Jurnal Biologi Tropis

Original Research Paper

Evaluation of Entomopathogenic Bacteria Isolated from Bamboo Rhizosphere Soil in Mataram City and Their Toxicity Against Instar III *Aedes aegypti* Larvae in a Laboratory Environment

Bambang Fajar Suryadi*, Ernin Hidayati, Faturrahman, Anak Agung Ngurah Nara Kusuma, Sarkono

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No. 62, Mataram 83125, Nusa Tenggara Barat, Indonesia;

Article History
Received : August 11th, 2026
Revised : September 30th, 2026
Accepted : October 09th, 2026

*Corresponding Author:
Bambang Fajar Suryadi,
Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram, Mataram – Nusa Tenggara Barat, Indonesia;
Email: bambangfajar@unram.ac.id

Abstract: *Aedes aegypti* is an important vector of dengue and other mosquito-borne diseases. Entomopathogenic bacteria from the bamboo rhizosphere may provide a potential biological approach for controlling its larvae. This study aimed to isolate entomopathogenic bacteria that are able to suppress *Aedes aegypti* mosquito larvae in a laboratory environment. Bamboo rhizosphere soil samples were collected at several selected bamboo rhizosphere locations around Mataram City. Two hundred and fifty grams of soil was collected from a depth of 5-10 cm below the surface and placed into pre-sterilized containers. The soil in the containers was stored in a shaded area before use in the study. The bacteria were isolated by heat treatment the soil mixed with sterile distilled water (10% concentration), then conducted to serial dilution and spreading it on Nutrient Agar media supplemented with Amoxicillin and Streptomycin. The growing colonies of bacteria were then tested for their toxicity on Instar III *Aedes aegypti* larvae in the laboratory to determine their toxicity. Bacterial isolation from all bamboo rhizosphere locations yielded two entomopathogenic bacterial species, *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus sphaericus*. *B. thuringensis* isolated from several locations exhibited toxicity to instar III *A. aegypti* larvae ranging from 30% to 60%, while *B. sphaericus* exhibited toxicity ranging from 10% to 30%. The toxicity values demonstrated by these two bacteria were categorized as low to moderate. Differences in toxicity levels between isolates confirm the influence of habitat on the bacteria's biological characteristics. This finding reinforces the role of indigenous microorganisms as an environmentally friendly and sustainable source of vector control.

Keywords: *Aedes aegypt*i larvae; *Bacillus sphaericus; Bacillus thuringiensis;* Bamboo rhizosphere; Entomopathogenic bacteria.

Pendahuluan

Hingga saat ini, penyakit yang ditularkan oleh nyamuk masih menjadi salah satu masalah kesehatan yang signifikan di Indonesia. Salah satu penyakit yang paling umum ditularkan oleh nyamuk adalah demam berdarah dengue (DBD) (Harapan *et al.,* 2019). Penyakit ini disebabkan oleh virus dengue, yang disebarkan oleh nyamuk *Aedes aegypti*. Indonesia telah melaporkan 210.644 kasus, dengan jumlah kematian 1.239 orang di 259 kabupaten/kota di 32 provinsi (Dinas Kesehatan NTB, 2024; Kemenkes, 2024).

Keberadaan kasus demam berdarah memerlukan pengendalian nyamuk yang menyeluruh. Salah satu metode yang banyak dilakukan adalah penggunaan pestisida kimia. Metode ini telah terbukti sangat efektif, tetapi pengendalian nyamuk dengan pestisida kimia mendatangkan masalah baru, yaitu peningkatan residu pestisida kimia di alam, yang dapat membahayakan hewan lain (hewan non-target dan serangga), dan resistensi serangga terhadap pestisida kimia ini (Richards *et al.,* 2020; Carson *et al.,* 2023). Masalah penularan nyamuk dapat diatasi dengan menggunakan agen biologis

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

© 2026 The Author(s). This article is open access

(organisme hidup) yang mampu menekan keberadaan nyamuk di lingkungan.

Salah satu agen biologis tersebut adalah bakteri. Ada dua jenis: *Bacillus thuringiensis* dan *Bacillus sphaericus* (sekarang menjadi *Lysinibacillus sphaericus*). Kedua jenis bakteri ini memiliki berbagai protein toksin yang jika tertelan oleh larva nyamuk akan membunuh larva nyamuk (Palma *et al*., 2014; Silva-Filha *et al*., 2021). Pendekatan ini juga melibatkan pembersihan lingkungan, penggunaan pestisida kimia dan biologis, dan pendidikan Masyarakat untuk memberikan hasil yang lebih baik (Fouet & Kamdem, 2019; VDCI Pengelolaan Nyamuk, 2024). Salah satu habitat potensial yang belum pernah dieksplorasi untuk mendapatkan bakteri entomopatogenik di Indonesia adalah rizosfer bambu. Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa banyak mikroba potensial dapat diperoleh dari rizosfer bambu.

Rizosfer bambu banyak dihuni oleh PGPB (*Plant Growth-Promoting Bacteria*) atau bakteri yang membantu pertumbuhan tanaman. Sistem perakaran bambu yang luas, umur tanaman yang panjang, dan banyaknya serasah menghasilkan lingkungan yang kaya bahan organik dan nutrisi. Kondisi ini mendukung pertumbuhan berbagai mikroorganisme. Beberapa mikroba menghasilkan metabolit sekunder, seperti antibiotik dan senyawa antijamur, untuk bersaing dengan mikroorganisme lain. Selain PGPB dan bakteri penghasil antibiotik, rizosfer bambu juga berpotensi menjadi habitat bagi bakteri entomopatogen karena memiliki bahan organik dan kelembapan yang cukup serta mendukung interaksi antara akar, mikroorganisme, dan serangga tanah beserta larvanya. (Alramadan dan Mamay, 2019; Permata dan Purnawati, 2024; Zhao *et al*., 2023).

Oleh karena itu, riset ini diharapkan dapat membuka potensi penemuan bakteri entomopatogenik, terutama yang mampu membunuh nyamuk (memiliki toksisitas yang tinggi terhadap nyamuk). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengisolasi bakteri entomopatogenik dari rizosfer bambu yang dapat membunuh larva *Ae. aegypti* di lingkungan laboratorium.

Bahan dan Metode

Pengumpulan Tanah di Sekitar Tanaman Bambu (Tanah Rizosfer)

Tanah dikumpulkan di beberapa lokasi rumpun bambu yang telah ditentukan di sekitar kota Mataram. Dengan menggunakan sendok steril, 250 gram tanah dikumpulkan dari sekitar rizosfer bambu (rizosfer) hingga kedalaman 5-10 cm dari permukaan. Tanah tersebut kemudian ditempatkan dalam wadah steril dan ditutup rapat. Sampel tanah kemudian diangkut ke laboratorium untuk diproses atau disimpan di tempat teduh yang terhindar dari sinar matahari langsung (El-Ghiet *et al.,* 2023).

Isolasi Bakteri Entomopatogen Potensial

Sepuluh gram tanah yang telah dikumpulkan sebelumnya ditimbang dan ditambahkan ke 100 mL air suling steril (membentuk konsentrasi akhir 10% b/v). Campuran tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 80°C selama 30 menit. Campuran tersebut kemudian diencerkan secara serial, dari konsentrasi 10^{-1} hingga 10^{-5}. Setiap pengenceran disebarkan ke media NA (Nutrient Agar) padat dan diinkubasi secara aerobik pada suhu 30-33°C selama 3x24 jam. Koloni yang tumbuh kemudian dimurnikan untuk pengujian dan pengawetan lebih lanjut (Hassan *et al*., 2021).

Karakterisasi Awal Bakteri Entomopatogenik Potensial

Karakterisasi awal dilakukan dengan mengamati morfologi sel bakteri yang tumbuh setelah 24 jam inkubasi. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 3x24 jam untuk melihat perubahan yang terjadi pada morfologi sel. Karakterisasi sel dilakukan menggunakan pewarnaan Gram dan endospora. Pewarnaan Gram dilakukan untuk mengamati bentuk sel dan reaksi terhadap reagen pewarnaan Gram, sedangkan pewarnaan endospora dilakukan untuk menilai bentuk dan posisi endospora pada bakteri yang diisolasi (Prescott & Harley, 2020).

Keberadaan *B. thuringiensis* ditandai dengan keberadaan sel batang Gram positif yang tersusun secara berantai dengan adanya endospore yang berbentuk oval di bagian tengah sel (endospore sentral). *B. sphaericus* ditandai oleh sel berbentuk batang ramping bersifat Gram positif yang tersusun secara invidual, dengan

endospora yang memiliki sporangia yang membesar di ujung sel (Vanlalhruaia *et al.*, 2011).

Uji Biokimia Entomopatogenik Potensial

Setelah mendapatkan koloni yang diinginkan, koloni dimurnikan ke dalam media padat Nutrient Agar yang baru. *B. thuringiensis* dimurnikan dan diinokulasikan pada media Nutrient Agar dengan penambahan Amoksisilin, sedangan *B. sphaericus* diinokulasikan pada Nutrient Agar yang mengandung Streptomisin untuk menghindari kontaminasi yang tidak diinginkan. Setelah biakan murni tumbuh, pengujian biakan dilakukan terhadap penggunaan karbohidrat, hidrolisis pati, reaksi terhadap urease, katalase, oksidase, dan MRVP (Methyl Red & Voges Proskauer). Hasil pengamatan koloni dan sel, pengujian biokimia digunakan untuk mengidentifikasi bakteri yang didapatkan.

Pembiakan Larva Nyamuk *Ae. aegypti*

Pembiakan larva nyamuk *Ae. aegypti* dilakukan menggunakan teknik standar. Telur nyamuk *Ae. aegypti* yang menempel pada kertas saring direndam dalam air sumur dan dibiarkan dalam wadah tertutup pada suhu ruangan. Telur nyamuk menetas menjadi larva instar pertama dalam 24-48 jam (tergantung kualitas telur). Larva instar pertama ini dibesarkan dengan memberi makan makanan kucing/anjing yang dihancurkan (menjadi bubuk) dan disterilkan dengan pengeringan oven pada suhu 150°C selama 10-15 menit. Larva instar pertama berkembang menjadi larva instar kedua dan ketiga selama 5-6 hari. Ukuran akhir larva instar ketiga mencapai 5-6 mm. Setelah mencapai ukuran ini, larva dapat digunakan dalam pengujian toksisitas (Wohl & McMeniman, 2023).

Fermentasi Bakteri Entomopatogenik yang Diisolasi

Setiap isolat murni *Bacillus thuringiensis* dan *Bacillus sphaericus* kemudian difermentasi dalam media cair selama 3x24 jam pada suhu 30-33°C dengan pengadukan 150-200 rpm. Setelah mencapai 3 x 24 jam, kultur dengan pengenceran 10^{-1} digunakan dalam pengujian toksisitas selektif (Dulmage *et al.,* 1990).

Uji Toksisitas Bakteri Entomopatogenik Potensial

Setiap koloni yang tumbuh dimurnikan pada cawan Petri baru yang berisi *Nutrient Agar*. Sebanyak 500 mL media cair *Nutrient Broth* disiapkan. Satu *loop* penuh kultur murni isolat koloni *B. thuringiensis* dan *B. sphaericus* kemudian diinokulasikan ke dalam media cair yang telah disiapkan. Kultur ini kemudian diinkubasi pada suhu 30-33°C secara aerobik dengan pengocokan 150-200 rpm selama 3x24 jam. Sebuah wadah uji yang diisi dengan 180 mL air suling disiapkan, dan 20 larva *Ae. aegypti* instar ketiga ditempatkan di dalamnya. Sebanyak 20 mL kultur cair ditambahkan ke wadah uji (membentuk 10% dari konsentrasi kultur akhir), dan mortalitas larva diamati setelah 24 jam. Kultur yang menghasilkan mortalitas larva 50% atau lebih dikategorikan sebagai toksik (Dulmage *et al.,* 1990).

Mortalitas larva dihiting dengan menggunakan persamaan 1 (Abbott, 1925).

$$Angka\ Mortalitas\ (\%) = \frac{Jumlah\ larva\ yang\ mati}{Jumlah\ total\ larva}\ x\ 100\% \qquad \textbf{(1)}$$

Biakan bakteri yang menyebabkan kematian larva lebih besar atau sama dengan 50% dikategaorikan sebagai biakan yang toksik (Dulmage *et al.,* 1990)

Pengawetan Bakteri

Bakteri entomopatogenik terpilih yang menunjukkan aktivitas penekan larva tingkat menengah hingga tinggi kemudian diawetkan pada agar miring (berisi *Nutrient Agar* dengan penambahan antibiotik yang sesuai) untuk pengujian/penelitian lebih lanjut.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Lokasi pengambilan contoh tanah dan isolasi bakteri entomopatogenik dilakukan di beberapa lokasi yang disajikan pada **Tabel 1**.

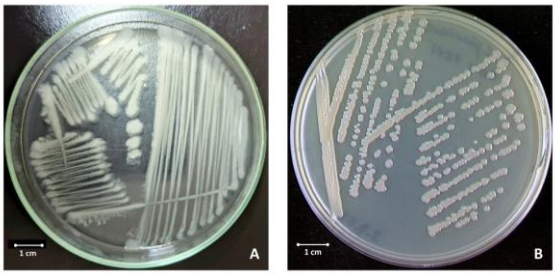
Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel tanah di beberapa rumpun bambu di Mataram

No	Lingkungan	Karakteristik Tanah	Lokasi dan Koordinat
1	Rumpun bambu	Tanah keras dan berbatu, tidak ditumbuhi rumput.	Jl. Ireng jaya no.6, jati sela dan koordinat -8.552951°LS, 116.07689°BT
2	Rumpun bambu	Tanah gembur, ditumbuhi rumput	Jl. Mirah Cemp. No.9, Selagalas dan koordinat -8.584963°LS, 116.145117°BT
3	Rumpun bambu	Tanah berbutir halus dan padat, ditumbuhi rumput.	Jl. Rajawali No.18, Cakranegara Barat dan koordinat -8.584694°LS, 116.127131°BT
4	Rumpun bambu	Tanah gembur, ditumbuhi rumput	Jl. Terusan Bung Hatta No.99xx, Karang Baru dan koordinat -8.575417°LS, 116.101985°BT
5	Rumpun bambu	Tanah gembur, tidak ditumbuhi rumput	Jl.udayana, Dasan Agung dan koordinat -8.575417°LS, 116.101985°BT
6	Rumpun bambu	Tanah gembur dan ditumbuhi rumput	Jl.Saleh Sungkar No.99, Meninting dan koordinat -8.554416°LS, 116.073618°BT

Morfologi koloni dari *B. thuringiensis* maupun *B. sphaericus* yang berhasil diisolasi dari beberapa lokasi di atas disajikan dalam **Tabel 2**.

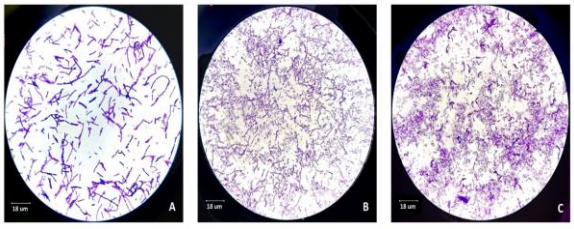
Tabel 2. Koloni morfologi dari bakteri entomopatogenik yang berhasil diisolasi

Karakteristik	*B. thuringiensis*	*B. sphaericus*
Karakteristik Koloni		
Bentuk	Tidak beraturan	Lingkaran
Permukaan	Kasar, granular	Halus
Tepian	Berobak	Rata
Ketembus-pandanngan	Buram	Tembus pandang
Warna	Putih kecoklatan	Putih kecoklatan
Karakteristik Sel		
Bentuk	Batang	Batang
Ukuran	1,1-1,2 x 3,0-5,0 um	0,6-1,0 x 1,5-5,0 um
Berantai/tidak berantai	Berantai	Tidak Berantai
Pewarnaan Gram	Positif	Positif
Karakteristik Endospora		
Bentuk	Oval	Bulat
Posisi	Subterminal	Terminal
Endoporangia membesar	Negatif	Positif



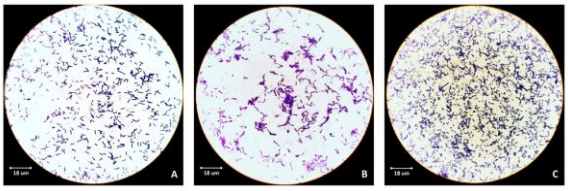
Gambar 1. Foto koloni dari *B. thuringiensis* (A) dan *B. sphaericus* (B) yang berjasil diisolasi dari tanah rizosfer bambu di Kota Mataram

Foto sel *B. thuringiensis* dari kultur 24, 48 dan 72 jam dari rizosfer bambu disajikan pada **Gambar 2** sebagai berikut.



Gambar 2. Foto morfologi sel dan endospora *B. thuringiensis* yang diisolasi dari tanah rozosfer bambu di Kota Mataram. Keterangan: A) 24 jam, B) 48 jam dan C) 72 jam inkubasi

Foto sel *B. sphaericus* dari kultur 24, 48 dan 72 jam disajikan pada **Gambar 3** sebagai berikut.



Gambar 3. Foto morfologi sel dan endospora *B. sphaericus* yang diisolasi dari tanah rozosfer bambu di Kota Mataram. Keterangan: A) 24 jam, B) 48 jam dan C) 72 jam inkubasi

Dari semua isolat *B. thuringiensis* dan *B. sphaericus* yang telah diisolasi dari semua lokasi rumpun bambu, karakter biokimia yang diperoleh disajikan pada **Tabel 3** sebagai berikut.

Tabel 3. Karakter biokimia dari *B. thuringiensis* dan *B. sphaericus* yang diisolasi dari tanah rizosfer bambu di Kota Mataram

Karakter Biokimia	*B. thuringiensis*	*B. sphaericus*
Carbohydrate Utilization	Positif	Negatif
Starch Hydrolysis	Positif	Negatif
Urease	Negatif	Variabel
Oxidase	Negatif	Positif
Catalase	Positif	Positif
Methyl Red	Positif	Negatif
Voges Proskauer	Positif	Negatif

Kegiatan isolasi dan karakterisasi bakteri kemudian dilanjutkan dengan pengujian toksisitas terhadap larva *A. aegypti* instar III dengan hasil yang disajikan pada **Tabel 4** sebagai berikut.

Tabel 4. Toksisitas isolat *B. thuringiensis* dan *B. sphaericus* terhadap larva *Ae. aegypti* instar III di laboratorium

Lokasi	Toksisitas *B. thuringiensis* (%)	Toksisitas *B. sphaericus* (%)
Jati Sela	0	0
Selagalas	0	0
Cakra Negara Barat	60%	0
Karang baru	0	10%
Dasan Agung	30%	30%
Meninting	0	60%

Hasil pengujian toksisitas bakteri terhadap larva *A. aegypti*, tidak semua bakteri entomopatogenik yang diisolasi di rizosfer bambu menunjukkan tingkat toksisitas yang sama. Hanya dua lokasi di rumpun bambu yang menunjukkan *B. thuringiensis* dengan toksisitas 30% dan 60%, sedangkan empat lokasi lainnya tidak menunjukkan toksisitas terhadap larva *Ae. aegypti.* Demikian pula, hanya tiga lokasi yang menunjukkan toksisitas *B. sphaericus* (10%, 30%, dan 60%). Tiga lokasi lainnya menghasilkan isolat *B. sphaericus* yang tidak toksik. Nilai toksisitas berkisar antara 10% hingga 60% dapat dikategorikan sebagai rendah hingga sedang (Dulmage et al., 1990).

Pembahasan

Perbedaan tingkat toksisitas isolat bakteri entomopatogenik dipengaruhi oleh karakteristik habitat asalnya, termasuk sifat fisik dan kimia tanah. Setiap jenis tanah memiliki karakteristik yang berbeda, seperti pH, kandungan bahan organik, tekstur, kapasitas penahan air, salinitas, kandungan mineral, dan aerasi, yang berperan dalam menentukan komposisi dan keanekaragaman komunitas bakteri yang dapat bertahan hidup dan berkembang. Tanah yang kaya akan bahan organik umumnya memiliki keanekaragaman mikroba yang lebih tinggi daripada tanah yang miskin nutrisi, sehingga meningkatkan kemungkinan menemukan isolat yang membawa gen toksin atau menghasilkan metabolit bioaktif (Delgado-Baquerizo et al., 2018; Bay et al., 2020).

Rendahnya toksisitas isolat lapangan *B. thuringiensis* dan *B. sphaericus* merupakan hal yang umum dijumpai dan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor genetik, fisiologis, dan lingkungan. Tidak semua isolat alami memiliki gen toksin yang lengkap atau mampu mengekspresikan toksin pada tingkat tinggi. Pada *B. thuringiensis*, aktivitas insektisida sangat bergantung pada keberadaan dan ekspresi gen *cry* dan *cyt*, yang sebagian besar terletak pada plasmid.

Hilangnya plasmid selama subkultur berulang atau penyimpanan kultur dapat menyebabkan berkurangnya produksi protein kristal insektisida, sehingga menurunkan aktivitas larvasida. Demikian pula pada *B. sphaericus*, toksisitas sangat ditentukan oleh adanya racun biner BinA dan BinB, serta racun nyamuk (Mtx1, Mtx2, dan Mtx3). Isolat yang

kekurangan salah satu komponen toksin ini atau hanya memiliki sebagian gen toksin umumnya menunjukkan aktivitas larvasida yang lebih rendah dibandingkan strain referensi. Selain faktor genetik, kondisi pertumbuhan seperti komposisi media, sumber nutrisi, pH, suhu, aerasi, dan keberhasilan proses sporulasi juga sangat mempengaruhi sintesis protein toksin (Crickmore et al., 2021; Singh et al., 2024).

Habitat dengan populasi serangga yang tinggi, seperti sawah, rawa, dan daerah tergenang air, diperkirakan memberikan tekanan seleksi yang menguntungkan bagi bakteri entomopatogenik, termasuk *B. thuringiensis* dan *B. sphaericus*, karena kemampuan bakteri ini untuk menghasilkan toksin dapat meningkatkan kemampuan bakteri untuk menginfeksi serangga. Lebih lanjut, karakteristik tanah memengaruhi ketersediaan nutrisi, seperti nitrogen, fosfat, dan mikronutrien, yang memainkan peran penting dalam metabolisme bakteri, pembentukan endospora, dan sintesis protein toksin. (Soberón et al., 2021; Palma et al., 2014).

Rizosfer bambu memiliki hubungan yang erat dan penting dengan keberadaan bakteri entomopatogenik, meskipun hubungan ini tidak selalu langsung dan spesifik. Hubungan ini lebih bersifat ekologis, di mana lingkungan di sekitar rizosfer bambu menyediakan habitat ideal bagi berbagai mikroorganisme, termasuk bakteri yang patogen bagi serangga (Darma & Purnamasari, 2016; Yuan et al, 2021; Zhao et al., 2023).

Tanah rizosfer bambu merupakan lingkungan yang sangat kaya bagi mikroorganisme. Rizosfer bambu menyediakan mikrohabitat unik yang mendukung pembentukan dan keberlangsungan beragam komunitas mikroba melalui pengaruh gabungan dari bahan organik yang melimpah, kondisi mikroklimat yang menguntungkan, dan masukan nutrisi yang berkelanjutan. Daun bambu yang gugur menumpuk di sekitar pangkal rizosfer bambu, membentuk lapisan serasah tebal yang kaya akan bahan organik, selulosa, dan silika. Saat serasah ini mengalami dekomposisi mikroba, dan memperkaya tanah dengan nutrisi dan menciptakan lingkungan yang subur dan aktif secara biologis yang mendorong pertumbuhan mikroba (Wang et al., 2025).

Kanopi bambu yang lebat membuat iklim mikro tanah dengan menjaga kelembapan dan suhu yang relatif stabil dibandingkan dengan habitat yang lebih terbuka, sehingga memberikan kondisi optimal untuk kelangsungan hidup dan aktivitas bakteri, jamur, dan mikroorganisme tanah lainnya (Liang, 2024). Selain itu, sistem akar bambu yang luas terus menerus melepaskan eksudat akar, termasuk berbagai senyawa organik yang berfungsi sebagai sumber karbon dan energi bagi mikroorganisme rizosfer, yang selanjutnya meningkatkan keanekaragaman dan kelimpahan mikroba (Permata et al., 2024; Susanti et al., 2015).

Tanah dengan kelembaban stabil seperti pada rizofer bambu diketahui memiliki kandungan bahan organik tinggi dan cenderung mempertahankan populasi bakteri dalam jangka waktu yang lebih lama. Tanah kering, lebih bersifat asam, atau miskin nutrisi hanya memungkinkan kelangsungan hidup populasi mikroba yang telah beradaptasi dengan kondisi tersebut (Fierer, 2014). Walau demikian, hubungan antara jenis tanah dan toksisitas bakteri tidak memiliki pengaruh langsung. karena tingkat toksisitas juga sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti: genetik, jenis dan jumlah gen toksin (*cry*, *cyt*, *bin*, atau *mtx*), regulasi ekspresi gen, dan kemampuan sporulasi setiap isolat. Oleh karena itu, walapun jenis tanah diperkirakan memainkan peran ekologis yang besar, yang kemungkinan menemukan isolat dengan potensi toksisitas tertentu, tapi tidak secara langsung dapat menentukan tingkat toksisitas bakteri (Adang et al., 2014; Aswathi et al., 2024).

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa tanah di rizosfer bambu merupakan sumber potensial untuk isolasi bakteri dan jamur entomopatogenik. Rizosfer bambu menyediakan habitat yang stabil dan kaya organik yang mendukung kelangsungan hidup dan persistensi beragam bakteri penghuni tanah, termasuk *B. thuringiensis*, *B. sphaericus*, dan *Serratia marcescens*. Lingkungan mikro ini diperkaya dengan eksudat akar, bahan organik, dan beragam komunitas mikroba yang menyediakan nutrisi penting dan kondisi fisikokimia yang menguntungkan, memungkinkan bakteri-bakteri ini untuk tumbuh, berkembang biak, dan berinteraksi dengan mikroorganisme lain (Belousova et al., 2021; Dou et al., 2023).

Di antara bakteri-bakteri tersebut, *B. thuringensis* dan *B. sphaericus* adalah bakteri entomopatogenik yang terkenal yang menempati

ceruk ekologi yang serupa tetapi berbeda secara mencolok dalam spektrum insektisidanya. *B. sphaericus* menunjukkan spesifisitas tinggi terhadap larva nyamuk, khususnya dari genus *Culex*, *Anopheles*, dan *Aedes*, sedangkan *B. thuringensis* mencakup banyak subspesies yang menghasilkan protein kristal insektisida yang berbeda (toksin Cry dan Cyt) yang efektif terhadap berbagai ordo serangga, termasuk Lepidoptera, Diptera, dan Coleoptera (Rojas-Pinzón & Dussán, 2017; Silva-Filha, Romão, Rezende, Carvalho, Menezes, et al., 2021).

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa *B. thuringensis* dan *B. sphaericus* yang diisolasi dari beberapa rizosfer bambu di Mataram memiliki potensi sebagai agen larvasida terhadap larva *Ae. aegypti* di laboratorium. Perbedaan tingkat toksisitas antar isolat kemungkinan disebabkan oleh pengaruh habitat terhadap karakteristik biologis bakteri.

Ucapan Terima Kasih

Kami berterima kasih yang sebesar-besarnya kepada Fakultas MIPA dan Lembaga penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Mataram, yang telah sepenuhnya mendukung penelitian ini sepenuhnya di bawah Kontrak Penelitian No. 2646/UN18.L1/PP/2025. Kami juga berterima kasih pada Direktur RSUP Nusa Tenggara Barat yang telah mengijinkan penggunaan fasilitas riset di Laboratorium Mikrobiologi dalam penelitian ini.

Referensi

Abbott, W. S. (1925). A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology*, *18*(2), 265–267. https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a

Adang, M. J., Crickmore, N., & Jurat-Fuentes, J. L. (2014). Diversity of Bacillus thuringiensis Crystal Toxins and Mechanism of Action. In *Advances in Insect Physiology* (Vol. 47, pp. 39–87). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800197-4.00002-6

Alramadan, Y. & Mamay, M. (2019). *The Importance of Entomopathogenic Fungi in The Control of Agricultural Pests and Promising Fungal Entomopathogens in The Field Application*. 1st International Gobleklitepe Internasional Congress.

Aswathi, N., Balakrishnan, N., Srinivasan, T., Kokiladevi, E., & Raghu, R. (2024). *Diversity of Bt toxins and their utility in pest management*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control,* 34, 40. https://doi.org/10.1186/s41938-024-00803-6

Bay, S. K., McGeoch, M. A., Gillor, O., Wieler, N., Palmer, D. J., Baker, D. J., Chown, S. L., & Greening, C. (2020). Soil bacterial communities exhibit strong biogeographic patterns at fine taxonomic resolution. *mSystems,* *5*(4), e00540-20. https://doi.org/10.1128/mSystems.00540-20

Belousova, M. E., Malovichko, Y. V., Shikov, A. E., Nizhnikov, A. A., & Antonets, K. S. (2021). Dissecting the Environmental Consequences of Bacillus thuringiensis Application for Natural Ecosystems. *Toxins*, *13*(5), 355. https://doi.org/10.3390/toxins13050355

Carson, J., Erriah, B., Herodotou, S., Shtukenberg, A. G., Smith, L., Ryazanskaya, S., Ward, M. D., Kahr, B., & Lees, R. S. (2023). Overcoming insecticide resistance in Anopheles mosquitoes by using faster-acting solid forms of deltamethrin. *Malaria Journal*, *22*(1), 129. https://doi.org/10.1186/s12936-023-04554-x

Crickmore, N., Berry, C., Panneerselvam, S., Mishra, R., Connor, T. R., & Bonning, B. C. (2021). A structure-based nomenclature for Bacillus thuringiensis and other bacteria-derived pesticidal proteins. Journal of Invertebrate Pathology, 186, 107438. https://doi.org/10.1016/j.jip.2020.107438

Darma, R., & Purnamasari, M. (2016). A Strong Antifungal-producing Bacteria from Bamboo Powder for Biocontrol of Sclerotium rolfsii in Melon (Cucumis melo var. Amanta). *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, *07*(02). https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000334

Delgado-Baquerizo, M., Oliverio, A. M., & Brewer, T. E. (2018). A global atlas of the dominant bacteria found in soil. *Science*, *359*(6373), 310–325. https://doi.org/https://doi.org/10.1126/science.aap9516

Dinas Kesehatan NTB. (2024). *Kenali Demam Berdarah Dengue (DBD)—DINAS KESEHATAN PROVINSI NTB*. https://dinkes.ntbprov.go.id/berita/kenali-demam-berdarah-dengue-dbd/

Dou, P., Cheng, Q., Liang, N., Bao, C., Zhang, Z., Chen, L., & Yang, H. (2023). Rhizosphere Microbe Affects Soil Available Nitrogen and Its Implication for the Ecological Adaptability and Rapid Growth of Dendrocalamus sinicus, the Strongest Bamboo in the World. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(19), 14665. https://doi.org/10.3390/ijms241914665

Dulmage, T., Yousten, A. A., Singer, S., & Lacey, L. A. (1990). *Guidelines for Production of Bacillus thuringiensis H-14 and Bacillus sphaericus*. UNDP WHO Special Programme for Research and training in Tropical Diseases. https://iris.who.int/items/40e1a752-9080-41ea-9c53-74e75e8ac9da

El-Ghiet, U., Moustofa, S., Ayashi, M., El-Sakhawy, M., Ateya, A., & Waggiallah, H. (2023). Characterization of Bacillus thuringiensis isolated from soils in the Jazan region of Saudi Arabia, and their efficacy against Spodoptera littoralis and Aedes aegypti larvae. *Saudi Journal of Biological Science*, *30*(103721), 9. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103721

Fierer, N. (2014). Embracing the unknown: Disentangling the complexities of the soil microbiome. *Nature Reviews Microbiology*, *15*(10), 579–590. https://doi.org/https://doi.org/10.1038/nrmicro.2017.87

Fouet, C., & Kamdem, C. (2019). Integrated Mosquito Management: Is Precision Control a Luxury or Necessity? *Trends in Parasitology*, *35*(1), 1–17. https://doi.org/10.1016/j.pt.2018.10.004

Harapan, H., Michie, A., Yohan, B., Shu, P. Y., Mudatsir, M., Sasmono, R. T., & Imrie, A. (2019). Dengue viruses circulating in Indonesia: A systematic review and phylogenetic analysis of data from five decades. *Reviews in Medical Virology, 29*(4), e2037. https://doi.org/10.1002/rmv.2037

Hassan, A., Youssef, M., Elashtokhy, M., Ismail, I., Aldayel, M., & Afkar, E. (2021). Isolation and identification of Bacillus thuringiensis strains native of the Eastern Province of Saudi Arabia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, *31*(1), 1–6. https://doi.org/10.1186/s41938-020-00352-8

Kemenkes. (2024). *Waspada Penyakit di Musim Hujan*. Kemenkes Hebat, Indonesia Sehat. https://kemkes.go.id/id/waspada-penyakit-di-musim-hujan#:~:text=Pada%20minggu%20ke-43%20tahun,ke-43%20mencapai%20624.194%20suspek.

Liang, K. W. (2024). The Role of Leaf Litter in Forest Soil Fertility and Microbial Diversity. *Molecular Soil Biology*. Molecular Soil Biology, 15(3): 99-108. https://doi.org/10.5376/msb.2024.15.0011

Permata, A. H. D., Purnawati, A., & Suharto. (2024). Eksplorasi isolasi dan identifikasi bakteri antagonis dari lapisan rizosfer tanaman bambu (Bambusoideae sp.). *Eksplorasi isolasi dan identifikasi bakteri antagonis dari lapisan rizosfer tanaman bambu (Bambusoideae sp.)*, *1*, 469–481. https://prosiding.umy.ac.id/semnas-datan/index.php/dt/article/download/44/44/103

Prescott, L., & Harley, J. (2020). *Laboratory Exercises in Microbiology* (5th ed.). McGraw Hill Companies. https://www.researchgate.net/profile/Alaa-Niamah/post/Hi-everyone-does-anyone-have-protocols-for-the-following-tests/attachment/59d61d9779197b80779782f7/AS%3A271748644179985%401441801334827/download/Laboratory+Exercises+in+Microbiology+5thEd.pdf

Richards, S. L., Byrd, B. D., Reiskind, M. H., & White, A. V. (2020). Assessing Insecticide Resistance in Adult Mosquitoes: Perspectives on Current Methods. *Environmental Health Insights*, *14*, 1178630220952790.

https://doi.org/10.1177/117863022095279 0

Soberón, M., Pardo-López, L., Muñóz-Garay, C., Gómez, I., & Gill, S. S. (2021). Bacterial Toxins Active against Mosquitoes: Mode of Action and Resistance. *Toxins, 13*(8), 566. https://doi.org/ 10.3390/toxins13080566

Yuan, Z. S., Liu, F., Liu, Z. Y., Huang, Q. L., Zhang, G. F., & Pan, H. (2021). Structural variability and differentiation of niches in the rhizosphere and endosphere bacterial microbiome of moso bamboo (*Phyllostachys edulis*). *Scientific Reports*, 11, 1574. https://doi.org/10.1038/s41598-021-80971-9