

Potensi Daya Mortalitas Bakteri Asal Tanah Perakaran Tanaman Durian Loji (*Durio* sp.) Kabupaten Karawang Terhadap Serangga Uji Larva *Tenebrio molitor*

Mortality Potential of Bacteria Isolated from the Rhizosphere Soil of Loji Durian Plants (*Durio* sp.) in Karawang Regency against the Insect Test Larvae *Tenebrio molitor*

Dewi Nur Atikah, Siti Latifatus Siriyah, Fauzia Mustikasari

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Singaperbangsa Karawang

Correspondence Email: sitilatifatuss@staff.unsika.ac.id

Abstrak

Penggunaan pestisida sintetik menjadi salah satu teknik pengendalian hama yang banyak dilakukan oleh para petani. Akan tetapi, penggunaan pestisida sintetik secara berlebihan akan berdampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Diperlukan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan, seperti penggunaan agens hayati bakteri entomopatogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi bakteri dari tanah perakaran tanaman durian Loji (*Durio* sp.) Kabupaten Karawang sebagai calon agens hayati. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada area perakaran tanaman durian, dan selanjutnya bakteri diisolasi serta diuji mortalitasnya dengan metode pencelupan pakan (*food dipping*) terhadap serangga uji larva *Tenebrio molitor*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal dengan 8 perlakuan dan 3 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa isolat bakteri lokal ID6, ID4, dan ID2 menyebabkan kematian pada larva uji *T. molitor* hasilnya berbeda nyata dibandingkan dengan isolat lainnya. Mortalitas tertinggi berada pada isolat ID6 sebesar 90% pada hari terakhir pengamatan (8 hsa) dengan nilai LT_{50} terendah sebesar 4,48 hari. Penelitian ini mengindikasikan bahwa isolat ID6, ID4, dan ID2 memiliki potensi sebagai calon agens pengendalian hayati sebagai alternatif pengendalian hama yang ramah lingkungan untuk mewujudkan pertanian yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Bakteri Entomopatogen, Agens Hayati, Mortalitas, *Tenebrio molitor*, Durian Loji, Karawang

Abstract

The use of synthetic pesticides in pest control strategies is still popular and widely practiced by farmers today. Unfortunately, excessive use of synthetic pesticides brings a lot of negative impact for the environment and human health. Therefore, another more environmentally friendly approaches are needed, such as the use of biological control agent such as entomopathogenic bacteria. This study aims to explore the potential of bacteria from the soil of durian Loji (*Durio* sp.) plantation in Karawang Regency as a candidate for biological control agent. Soil sampling was carried out in the root areas of durian plants, and bacteria were isolated and tested for mortality using the food dipping method on *Tenebrio molitor* larvae. This study used a single-factor Completely Randomized Design (CRD) with 8 treatments and 3 replications. This study showed that some local bacterial isolates such as ID6, ID4, and ID2 has a mortality effect to the *T. molitor* larvae, and the result was significantly different compare to other isolates. Isolate ID6 produced the highest average mortality of *Tenebrio molitor* at 90% on the last day of observation with the lowest LT_{50} value of 4.48 days. This research indicates that isolates ID6, ID4, and ID2 are potential as the candidates for biological control agents which are environmentally friendly to support sustainable agriculture practices.

Keywords: Entomopathogenic Bacteria, Biological Control Agent, Mortality, *Tenebrio molitor*, Durian Loji, Karawang

Article History:

Submitted: 11-07-2025, Revised: 21-08-2025, Accepted: 16-09-2026, Published 30-09-2026



PENDAHULUAN

Dalam penerapan budidaya pertanian, terdapat berbagai kendala yang menyebabkan terganggunya pertumbuhan tanaman dan penurunan produktivitas hasil pertanian. Hama dan penyakit menjadi salah satu kendala utama dalam budidaya pertanian yang dapat menurunkan produksi hingga 40% [1]. Pestisida sintetik masih menjadi salah satu teknik pengendalian yang banyak dilakukan oleh para petani [2]. Menurut [3], penggunaan pestisida sintetik dianggap lebih praktis, lebih mudah dalam pengaplikasian, memberikan reaksi yang cepat, lebih efisien pada lahan dengan skala luas, serta hasil panen dapat diperoleh dengan waktu yang singkat.

Penggunaan pestisida sintetik tidak terlepas dari dampak negatif yang akan ditimbulkan. Menurut [4], pestisida sintetik dapat membunuh hewan atau organisme non-target yang bermanfaat bagi tanaman, struktur tanah terganggu, resistensi hama, serta gangguan kesehatan bagi manusia. Pestisida sintetik memiliki efek karsinogenik dan menyebabkan beberapa penyakit di antaranya penyakit kulit, pernapasan, neurologis, dan reproduksi [5]. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian alternatif yang ramah lingkungan untuk menuju pertanian berkelanjutan.

Pemanfaatan agens hayati sebagai pengendali OPT dapat menjadi alternatif pengendalian hama yang ramah lingkungan. Penggunaan agens hayati tidak

mengakibatkan terjadinya resistensi dan resurgensi terhadap hama sasaran, serta mengurangi residu pestisida sintetik [6]. Salah satu agens hayati yang berpotensi sebagai entomopatogen untuk dimanfaatkan dalam pengendalian hama adalah kelompok bakteri entomopatogen. Bakteri entomopatogen merupakan jenis bakteri yang digunakan sebagai agens pengendalian hayati untuk mengurangi populasi serangga hama karena dapat menginfeksi serangga melalui sistem pencernaan sehingga menyebabkan serangga sakit hingga mengalami kematian [7].

Proses kematian serangga akibat bakteri entomopatogen terjadi karena serangga memakan kristal protein bakteri. Kristal protein kemudian akan larut dalam sistem pencernaan serangga dibantu dengan enzim protease untuk pemecahan kristal, sehingga dalam tubuh serangga spora bakteri akan berkecambah dan mengakibatkan membran usus serangga menjadi rusak yang menyebabkan serangga mengalami kematian [8].

Eksplorasi bakteri entomopatogen dapat dilakukan dengan mengisolasi bakteri dari tanah sekitar perakaran tanaman karena memiliki konsentrasi mikroba yang tinggi. Menurut [9], peningkatan populasi bakteri terjadi pada daerah rizosfer karena kaya akan nutrisi yang bersumber dari eksudat tanaman. Menurut [10], tanah yang tidak terpapar pupuk sintetis secara berlebihan dan jarang dilakukan pengolahan cenderung memiliki

lebih banyak bakteri. Perakaran tanaman durian Loji diduga memiliki populasi bakteri karena tanaman durian masih dibudidayakan secara alami dan tidak banyak terpapar pupuk serta pestisida sintetik. Pengujian isolat bakteri dilakukan dengan mengamati mortalitas serangga uji larva *Tenebrio molitor*. Menurut [11], sistem imun tubuh *T. molitor* mendukung studi patogenesis berbagai bakteri gram positif dan negatif.

Eksplorasi bakteri pada perakaran tanaman durian Loji menjadi salah satu cara untuk mendapatkan isolat bakteri lokal yang memiliki daya patogen untuk dikembangkan sebagai calon agens pengendalian hayati yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pengendalian hama yang efektif dan lebih ramah lingkungan.

METODE

Penelitian dilaksanakan dalam dua tahapan. Koleksi atau pengambilan sampel tanah dilakukan di daerah Loji, Kabupaten Karawang, Jawa Barat dan tahap isolasi serta pengujian mortalitas bakteri dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Kampus 2 Fakultas Pertanian Universitas Singaperbangsa Karawang di Jalan Lingkar Tanjungpura, Desa Margasari, Kecamatan Majalaya, Kabupaten Karawang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai dengan bulan Mei 2025.

Metode penelitian menggunakan metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktor tunggal yang terdiri

dari 8 perlakuan dan 3 ulangan: KN (Kontrol NB); ID1 (Isolat durian 1), ID2 (Isolat durian 2); ID3 (Isolat durian 3); ID4 (Isolat durian 4); ID5 (Isolat durian 5); ID6 (Isolat durian 6); KP (Kontrol *B. thuringiensis*). Aplikasi pemberian bakteri dilakukan menggunakan metode celup (*food dipping*) yaitu mencelupkan pakan pada suspensi bakteri berumur 24 jam dengan kerapatan 10^8 CFU/mL, kemudian diletakkan pada kotak *thinwall* yang telah diinfestasikan 10 larva *Tenebrio molitor*.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini di antaranya yaitu sampel tanah durian Loji, larutan akuades steril, media *Nutrient Agar*, media *Nutrient Broth*, alkohol 70%, 90% dan 95%, NaCl, spiritus, kristal violet, iodin, safranin, larva *Tenebrio molitor*, aluminium foil, kasa, kapas, karet gelang, tisu, kertas label, *plastic wrap*, plastik anti panas, masker, sarung tangan, sawi organik sebagai inang larva uji.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah jas laboratorium, alat tulis, kamera ponsel, *thinwall*, pipet, ose, bunsen, botol selai, cawan petri, tabung reaksi, *micropipette*, mikroskop, batang L, gelas ukur, preparat, botol semprot, kamera gawai, saringan 60 mesh, *magnetic stirrer*, *erlenmeyer*, vortex, *Autoclave*, *Laminar Air Flow*.

Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan

menggunakan metode survei pada lokasi lahan pertanaman durian Loji. Sampel tanah diambil di daerah perakaran dengan kedalaman tidak lebih dari 30 cm. Sampel tanah diambil pada tiga titik perakaran tanaman durian dengan berat masing-masing sebanyak 1 kg yang kemudian dikompositkan.

Isolasi Bakteri dari Tanah

Isolasi bakteri menggunakan metode Ohba & Aizawa (1986) dalam [12]. Tanah sampel dari perakaran durian diambil sebanyak 1 gram, dimasukkan dalam tabung reaksi berisi 9 ml 0,85% larutan NaCl kemudian suspensi dikocok hingga homogen menggunakan vortex. Seri pengenceran suspensi dibuat dari pengenceran 10^{-1} sampai 10^{-5} . Dari pengenceran 10^{-3} – 10^{-5} masing-masing diambil 0,1 ml suspensi pengenceran dengan menggunakan *micropipette* kemudian dipindahkan pada cawan petri yang telah terisi oleh media NA yang dibuat dengan media NA instan merek Himedia dengan metode *spread plate* (cawan sebar). Selanjutnya cawan petri dibungkus dengan *plastic wrap* steril dan diletakkan dengan posisi terbalik. Cawan petri diinkubasi selama 2 x 24 jam pada suhu ruang untuk selanjutnya diidentifikasi.

Pembuatan Kultur Cair Isolat Bakteri

Isolat bakteri pada media NA diambil menggunakan jarum ose dan ditumbuhkan pada media NB merek Himedia yang sudah terisi pada *erlenmeyer* berukuran 250 ml dan setiap *erlenmeyer* diisi 1/3 larutan NB. Kultur

bakteri di *shaker* selama 24 jam dengan kecepatan 150 rpm. Kultur bakteri kemudian dilakukan pengenceran untuk mengetahui kerapatan bakteri. Dari pengenceran 10^{-4} - 10^{-5} masing-masing diambil 0,1 ml dengan *micropipette* kemudian dipindahkan pada cawan petri yang telah terisi oleh NA dengan metode *spread plate* (cawan sebar). Perhitungan kerapatan dilakukan dengan menghitung koloni yang tumbuh pada media NA dengan rumus [13].

$$\text{CFU/mL} = \frac{\text{Jumlah sel koloni bakteri}}{\text{Volume inokulum} \times \text{Faktor Pengenceran}}$$

Keterangan:

CFU/mL = Colony Forming Units per milliliter

Jumlah Koloni = jumlah koloni yang tumbuh pada media

Volume inokulum = volume bakteri yang ditanam ke media (0,1 ml)

Uji Mortalitas

Uji mortalitas bakteri dilakukan menggunakan metode *leaf dipping* atau pencelupan pakan pada suspensi bakteri. Daun sawi dipotong dengan ukuran 5 x 5 cm dicelupkan pada kultur bakteri berumur 24 jam kemudian dikeringanginkan. Pakan sawi yang telah diberi perlakuan diletakkan dalam wadah plastik (*thinwall*) yang telah diinfestasikan 10 larva *Tenebrio molitor* [14]. Sawi direndam pada media NB steril sebagai kontrol positif, dan dicelupkan pada kultur bakteri entomopatogen *B. thuringiensis* berumur 24 jam.

VARIABEL PENELITIAN

Mortalitas *T. molitor*

Mortalitas larva dilakukan selama 8 hari setelah aplikasi (HSA). Persentase mortalitas dianalisis menggunakan rumus berikut [15].

$$M = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

M = Persentase mortalitas

n = Jumlah serangga yang mati

N = Jumlah serangga yang diamati

Gejala Kematian

Pengamatan mortalitas larva *T. molitor* dibarengi dengan pengamatan gejala kematian yang dialami oleh larva uji. Pengamatan gejala kematian larva mencakup berbagai tanda yang mengindikasikan bahwa larva telah terserang patogen hingga mengalami kematian.

Lethal Time (LT₅₀)

Perhitungan nilai LT₅₀ merupakan waktu (jam) yang dibutuhkan untuk menyebabkan kematian sebanyak 50% dari serangga uji yang telah diinvestasi [16]. Perhitungan nilai LT₅₀ akan dilakukan dengan menggunakan analisis Probit program IBM SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mortalitas

Pengamatan mortalitas *T. molitor* dilakukan setiap hari selama 8 hari. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa

perlakuan pemberian pakan yang mengandung berbagai isolat bakteri lokal memberikan pengaruh nyata terhadap mortalitas larva *T. molitor*. Berdasarkan grafik mortalitas (Gambar 2), pada hari pertama hingga hari ke-4 setelah aplikasi, seluruh perlakuan isolat menunjukkan kenaikan mortalitas yang hampir seragam. Setelah hari ke-5 aplikasi, setiap perlakuan mengalami penambahan mortalitas yang signifikan dan mortalitas tertinggi berada pada perlakuan KP (Kontrol *B. thuringiensis*) sebesar 93,33% diikuti dengan isolat ID6 dengan hasil rata-rata mortalitas 90%, isolat ID4 dengan mortalitas 86,67%, dan ID2 dengan mortalitas sebesar 76,67%.

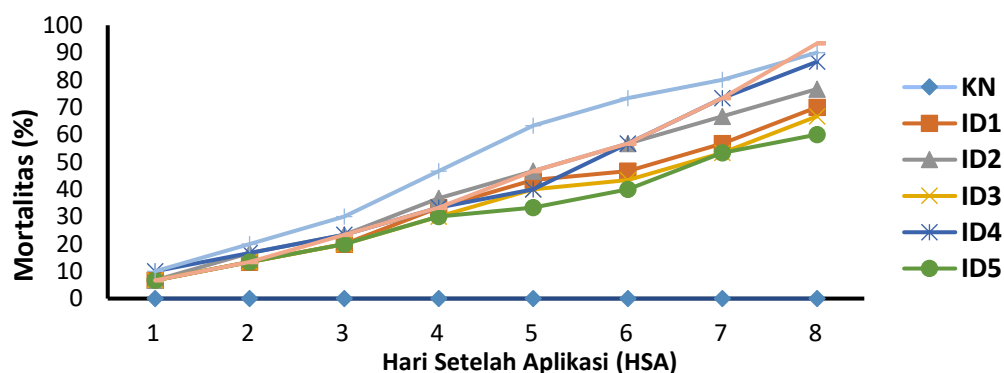
Secara umum, peningkatan mortalitas seiring waktu menunjukkan bahwa bakteri memerlukan waktu inkubasi di dalam tubuh larva sebelum efek letal muncul secara maksimal. Menurut [6], mekanisme kerja bakteri entomopatogen melalui infeksi bertahap yang mencakup penetrasi ke dalam tubuh inang, kolonisasi di hemolimfa, dan produksi senyawa toksik serta enzim yang digunakan untuk merusak jaringan tubuh serangga. Penelitian [17] menyatakan bahwa pertumbuhan bakteri terjadi dalam tiga fase yaitu fase lag, eksponensial, dan stasioner. Fase eksponensial bakteri entomopatogen terjadi pada hemocoel dan mengakibatkan septikemia (keracunan bakteri), menyebabkan larva mati dalam kurun waktu 2-5 hari setelah aplikasi.

Isolat durian 6 (ID6), isolat durian 4 (ID4), dan isolat durian 2 (ID2) menjadi perlakuan yang memiliki efektivitas dan rata-rata mortalitas tertinggi, sebanding dengan perlakuan kontrol *B. thuringiensis*. Isolat ID6 merupakan bakteri golongan Gram positif berbentuk kokus bergerombol, dan memiliki koloni berwarna kuning. ID4 memiliki ciri mikroskopik Gram negatif dan berbentuk batang atau basil serta memiliki koloni bakteri berwarna putih. ID2 memiliki ciri mikroskopik golongan Gram positif, berbentuk basil serta memiliki koloni berwarna putih dengan bentuk *filamentous* atau berbentuk seperti benang.

Bakteri entomopatogen dapat berasal dari golongan Gram positif dan Gram negatif. Contoh bakteri entomopatogen golongan Gram positif adalah bakteri jenis *Staphylococcus*. Menurut [18], bakteri *Staphylococcus* termasuk dalam kelompok Gram positif berbentuk bulat bergerombol seperti anggur dan memiliki koloni berwarna kuning berukuran kecil. Dalam penelitian [7], isolat bakteri *Staphylococcus sciuri* mampu

menyebabkan mortalitas sebesar 83% dari serangga uji. Bakteri entomopatogen golongan Gram negatif adalah *Pseudomonas*. Bakteri *Pseudomonas* merupakan golongan bakteri Gram negatif, aerob obligat, berbentuk batang, motil, dan tidak membentuk spora [19]. Bakteri *Pseudomonas* merupakan jenis bakteri entomopatogen yang mampu menyebabkan kematian pada serangga hama [19].

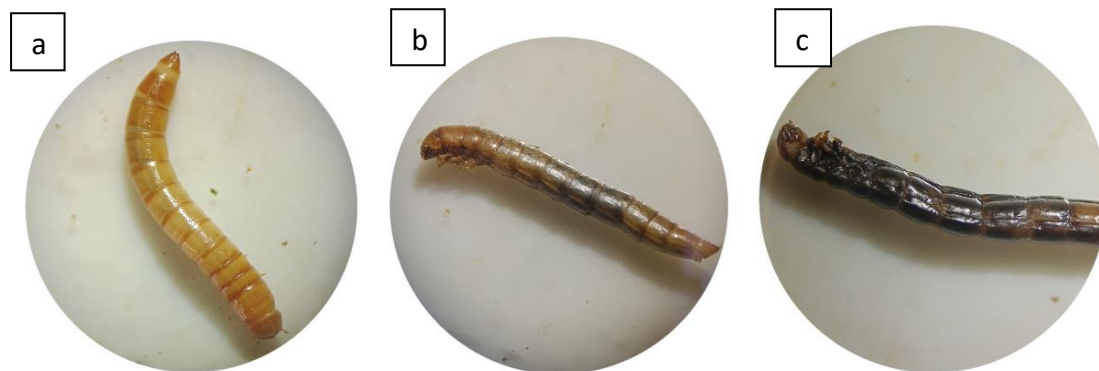
Kontrol positif *Bacillus thuringiensis* (KP) memberikan hasil persentase mortalitas tertinggi. *Bacillus thuringiensis* merupakan jenis bakteri entomopatogen yang telah umum digunakan sebagai alternatif pengendalian hama secara hayati [20]. *B. thuringiensis* menghasilkan kristal protein Cry yang bersifat toksin terhadap serangga. Protein Cry menempel pada membran peritropik, kemudian teraktivasi menjadi δ -endotoksin yang dapat mengikat reseptor pada saluran pencernaan sehingga menyebabkan kerusakan pada organ pencernaan dan menyebabkan kematian serangga [14].



Gambar 1. Grafik Persentase mortalitas larva *T. molitor* akibat pemberian pakan perlakuan

Penelitian [7] melaporkan bahwa pengujian isolat bakteri *Bacillus thuringiensis* terhadap larva *Spodoptera litura* mampu menyebabkan mortalitas lebih dari 60% bahkan dapat mencapai 90% kematian larva. Larva *Tenebrio molitor* merupakan serangga yang berasal dari ordo Coleoptera. Menurut [21], toksin yang dihasilkan oleh bakteri *B. thuringiensis* bersifat spesifik terhadap kelompok serangga ordo tertentu seperti Lepidoptera, Coleoptera, dan Diptera. Selain

itu, tipe alat mulut dari larva serangga Coleoptera dan Lepidoptera merupakan tipe mandibulata yaitu menggigit dan mengunyah makanan. Hal tersebut sesuai dengan cara kerja bakteri entomopatogen yang merupakan racun perut. Menurut penelitian [8], kematian serangga uji dipengaruhi oleh racun perut yang ditimbulkan bakteri entomopatogen sehingga mengganggu proses metabolisme.



Gambar 2. Gejala infeksi isolat bakteri terhadap larva *T. molitor* (a) larva *Tenebrio molitor* sehat, (b,c) larva *T. molitor* mati terinfeksi bakteri

Gejala Kematian

Kematian larva uji *Tenebrio molitor* juga diikuti oleh gejala kematian yang muncul akibat infeksi bakteri pada tubuh serangga. Berdasarkan (Gambar 3a), larva *T. molitor* yang sehat memiliki warna kuning sedikit kecoklatan, berbentuk silinder, mempunyai 13-15 segmen pada bagian tubuh, dan memiliki enam kaki di belakang kepala dan dua pelengkap kecil di ujung perut [22]. Pada (Gambar 3bc) merupakan gejala kematian yang dialami oleh larva yang disebabkan oleh

infeksi bakteri.

Gejala yang ditimbulkan saat larva *T. molitor* mulai terinfeksi bakteri adalah larva mulai bergerak melamban, kehilangan nafsu makan serta menjauhi pakan, tubuh melunak hingga mengalami kematian. Larva *T. molitor* yang mati kemudian berubah warna menjadi coklat kehitaman, tubuhnya lunak hingga sebagian larva hancur, mengeluarkan cairan berwarna kuning kecoklatan, mengeluarkan bau busuk, dan beberapa hari setelah kematian larva akan mulai mengecil dan

mengerut. Gejala kematian tersebut sesuai dengan pernyataan [23] bahwa larva yang terinfeksi bakteri akan bergerak menjauh dari pakan, kotoran larva berbentuk cair (diare), larva yang mati berubah warna menjadi kehitaman, larva mengerut, mengeluarkan cairan gelap dan berbau busuk.

Warna kehitaman yang timbul pada tubuh larva yang terinfeksi bakteri, menurut Steinhaus (1949) dalam [12] disebabkan karena bakteri menginfeksi larva hingga ke bagian *hemocoel* sehingga sel-sel darah menjadi keracunan. Penelitian Tanada dan Kaya (1993) dalam [24] menyatakan infeksi oleh bakteri entomopatogen dapat menyebabkan penurunan aktivitas makan pada larva. Laju konsumsi yang menurun sering disertai oleh perubahan perilaku larva.

Dalam penelitian [24] serangga uji kontrol menandakan ciri normal, aktif, serta reaktif jika terdapat gangguan. Sedangkan serangga uji dengan perlakuan cenderung lebih pasif dan kurang reaktif terhadap gangguan. Perubahan perilaku pada larva mengakibatkan larva menjadi gelisah, paralisis atau hilangnya kemampuan otot, serta melemah sehingga spora bakteri yang berada dalam saluran pencernaan membentuk lubang pada membran untuk menginfeksi larva menyebabkan keseimbangan ion dalam usus larva terganggu sehingga mengalami kematian [25].

Lethal Time (LT_{50})

Lethal Time (LT_{50}) adalah waktu yang

dibutuhkan untuk menyebabkan 50% kematian pada serangga uji setelah paparan atau infeksi. Isolat durian 6 (ID6) memiliki nilai LT_{50} paling rendah yaitu 4,48 hari dengan rentang waktu minimum 3,39 hari dan maksimum 5,21 hari. Dibandingkan dengan kontrol *B. thuringiensis* yang menghasilkan nilai LT_{50} sebesar 5,34 hari, hal tersebut mengindikasikan bahwa ID6 memiliki kemampuan infeksi yang tinggi, mampu menembus dan menginfeksi tubuh larva secara cepat dan menghasilkan efek letal dalam waktu singkat. Menurut [26], patogen yang memiliki LT_{50} kurang dari 5 hari dapat dikategorikan sebagai agen pengendalian hayati cepat kerja. Dalam penelitian [24], isolat bakteri yang diisolasi dari rizosfer tanaman memiliki nilai LT_{50} sebesar 4,71 hari menunjukkan tingginya tingkat virulensi atau patogenisitas.

Nilai LT_{50} tertinggi atau yang paling lama dalam menyebabkan kematian 50% serangga uji yaitu ID5 dengan waktu 7,31 hari. Nilai LT_{50} yang tinggi menandakan bahwa kemampuan infeksi isolat bakteri relatif lambat. Hal tersebut dapat disebabkan oleh kemampuan kolonisasi yang rendah, keterlambatan menghasilkan toksin, atau adanya resistensi fisiologis dari larva terhadap isolat bakteri. Menurut [27], tingginya nilai LT_{50} berkaitan dengan kemampuan terbatas isolat dalam menembus integument serangga atau mengatasi sistem imun inang, sehingga infeksi berlangsung lambat. Kerapatan inokulum juga

berpengaruh langsung terhadap kecepatan infeksi bakteri pada tubuh serangga. Menurut [28], konsentrasi bakteri yang rendah akan meningkatkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat infeksi letal, karena jumlah patogen tidak cukup untuk mengatasi mekanisme pertahanan serangga.

Dalam pemilihan bakteri calon agens hayati, nilai LT_{50} menjadi penentu karena dapat menentukan efektivitas pengendalian di lapangan. Menurut [27], aplikasi yang menghasilkan kematian dalam waktu singkat akan menekan populasi hama sebelum sempat merusak tanaman lebih luas. Oleh karena itu, ID6 berpotensi dikembangkan sebagai agens hayati karena memiliki kemampuan letal yang cepat dan konsisten.

KESIMPULAN

Isolat bakteri lokal asal perakaran tanaman durian yang telah diisolasi memiliki kemampuan mortalitas terhadap serangga uji larva *Tenebrio molitor* dan berpotensi sebagai calon agens pengendalian hayati.

Perlakuan isolat durian 6 (ID6), isolat durian 4 (ID4), dan isolat durian 2 (ID2) memberikan nilai rata-rata mortalitas tertinggi sebesar 90%, 86,67%, dan 76,67% berbeda nyata dengan perlakuan lainnya, namun tidak berbeda nyata dengan kontrol *B. thuringiensis* dengan hasil rata-rata mortalitas sebesar 93,33%. Hal tersebut menunjukkan ID6, ID4, dan ID2 menjadi perlakuan yang memiliki efektivitas sebanding dengan bakteri entomopatogen *B. thuringiensis*. Isolat durian

6 (ID6) memberikan nilai LT_{50} terendah sebesar 4,48 hari dan berpotensi dikembangkan sebagai agens hayati karena memiliki kemampuan letal yang cepat dan konsisten.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kharisudin and P. Irwandi. Perspektif Mahasiswa Bekerja di Bidang Pertanian sebagai Upaya Peningkatan Pembangunan SDM Indonesia. *Sigmagri*. 2022; 2(1): 35–48.
- [2] A. Arif. Pengaruh Bahan Kimia Terhadap Penggunaan Pestisida Lingkungan. *Jf Fik Uinam*. 2015; 3(4): 134–143.
- [3] M. S. Sharifzadeh, G. Abdollahzadeh, C. A. Damalas, and R. Rezaei. Farmers Criteria for Pesticide Selection and Use in the Pest Control Process. *J. Agric*. 2018 8(24): 1–16.
- [4] K. K. Hamdani and H. Susanto. Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Melalui Solarisasi Tanah. *J. Ilmu dan Teknologi Pertanian*. 2020; 4(2): 146–154.
- [5] S. Awalia, M. Khalidah, F. Nurul, S. Sutarni, and I. Mahayana. Prevalence of pesticide related occupational diseases among Indonesian vegetable farmers. *Toxicol. Reports*. 2023; 10(1): 571–579.
- [6] M. Yenny and R. R. Srimurni, *Agensia Pengendali Hayati*. 2022. [Online]. Available: www.jejakpublisher.com
- [7] B. W. Ni Putu Ratna Ayu Krishanti, A. Zulfitri, and D. Zulfiana. Bakteri Entomopatogen Sebagai Agen Biokontrol

- Terhadap Larva *Spodoptera Litura*. *J. Ilmu-Ilmu Hayati*, 2017; 16(1): 5–16.
- [8] M. S. Rini, R. Rahadian, M. Hadi, and D. Zulfiana. Uji Efikasi Beberapa Isolat Bakteri Entomopatogen Terhadap Kecoa (Orthoptera) *Periplaneta americana* (L.) Dan *Blatella germanica* (L.) Dalam Skala Laboratorium. *J. Biol. Trop.* 2018; (1)1: 1–7.
- [9] Cici Nuraini. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Rhizosfer Tanaman Jagung pada Fase Vegetatif dan Generatif. 2011; 191):24–30.
- [10] N. Ariani. Kelimpahan Bakteri Rizosfer Pada Pertanaman Polikultur Kopi Dan Pinus Dengan Penggunaan Herbisida Dan Tanpa Herbisida Di Hutan Pendidikan Ub Forest. 2018; 1(1): 1-10.
- [11] S. González-Acosta. Efficient Oral Priming of *Tenebrio molitor* Larvae Using Heat-Inactivated Microorganisms. *Vaccines*. 2022; 10(8): 1–11.
- [12] Christina and L. Salaki. Eksplorasi Bakteri Entomopatogenik Pengendali Hama *Plutella xylostella* Dan *Spodoptera Sp.* Pada tanaman Kubis Bunga dan Brokoli. *Eugenia*. 2011; 17(3): 209–219.
- [13] Z. L. Fadhila, A. Sabdaningsih, D. Ayuningrum, and O. E. Jati. Isolasi dan Kelimpahan Bakteri Sedimen Mangrove di Pantai Tirang, Kota Semarang. *J. Pasir Laut*. 2023; 7(2): 60–67.
- [14] I. Y. Vajri and H. Rahma. Potensi Rizobakteri dalam Mengendalikan Hama *Crociodolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae) Pada Tanaman Kubis. *AGRIUM*. 2021; 24(1): 67–76.
- [15] A. Afandhi, V. R. Pratiwi, M. S. Hadi, Y. Setiawan, and P. R. Dyah. Suitable Combination Between *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin and Four Plant Plant Leaf Extracts to Control *Spodoptera litura* (Fabricius). *AGRITIVA J.* 2020. 42(2); 341–349.
- [16] A. Hasyim, W. Setiawati, L. Lukman, and L. S. Marhaeni. Evaluasi Konsentrasi Lethal dan Waktu Lethal Insektisida Botani Terhadap Ulat Bawang (*Spodoptera exigua*) di Laboratorium. *J. Holtikultura*. 2019. 29(1); 69–80.
- [17] T. R. Glare, J.-L. Jurat-Fuentes, and M. O’Callaghan. Basic and Applied Research: Entomopathogenic Bacteria. *Academic Press*. 2017; 1(1): 47–67.
- [18] F. Abdilah and Kurniawan. Morphological Characteristics Of Air Bacteria In Mannitol Salt Agar Medium. *Borneo J. Med. Lab. Technol.* 2022; 3(2): 353–359.
- [19] A. F. Listyawati. Pola Pertumbuhan *Pseudomonas* sp. dengan Menggunakan Variasi konsentrasi D-glukosa dalam Media Pertumbuhan terhadap Waktu Inkubasi. *J. Ilm. Kedokt. Wijaya Kusuma*. 2015; 5(2): 29–32.
- [20] Y. Pujiastuti *et al.* Kajian *Bacillus thuringiensis* Diperbanyak Pada Media Padat Hasil Sampung Agroindustri Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes*

- rhinoceros* Di Rumah Bayang. 2023; (11)4: 651–660.
- [21] S. K. Dara. Entomopathogenic microorganisms: modes of action and role in IPM. *J. Entomol. Biol.* 2017; (1)1: 1–8.
- [22] L. Syahrulawal, M. O. Torske, R. Sapkota, G. Næss, and P. Khanal. Improving the nutritional values of yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae as an animal feed ingredient: a review. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 2023; 14(146): 1–18, 2023.
- [23] A. Arsi, Y. Pujiastuti, S. Herlinda, S. Suparman, and B. Gunawan. Efikasi Bakteri Entomopatogen *Bacillus thuringiensis* Barliner sebagai Agens Hayati *Spodoptera litura Fabricus* pada Lahan Pasang Surut dan Rawa Lebak. *Pros. Semin. Nas. Lahan Suboptimal.* 2019; 1(1): 978–979.
- [24] I. Y. Vajri. Efektivitas Beberapa Bakteri Rizosfer Penghasil Kristal Protein Dari Beberapa Jenis Tanaman Terhadap Hama *Spodoptera litura F.* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. SOMASI (Sosial Hum. Komunikasi).* 2022; 3(2): 47–62.
- [25] I. K. Celiandra, A. Rizali, dan M. I. Nugraha. Uji Toksisitas *Bacillus thuringiensis* terhadap Ulat Kubis (*Plutella xylostella*) pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*). *Agrotek View J. Tugas Akhir.* 2022; 5 (1): 7–15.
- [26] L. Lacey dan H. Kaya. *Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology: Application and Evaluation of Pathogens for Control of Insects and other Invertebrate Pests.* 2007; 1 (1): 1-10
- [27] S. Suhartono, Y. Yasmin, and N. Azizah. Biopotensi Bakteri Entomopatogen Isolat Lokal sebagai Pengendali Hayati Larva *Helicoverpa armigera* (Hübner). *J. Ilmu Pertan. Indones.* 2022; 27(2): 182–190.
- [28] J. Wongkar, D. Tarore, and J. Rimbing. Patogenesis *Metarhizium huainamdangense* Isolat Dumoga Timur Terhadap Wereng Batang Coklat (*Nilaparvata lugens*) Pada Tanaman Padi Sawah. *Jurnal Bios Logos.* 2022; (2)1: 25–30.