indikator biologis keberhasilan pemulihan ekologis suatu ekosistem.

Berbagai studi pada ekosistem ekstrem, seperti Gurun Atacama, tanah salin, kawasan karst, dan hutan dengan tingkat keasaman tinggi, menunjukkan bahwa kondisi lingkungan yang keras mampu mendorong evolusi Actinomycetes dengan kemampuan metabolik yang khas dan menghasilkan metabolit bioaktif yang unik. Banyak strain baru dari lingkungan tersebut dilaporkan mampu memproduksi antibiotik, enzim, serta senyawa bioaktif lainnya yang hingga kini belum sepenuhnya dieksplorasi. Temuan ini menunjukkan bahwa Actinomycetes dari habitat ekstrem memiliki potensi besar sebagai sumber daya hayati baru. Oleh karena itu, eksplorasi dan pemanfaatan Actinomycetes dari ekosistem ekstrem membuka peluang luas dalam berbagai bidang, termasuk industri farmasi, pertanian berkelanjutan, bioremediasi lingkungan, serta pengembangan dan produksi enzim industri.

Berdasarkan seluruh hasil tinjauan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Actinomycetes bukan sekadar mikroorganisme tanah biasa, melainkan merupakan komponen fundamental dalam keberlangsungan ekosistem hutan. Actinomycetes berperan dalam mendekomposisi biomassa organik, menjaga keseimbangan komunitas mikrobiologis tanah, melindungi tanaman dari serangan patogen, serta menyediakan unsur hara yang esensial bagi pertumbuhan vegetasi. Selain itu, kelompok mikroba ini juga berkontribusi dalam memperkuat struktur tanah, mempercepat proses pemulihan ekosistem pascakerusakan, serta menjadi sumber metabolit bioaktif yang bernilai tinggi. Dengan demikian, keberadaan dan aktivitas Actinomycetes memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keberlanjutan ekologis dan mendukung ketahanan jangka panjang ekosistem hutan.

### **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil tinjauan sistematis terhadap berbagai artikel yang dikaji, dapat disimpulkan bahwa actinomycetes tanah memiliki peran penting dalam menjaga keberlanjutan ekosistem hutan. Mikroorganisme ini mampu melarutkan fosfat yang terikat di dalam tanah sehingga unsur hara lebih mudah diserap oleh tanaman, serta berperan dalam memperbaiki dan menstabilkan struktur tanah melalui pembentukan agregat, peningkatan porositas, dan kemampuan tanah menyerap air. Kondisi tersebut membantu mengurangi erosi dan limpasan permukaan yang sering terjadi akibat deforestasi. Selain itu, Actinomycetes juga mendukung kesehatan ekosistem hutan melalui produksi senyawa bioaktif yang dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme patogen dan meningkatkan ketahanan tanaman. Dengan demikian, Actinomycetes merupakan mikroorganisme tanah yang berperan penting dalam menjaga fungsi ekologis, kestabilan tanah, dan keberlanjutan ekosistem hutan, serta berpotensi dimanfaatkan dalam pengelolaan hutan dan konservasi lingkungan secara berkelanjutan.

### **References**

- [1] Putri, S. E., Lanin, D., Umar, G., & Gusman, M. (2023). Kota Padang: Identifikasi Potensi Bencana Banjir dan Upaya Mitigasi. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Nusantara (JIMNU)*, 1(3), 116-122.
- [2] Pratama, D. N., Amanda, R. B., & Anitasyah, S. (2022). Kajian Struktural Fungsional: Fenomena Banjir sebagai Akibat dari Tidak Selarasnya



- Fungsi dan Sistem di Indonesia. *Sosietas: Jurnal Pendidikan Sosiologi*, 12(1), 65-74.
- [3] Sari, S. R. (2024). Aktifitas Pelarut Fosfat Isolat Aktinomisetes asal Tanah Rizosfer Hutan Pinus Malino, Sulawesi Selatan. *Jurnal Biologi Babasal*, 70-77.
- [4] Laia, IA, & Lase, NK (2025). Peran Mikrobioma Tanah dalam Peningkatan Produktivitas dan Ketahanan Tanaman. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2 (1), 124-131.
- [5] Oyedoh, O. P., Yang, W., Dhanasekaran, D., Santoyo, G., Glick, B. R., & Babalola, O. O. (2023). Sustainable Agriculture: Rare-Actinomycetes to the Rescue. *Agronomy*, 13(3), 666. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030666>.
- [6] Abdellatif, A. A. M., Gebily, D. A. S., Elmaghraby, M. M. K., Sahu, P. K., Thakur, B., & Kaur, S. (2024). Transforming Roles of Actinobacteria in Sustainable Agriculture: From Soil Health and Plant Productivity Perspective. In S. Kaur, V. Dwibedi, & P. K. Sahu (Eds.), *Metabolomics, Proteomics and Gene Editing Approaches in Biofertilizer Industry* (pp. xxx-xxx). Singapore: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-97-2910-4\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-97-2910-4_16).
- [7] Jiang, S., Qu, H., Cheng, Z., Fu, X., Yang, L., & Zhou, J. (2025). Actinobacteria Emerge as Novel Dominant Soil Bacterial Taxa in Long-Term Post-Fire Recovery of Taiga Forests. *Microorganisms*, 13(6), 1262. <https://doi.org/10.3390/microorganisms13061262>.
- [8] Chitraselvi, P. E. C. R. (2018). Actinomycetes: Dependable Tool for Sustainable Agriculture. *Current Investigations in Agriculture and Current Research*, 1(5).
- [9] Bao, Y., Dolfing, J., Guo, Z., et al. (2021). Important ecophysiological roles of non-dominant Actinobacteria in plant residue decomposition, especially in less fertile soils. *Microbiome*, 9, 84. <https://doi.org/10.1186/s40168-021-01032-x>.
- [10] Bhatti, A. A., Haq, S., & Bhat, R. A. (2017). Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microbial Pathogenesis*, 111, 458–467. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.09.036>.
- [11] Dorchenkova, Y. A., Gracheva, T. A., Babich, T. L., Sokolova, D. S., Alexandrova, A. V., Pham, G. T. H., Lysak, L. V., Golovchenko, A. V., & Manucharova, N. A. (2022). Soil Actinomycetes of Vietnam Tropical Forests. *Forests*, 13(11), 1863. <https://doi.org/10.3390/f13111863>
- [12] Laia, I. A., & Lase, N. K. (2025). Peran mikrobioma tanah dalam peningkatan produktivitas dan ketahanan tanaman. *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian dan Teknologi dalam Ilmu Tanaman*, 2(1).
- [13] Pakaya, A. W., Retnowati, Y., & Katili, A. S. (2025). Kemelimpahan Actinomycetes pada Rhizosfer Tumbuhan di Ekosistem Karst Gorontalo: Abundance of Actinomycetes in the Rhizosphere of Plants in the Gorontalo Karst Ecosystem. *MIKHAYLA: Journal of Advanced Research*, 2(1), 73–81. <https://doi.org/10.61579/mikhayla.v2i1.353>.
- [14] Sukmawaty, E., Sari, S. R., & Masri, M. (2020). Characterization of soil Actinomycetes from Malino pine forest rhizosphere of South Sulawesi. *Journal of Islamic Science and Technology*, 6(2).
- [15] Sari, S. R. (2024). Aktivitas pelarut fosfat isolat aktinomisetes asal tanah rizosfer hutan pinus Malino, Sulawesi Selatan. *JBB: Jurnal Biologi Babasal*, 3(2), 70–77.
- [16] Świecimska, M., Golińska, P., & Goodfellow, M. (2023). Generation of a highquality library of bioactive filamentous actinomycetes from extreme biomes using a culture-based bioprospecting strategy. *Frontiers in Microbiology*, 13.



- [17] Silva, J. M., Mendes, L. W., Araújo, W. L., & Tsai, S. M. (2022). The potential use of Actinomycetes as microbial inoculants and biopesticides in agriculture. *Frontiers in Microbiology*, 13.
- [18] Wan, X., Huang, Z., He, Z., Yu, Z., Wang, M., Davis, M. R., & Yang, Y. (2019). Effect of organic matter manipulation on soil microbial composition. *Soil Biology and Biochemistry*, 134, 24–34.
- [19] Nazari, M., Shafiei, M., Karimi, E., & Aghaie, A. (2022). Use of soil actinomycetes for pharmaceutical, food, agricultural, and environmental purposes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 106, 3963–3985.
- [17] Singh, R., & Dubey, A. K. (2018). Diversity and applications of endophytic actinobacteria of plants in special and other ecological niches. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1767. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01767>
- [20] Sakaroni, R., Hijriani, B. I., & Wirdullutfi. (2025). Analysis of actinomycetes abundance in the rhizosphere of mangrove ecosystems in Sekotong as a potential source of beneficial microbes. *Biogenerasi*, 10(3).