



## Patogenesitas blastospora dan konidia *Lecanicillium lecanii* Zare & Gams terhadap *Helopeltis bradyi* Waterhouse (Hemiptera: Miridae)

Pathogenicity of blastospores and conidia of *Lecanicillium lecanii*  
Zare & Gams on *Helopeltis bradyi* Waterhouse (Hemiptera: Miridae)

Ahmad Alwi Azhari<sup>\*</sup>, Ruly Anwar<sup>1</sup>, Dewi Sartiami<sup>1</sup>, Samsudin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University  
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

<sup>2</sup>Badan Riset dan Inovasi Nasional, Pusat Riset Hortikultura dan Perkebunan  
Jalan Raya Jakarta-Bogor, Cibinong, Kabupaten Bogor 16915, Indonesia

(diterima Oktober 2023, disetujui Juli 2024)

### ABSTRAK

*Helopeltis bradyi*, merupakan salah satu hama perkebunan teh yang menyebabkan kerusakan hingga penurunan hasil produksi tanaman. Cendawan *Lecanicillium lecanii* sebagai musuh alami merupakan pengendalian alternatif yang telah diteliti untuk menekan perkembangan dan populasi *H. bradyi*. Penelitian bertujuan mengetahui patogenesitas blastospora dan konidia terhadap mortalitas, serta dampaknya terhadap kemampuan makan dan reproduksi *H. bradyi*. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan sepuluh perlakuan dan lima ulangan, termasuk kontrol positif (insektisida deltametrin), kontrol negatif (akuades), serta konsentrasi blastospora ( $2,45 \times 10^6$  hingga  $2,45 \times 10^9$  blastospora/ml) dan konidia ( $2,78 \times 10^6$  hingga  $2,78 \times 10^9$  konidia/ml) *L. lecanii*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *L. lecanii* dengan konsentrasi  $2,78 \times 10^9$  konidia/ml menyebabkan kematian *H. bradyi* sebesar 86% dan rata-rata 223,89 tusukan pada 7 hari setelah aplikasi.  $LC_{50}$  dan  $LT_{50}$  konidia *L. lecanii* lebih rendah, yaitu  $6,62 \times 10^5$  konidia/ml dan 4,44 hari dibandingkan dengan blastospora, yaitu  $2,20 \times 10^7$  blastospora/ml dan 5,37 hari. Aplikasi *L. lecanii* dengan konsentrasi  $2,45 \times 10^9$  blastospora/ml menghasilkan jumlah telur terendah, yaitu 5,40 butir. Blastospora maupun konidia *L. lecanii* terbukti efektif dalam mengendalikan *H. bradyi*. Konidia memberikan hasil terbaik dalam mortalitas dan pengurangan aktivitas makan nimfa instar III, sementara blastospora juga efektif meskipun dengan hasil yang sedikit lebih rendah. Hasil penelitian ini menunjukkan *L. lecanii* dapat menjadi alternatif pengendalian hama yang ramah lingkungan dan berkelanjutan dibandingkan insektisida sintetik.

Kata kunci: kemampuan bertelur, kemampuan makan,  $LC_{50}$ ,  $LT_{50}$ , perkebunan teh

### ABSTRACT

*Helopeltis bradyi*, a pest in tea plantations, is the cause of damage that leads to reduced crop yields. The fungus *Lecanicillium lecanii*, used as a natural enemy, is an alternative control method studied to suppress the development and population of *H. bradyi*. This study aimed to determine the pathogenicity of blastospores and conidia on mortality rates and effects on the feeding and reproduction of *H. bradyi*. The research employed a completely randomized design with ten treatments and five replications, including positive controls (deltamethrin insecticide), negative controls (distilled water), and blastospore concentrations ( $2.45 \times 10^6$  to  $2.45 \times 10^9$  blastospores/ml) and conidia ( $2.78 \times 10^6$  to  $2.78 \times 10^9$  conidia/ml) of *L. lecanii*. The results showed that *L. lecanii*, with a concentration of  $2.78 \times 10^9$  conidia/ml, caused 86% death of *H. bradyi* and an average of

\*Penulis korespondensi: Ahmad Alwi Azhari. Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University  
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia, Email: [alwiiazhari@gmail.com](mailto:alwiiazhari@gmail.com)

223.89 punctures seven days after application. The  $LC_{50}$  and  $LT_{50}$  of *L. lecanii* conidia were lower, namely  $6.62 \times 10^5$  conidia/ml and 4.44 days, compared to blastospores,  $2.20 \times 10^7$  blastospores/ml and 5.37 days. Application of *L. lecanii* with a concentration of  $2.45 \times 10^9$  blastospores/ml produced the lowest number of eggs, 5.40. Both blastospores and conidia of *L. lecanii* were proven effective in controlling *H. bradyi*. Conidia gave the best mortality results and reduced feeding activity of instar III nymphs, while blastospores were also effective, although with slightly lower results. The results of this study indicate that *L. lecanii* can be an environmentally friendly and sustainable pest control alternative compared to synthetic insecticides.

**Key words:** feeding ability,  $LC_{50}$ ,  $LT_{50}$ , reproduction, tea plantations

## PENDAHULUAN

*Helopeltis bradyi* Waterhouse (Hemiptera: Miridae) merupakan salah satu hama utama pada tanaman teh (Sari et al. 2019), yang keberadaannya dapat menimbulkan kerugian yang signifikan terhadap hasil produksi (Asmara et al. 2021). Pada tanaman teh, *H. bradyi* menyebabkan deformasi pada pucuk tanaman dan mengganggu pertumbuhan sehingga dapat mengurangi produksi daun baru. Serangan pada daun menyebabkan munculnya bercak transparan yang berubah warna menjadi cokelat, kemudian berkembang menjadi nekrosis dengan gejala daun menguning, mengerut, dan mengering (Rahmah et al. 2023).

Dalam upaya mengatasi serangan hama tersebut, petani umumnya mengendalikan dengan menggunakan insektisida sintetik. Namun, penggunaan insektisida sintetik memiliki sejumlah keterbatasan, di antaranya adalah adanya residu pada hasil pertanian, terjadi resistensi hama, resurgensi hama, dan dampak negatif pada organisme non-target dan lingkungan (Horowitz et al. 2020; Wu et al. 2020; Rani et al. 2021). Dengan demikian, menemukan metode pengendalian alternatif yang efektif dan berkelanjutan perlu dilakukan. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah pemanfaatan patogen serangga, seperti *Lecanicillium lecanii*.

Cendawan *L. lecanii* telah terbukti efektif dalam mengendalikan *Riptortus linearis* (Fabricius) (Mulyati et al. 2023), dan *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) (Hanan et al. 2020). Infeksi cendawan pada serangga dimulai dengan adanya kontak antara blastospora atau konidia cendawan dengan integumen serangga, kemudian terbentuk tabung kecambah (Islam et al. 2021). Tabung kecambah akan membentuk *appressorium* yang digunakan sebagai organ infeksi penetrasi.

Setelah cendawan masuk ke dalam *haemocoel*, cendawan akan menyebar di hemolimfa dengan membentuk hifa skunder untuk menyerang jaringan lain (Lei et al. 2021). Akibatnya, serangga mengalami kelemahan karena kekurangan nutrisi. Toksin yang dihasilkan cendawan menyebabkan kerusakan pada organ tubuh serangga sehingga akhirnya menyebabkan kematian (Mora et al. 2017).

Infeksi cendawan entomopatogen tidak hanya menyebabkan kematian, tetapi dapat mengakibatkan perubahan perilaku serangga terhadap kemampuan makan untuk menyerap nutrisi dari tanaman (Maluta et al. 2022). Infeksi cendawan entomopatogen juga dapat mengurangi kemampuan serangga untuk bertelur. Hal ini memberikan pemahaman tentang dampak jangka panjang terhadap populasi hama (Ullah et al. 2019).

Cendawan *L. lecanii* memiliki dua bentuk reproduksi, yaitu blastospora dan konidia. Konidia merupakan bentuk reproduksi cendawan yang dihasilkan dari pembiakan pada substrat padat, sedangkan blastospora adalah sel vegetatif yang terbentuk dari badan hifa melalui proses penuasan yang mana sel baru terbentuk secara seksual dan pembiakan pada substrat cair (SantAnna et al. 2023). Blastospora memiliki kemampuan untuk berkembang biak dengan cepat, mampu bertahan, dan tetap infeksi dengan kondisi lingkungan hidrofilik, namun kemampuan patogenitasnya menurun pada saat kondisi lingkungan tidak menguntungkan, seperti suhu ekstrim dan radiasi UV (Alkhaibari et al. 2016). Konidia memiliki kemampuan persistensi dan lebih toleran di lingkungan hidrofobik, namun perkembangbiakan membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan dengan blastospora (Zhang et al. 2023).

Penelitian sebelumnya telah mengungkapkan bahwa terdapat perbedaan dalam kemampuan

blastospora dan konidia. Penggunaan konidia terbukti lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan blastospora. Menurut penelitian Khoiroh et al. (2014), penggunaan *L. lecanii* dengan konsentrasi  $10^{10}$  konidia/ml dapat menyebabkan mortalitas pada wereng cokelat, *Nilaparvata lugens* Stal (Hemiptera: Delphacidae) mencapai 78,33% pada 10 hari setelah aplikasi. Namun, penelitian lain menyatakan bahwa penggunaan blastospora lebih baik dibandingkan dengan penggunaan konidia (de Paula et al. 2021). Keerio et al. (2020) menyatakan aplikasi cendawan *L. lecanii* menghasilkan perbedaan mortalitas terhadap *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), yaitu 72% menggunakan blastospora dan 67% menggunakan konidia. Selanjutnya, Bernardo et al. (2018) menyatakan bahwa penggunaan blastospora *Metarhizium* sp. terhadap *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Araci: Ixodidae) menghasilkan mortalitas sebesar 79%, dibandingkan dengan penggunaan konidia hanya sebesar 59%. Aplikasi blastospora *L. lecanii* dengan kerapatan  $10^7$  blastospora/ml menyebabkan mortalitas pada penggerek buah kopi, *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera: Curculionidae), mencapai 25,10% setelah 15 hari aplikasi (Samsudin et al. 2020). Informasi mengenai patogenesitas *L. lecanii* dalam bentuk blastospora terhadap *H. bradyi* belum diketahui, sementara dalam bentuk konidia telah dilakukan pada *Helopeltis* spp. (Anggarawati 2014). Berdasarkan hal tersebut, diperlukan pengujian patogenesitas *L. lecanii* terhadap *H. bradyi* untuk mengevaluasi kemampuan blastospora dan konidia terhadap mortalitas, serta untuk memahami dampaknya terhadap kemampuan makan dan reproduksi *H. bradyi*.

## BAHAN DAN METODE

### Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Patologi Serangga, Laboratorium Biosistemika Serangga, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University, dan Laboratorium Proteksi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (BALITTRI), Parungkuda Sukabumi, mulai bulan Juni hingga

Desember 2022. Penelitian dilakukan dalam kondisi laboratorium dengan rata-rata suhu 26 °C, kelembaban 78%, dan pada ketinggian 700 m dpl.

### Rancangan penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 10 perlakuan yang terdiri atas kerapatan blastospora *L. lecanii*, yaitu BL1 ( $2,45 \times 10^9$  blastospora/ml), BL2 ( $2,45 \times 10^8$  blastospora/ml), BL3 ( $2,45 \times 10^7$  blastospora/ml), BL4 ( $2,45 \times 10^6$  blastospora/ml), dan kerapatan konidia *L. lecanii*, yaitu KN1 ( $2,78 \times 10^9$  konidia/ml), KN2 ( $2,78 \times 10^8$  konidia/ml), KN3 ( $2,78 \times 10^7$  konidia/ml), KN4 ( $2,78 \times 10^6$  konidia/ml), K0 (kontrol akuades), K1 (kontrol insektisida deltametrin). Penelitian diulang sebanyak 5 kali sehingga terdapat 50 unit percobaan.

### Perbanyak *L. lecanii*

Cendawan yang digunakan merupakan koleksi Laboratorium Proteksi Tanaman, BALITTRI. Cendawan berasal dari *H. bradyi* yang terinfeksi di perkebunan kakao. Cendawan direisolasi untuk meningkatkan virulensi dengan menginfeksi cendawan tersebut pada imago *H. bradyi*. Setelah imago mati, bangkai serangga (*cadaver*) yang terinfeksi cendawan disterilkan menggunakan larutan *bleach* selama 30 detik, kemudian dikeringkan. *Cadaver* tersebut kemudian diisolasi dengan cara ditumbuhkan pada media *potato dextrose agar* (PDA) dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu 25 °C hingga diperoleh biakan murni (Tambingsila & Rudias 2015). Isolat cendawan yang sudah murni diperbanyak pada media PDA. Media PDA yang telah disterilkan dituangkan ke dalam cawan petri sebanyak 10 ml, kemudian isolat cendawan *L. lecanii* diinokulasi pada media tersebut dan diinkubasi selama 15 hari (Dewi et al. 2022).

### Perbanyak dan pemeliharaan *H. bradyi*

Serangga *H. bradyi* diperoleh dari kebun kakao di BALITTRI, kemudian dipelihara dan diperbanyak di laboratorium. Pemeliharaan dilakukan pada 10 stoples berdiameter 14 cm dan tinggi 18 cm yang ditutup kain kasa, masing-masing berisi 5 pasang imago *H. bradyi*. Mentimun (*Cucumis sativus* Linn) digunakan sebagai pakan dan peletakan telur yang diganti setiap hari.

Mentimun yang terdapat telur dipindahkan ke stoples lain. Telur yang menetas menghasilkan generasi pertama (f1) digunakan sebagai serangga uji (Anggarawati 2014).

### Perbanyak blastospora *L. lecanii* dan persiapan suspensi

Biakan murni *L. lecanii* pada media PDA diperbanyak dalam bentuk blastospora menggunakan media *potato carrot broth* (PCB) dengan komposisi ekstrak kentang (20%), ekstrak wortel (20%), dan molase (5%) dengan perbandingan (1:1:1). Masing-masing 200 gram kentang dan wortel direbus dengan 1.300 ml air untuk diambil ekstraknya. Larutan molase sebanyak 50 ml dicampur dengan akuades sebanyak 950 ml. Campuran tersebut disterilisasi dalam autoklaf selama 20 menit pada suhu 121 °C. Sebanyak 3 liter media PCB dimasukkan ke dalam bioreaktor LiFplus GX bersama dengan 3 potongan biakan *L. lecanii* berdiameter 2 cm yang mengandung konidia. Larutan tersebut diaduk selama 7 hari pada suhu 23 °C. Jumlah blastospora dihitung dengan mengambil sebanyak 45 ml dari media dalam bioreaktor kemudian dimasukkan ke dalam *microtube* untuk disentrifugasi dengan kecepatan 5.000 rpm selama 5 menit. Pelet biomassa blastospora yang dihasilkan diencerkan dengan akuades. Pengenceran bertingkat dilakukan dan dihitung jumlahnya menggunakan *hemocytometer* di bawah mikroskop Olympus BX53 dengan perbesaran 10 x 40 (Samsudin et al. 2020).

### Perbanyak konidia *L. lecanii* dan persiapan suspensi

Cendawan *L. lecanii* yang diinkubasi selama 15 hari pada media PDA kemudian ditumbuhkan pada media jagung. Sebanyak 500 g jagung dicuci bersih dan direndam selama 12 jam. Setelah ditiriskan, jagung dimasukkan ke dalam plastik dan disterilisasi menggunakan autoklaf selama 20 menit pada suhu 121 °C. Jagung diangkat dan didinginkan selama 10 jam. Media jagung diinokulasi dengan isolat *L. lecanii* dalam *laminar air flow cabinet* dengan menambahkan biakan *L. lecanii*, lalu diinkubasi selama 21 hari. Setelah itu, ditimbang sebanyak 100 gram media jagung yang telah ditumbuhi cendawan *L. lecanii*. Media jagung tersebut dihaluskan menggunakan mortar, kemudian ditambahkan 100 ml akuades. Larutan

tersebut disaring untuk memisahkan suspensi konidia dari media jagung. Suspensi konidia kemudian dikocok menggunakan vortex selama 30 detik. Kemudian, konidia dihitung menggunakan *haemocytometer* di bawah mikroskop Olympus BX53 dengan perbesaran 10 × 40 hingga didapatkan kerapatan 10<sup>9</sup> konidia/ml. Selanjutnya, dilakukan pengenceran bertingkat untuk memperoleh kerapatan konidia yang dibutuhkan untuk perlakuan (Anggarawati et al. 2017).

### Peubah yang diamati

**Mortalitas *H. bradyi*.** Pengamatan mortalitas dilakukan dengan menghitung jumlah serangga uji yang mati akibat infeksi *L. lecanii*. Sebanyak 10 individu nimfa instar III digunakan pada tiap unit perlakuan. Perhitungan mortalitas *H. bradyi* dengan menggunakan rumus (Al.Anshori 2017) sebagai berikut:

$$M = \frac{d}{n} \times 100\%, \text{ dengan}$$

M: mortalitas *H. bradyi* (%); d: jumlah *H. bradyi* yang mati pada setiap unit perlakuan; n: jumlah keseluruhan *H. bradyi* pada setiap unit perlakuan.

Suspensi cendawan diaplikasikan dengan metode kontak, yaitu menyemprotkan 3 ml suspensi blastospora dan konidia (15 kali semprotan) menggunakan *hand sprayer* pada nimfa instar III, lalu dikeringanginkan selama 60 detik. Pada perlakuan kontrol dengan akuades, aplikasi penyemprotan menggunakan larutan akuades, sedangkan pada perlakuan kontrol insektisida sintetik, aplikasi menggunakan insektisida deltametrin dalam bentuk formulasi cair dengan melarutkan 0,375 gram dalam 15 ml akuades, kemudian diaduk hingga homogen. Setelah itu, serangga uji dipindahkan ke dalam stoples menggunakan kuas dan diberi buah mentimun sebagai pakan, kemudian stoples ditutup dengan kain kasa.

**Kemampuan makan nimfa instar III *H. bradyi*.** Kemampuan konsumsi makan *H. bradyi* diamati dengan menghitung jumlah tusukannya pada buah mentimun. Serangga uji yang digunakan, yaitu 10 individu nimfa instar III pada setiap unit perlakuan (Rohimatun 2021).

Aplikasi suspensi blastospora dan konidia *L. lecanii* masing-masing sebanyak 3 ml per unit perlakuan (15 kali penyemprotan) dengan *hand*

*sprayer*, dilakukan menggunakan metode kontak dengan penyemprotan langsung pada serangga uji, kemudian dikeringanginkan selama 60 detik. Pada perlakuan kontrol dengan akuades, aplikasi menggunakan larutan akuades, sementara pada kontrol dengan insektisida sintetis, dilakukan aplikasi insektisida deltametrin dalam bentuk formulasi cair dengan mencampur 0,375 gram dalam 15 ml air, lalu diaduk hingga tercampur. Selanjutnya serangga uji dipindahkan ke stoples menggunakan dan diberi pakan (mentimun), dan ditutup dengan kain kasa.

**Kemampuan bertelur imago *H. bradyi*.** Pengamatan kemampuan bertelur dilakukan untuk mengetahui pengaruh blastospora dan konidia *L. lecanii* terhadap aktivitas reproduksi dari serangga uji. Pengujian kemampuan bertelur menggunakan imago betina sebanyak 5 individu dan imago jantan sebanyak 5 individu tiap unit perlakuan. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah telur yang diletakkan serangga uji pada buah mentimun (Rohimatum 2021).

Aplikasi suspensi cendawan dilakukan dengan menyemprotkan suspensi blastospora dan konidia secara langsung dengan masing-masing sebanyak 3 ml (15 kali penyemprotan) menggunakan *hand sprayer* pada tubuh serangga uji, kemudian dikeringanginkan selama 60 detik. Pada perlakuan kontrol akuades, aplikasi dilakukan menggunakan akuades, sedangkan pada kontrol insektisida sintetis menggunakan insektisida berbahan aktif deltametrin dalam bentuk formulasi cair dengan melarutkan 0,375 gram dengan 15 ml air, dan diaduk hingga tercampur. Kemudian serangga uji dipindahkan ke dalam stoples, diberi mentimun sebagai media peletakan telur, dan ditutup dengan kain kasa.

#### Analisis data

Pengamatan dilakukan untuk menilai pengaruh blastospora dan konidia *L. lecanii* terhadap mortalitas, kemampuan makan, dan kemampuan bertelur *H. bradyi*. Data yang diperoleh ditabulasi dengan menggunakan Microsoft Office Excel. Untuk mengetahui pengaruh antara perlakuan dan mortalitas, kemampuan makan, serta kemampuan bertelur dilakukan analisis ragam (ANOVA). Selanjutnya perbedaan yang signifikan dilanjutkan

dengan uji Tukey pada taraf nyata  $\alpha = 0,05$ . Selain itu, analisis probit digunakan untuk menghitung nilai  $LC_{50}$  dan  $LT_{50}$  sehingga dapat terlihat hubungan konsentrasi atau waktu yang diperlukan untuk mencapai tingkat kematian tertentu. Analisis data dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS versi 27.

## HASIL

### Mortalitas *H. bradyi* setelah aplikasi blastospora dan konidia *L. lecanii*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tingkatan konsentrasi blastospora dan konidia *L. lecanii* berpengaruh nyata terhadap mortalitas *H. bradyi*. Hasil pengamatan menunjukkan pada 3 hari setelah aplikasi (HSA), mortalitas tertinggi terjadi pada perlakuan BL1 dan KN1, yaitu sebesar 34%. Pada 7 HSA perlakuan insektisida sintetis tidak berbeda nyata dengan perlakuan KN1 ( $2,78 \times 10^9$  konidia/ml), KN2 ( $2,78 \times 10^8$  konidia/ml), KN3 ( $2,78 \times 10^7$  konidia/ml), dan BL1 ( $2,45 \times 10^9$  blastospora/ml) (Tabel 1).

Berdasarkan analisis probit perlakuan penggunaan blastospora *L. lecanii* menghasilkan  $LC_{50}$  sebesar  $2,20 \times 10^7$  blastospora/ml, sedangkan penggunaan konidia *L. lecanii* memiliki  $LC_{50}$  sebesar  $6,62 \times 10^5$  konidia/ml (Tabel 2). Perbedaan ini menunjukkan bahwa konidia memiliki nilai  $LC_{50}$  lebih rendah dibandingkan dengan blastospora, menunjukkan bahwa konidia *L. lecanii* memiliki potensi patogenik yang lebih baik dibandingkan dengan blastospora *L. lecanii*. Selanjutnya, nilai  $LT_{50}$  dari blastospora *L. lecanii* adalah 5,73 hari, dan konidia *L. lecanii* adalah 4,44 hari (Tabel 2). Hal ini menandakan bahwa penggunaan konidia *L. lecanii* memiliki kemampuan lebih cepat mematikan dibandingkan dengan konidia. Serangga yang mati akibat infeksi cendawan *L. lecanii* ditandai dengan pertumbuhan spora berwarna putih yang tumbuh pada permukaan tubuhnya (Gambar 1).

### Kemampuan makan nimfa instar III *H. bradyi* setelah aplikasi blastospora dan konidia *L. lecanii*

Kemampuan makan terlihat dari bekas tusukan berbentuk bulat transparan (Gambar 2).

**Tabel 1.** Rata-rata mortalitas nimfa instar III *Helopeltis bradyi* setelah aplikasi *Lecanicillium lecanii*

**Table 1.** Average mortality of third instar *Helopeltis bradyi* nymphs after application of *Lecanicillium lecanii*

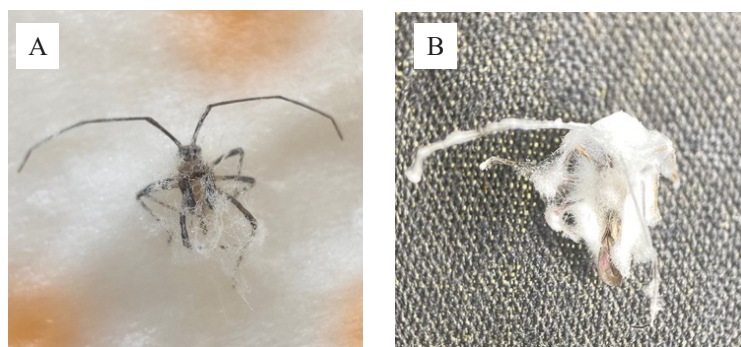
Perlakuan (/ml) (Treatment (/ml))	Rata-rata mortalitas (%) hari ke- (Average mortality (%) day to-)		
	3	5	7
BL1 ( $2,45 \times 10^9$ blastospora/ml (blastospores/ml))	34,00 ± 27,02 a	62,00 ± 14,83 cd	78,00 ± 13,04 cde
BL2 ( $2,45 \times 10^8$ blastospora/ml (blastospores/ml))	30,00 ± 29,15 a	56,00 ± 18,16 cd	66,00 ± 16,73 cd
BL3 ( $2,45 \times 10^7$ blastospora/ml (blastospores/ml))	18,00 ± 8,36 a	36,00 ± 20,74 bc	54,00 ± 21,91 bc
BL4 ( $2,45 \times 10^6$ blastospora/ml (blastospores/ml))	12,00 ± 13,04 a	18,00 ± 8,36 ab	34,00 ± 16,73 b
KN1 ( $2,78 \times 10^9$ konidia/ml (conidia/ml))	34,00 ± 16,73 a	66,00 ± 8,94 d	86,00 ± 5,47 de
KN2 ( $2,78 \times 10^8$ konidia/ml (conidia/ml))	24,00 ± 8,94 a	70,00 ± 10,00 d	80,00 ± 7,07 cde
KN3 ( $2,78 \times 10^7$ konidia/ml (conidia/ml))	28,00 ± 17,85 a	64,00 ± 24,08 cd	76,00 ± 19,49 cde
KN4 ( $2,78 \times 10^6$ konidia/ml (conidia/ml))	20,00 ± 14,14 a	50,00 ± 12,25 cd	66,00 ± 20,74 cd
K1 (kontrol insektisida deltametrin) (deltamethrin insecticide control)	84,00 ± 15,16 b	100,00 ± 0,00 e	100,00 ± 0,00 e
K0 (kontrol akuades) (aquades control)	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji Tukey).  
Numbers in the same column followed by the same letter are not significantly different at the 5% test level (Tukey test).

**Tabel 2.** Nilai  $LC_{50}$  dan  $LT_{50}$  pada hari ke-7 setelah aplikasi blastospora dan konidia *Lecanicillium lecanii* terhadap nimfa instar III *Helopeltis bradyi*

**Table 2.**  $LC_{50}$  and  $LT_{50}$  values on the 7th day after application of blastospores and conidia of *Lecanicillium lecanii* to third instar nymphs of *Helopeltis bradyi*

Perlakuan (Treatment)	$LC_{50}$	$LT_{50}$
Blastospora (Blastospores)	$2,20 \times 10^7$ blastospora/ml (blastospores/ml)	5,73 hari (days)
Konidia (Conidia)	$6,62 \times 10^5$ konidia/ml (conidia/ml)	4,44 hari (days)



**Gambar 1.** Serangga yang terinfeksi blastospora (A) dan konidia (B) *Lecanicillium lecanii*.

**Figure 1.** Insect infected with blastospores (A) and conidia (B) *Lecanicillium lecanii*.



**Gambar 2.** Tusukan *Helopeltis bradyi*.

**Figure 2.** Puncture *Helopeltis bradyi*.

Berdasarkan hasil pengamatan terlihat rata-rata tusukan terbanyak dari semua perlakuan terdapat pada kontrol akuades, yaitu 614 tusukan. Pada perlakuan blastospora dan konidia *L. lecanii* rata-rata tusukan terbanyak pada perlakuan BL4 ( $2,45 \times 10^6$  blastospora/ml), yaitu 434,11 tusukan dan rata-rata tusukan terendah pada KN1 ( $2,78 \times 10^9$  konidia/ml), yaitu 223,89 tusukan. Berdasarkan hasil perhitungan analisis ragam, didapatkan bahwa kontrol akuades berbeda nyata dengan perlakuan blastospora dan konidia *L. lecanii*. Hal tersebut menunjukkan bahwa aplikasi

blastospora dan konidia *L. lecanii* dapat mengurangi kemampuan makan nimfa instar III *H. bradyi*, yang ditandai dengan adanya pengurangan tusukan. Pada perlakuan KN1 ( $2,78 \times 10^9$  konidia/ml), KN2 ( $2,78 \times 10^8$  konidia/ml), KN3 ( $2,78 \times 10^7$  konidia/ml), dan BL1 ( $2,45 \times 10^9$  blastospora/ml) memiliki kemampuan yang sama dalam mengurangi kemampuan makan *H. bradyi* (Tabel 3).

### Kemampuan bertelur imago *H. bradyi* setelah aplikasi blastospora dan konidia *L. lecanii*

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa aplikasi blastospora dan konidia *L. lecanii* pada berbagai tingkat kerapatan berpengaruh nyata terhadap rata-rata telur yang dihasilkan oleh imago *H. bradyi*. Telur dihitung dengan melihat 2 benang filamen yang muncul dari permukaan mentimun (Gambar 3). Rata-rata telur tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol yang menggunakan akuades, yaitu 32,70 butir, sedangkan perlakuan dengan blastospora dan konidia, rata-rata telur tertinggi terdapat pada KN4 ( $2,78 \times 10^6$  konidia/ml), yaitu 24,75 butir. Sementara, rata-rata telur terendah terdapat pada BL1 ( $2,45 \times 10^9$  blastospora/ml), yaitu 5,40 butir. Analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan blastospora tidak menunjukkan ada perbedaan nyata dibandingkan dengan perlakuan menggunakan insektisida sintetik. Hasil ini menandakan bahwa pada perlakuan BL1

( $2,45 \times 10^9$  blastospora/ml) dan BL2 ( $2,45 \times 10^8$  blastospora/ml) memiliki kemampuan yang sama dengan insektisida sintetik dalam mengurangi produksi telur dari imago *H. bradyi* (Tabel 4).

## PEMBAHASAN

Pada 10 jam setelah aplikasi cendawan entomopatogen terjadi perubahan tingkah laku pada *H. bradyi*. Terlihat berkurangnya mobilitas *H. bradyi*, seperti gerakannya melambat dan lebih banyak diam di tempat. Hal tersebut karena cendawan telah menginfeksi sistem saraf serangga (Bava et al. 2022). Akibatnya aktivitas makan menurun, terlihat pada saat stilet ditusukan pada pakan sangat lama untuk berpindah menusuk bagian lainnya. Hal tersebut menyebabkan serangga menjadi kekurangan energi, melemah, dan mati (Ribeiro et al. 2017). Salah satu tolak ukur untuk mengetahui kemampuan patogenitas suatu patogen serangga dilihat dari persentase kematian (mortalitas). Hasil uji mortalitas menunjukkan bahwa blastospora dan konidia *L. lecanii* yang diaplikasikan pada nimfa instar III *H. bradyi* mampu menginfeksi dan menyebabkan kematian. Kematian *H. bradyi* diduga dipengaruhi oleh toksin. Toksin dari *L. lecanii* berupa bassianolide, vertilecanin a mety ester, vertilecanin c, dan pyrrocidine b (Blaszczyk et al. 2021; Keppan

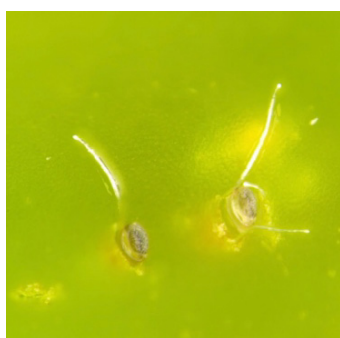
**Tabel 3.** Rata-rata jumlah tusukan nimfa instar III *H. bradyi* setelah aplikasi *Lecanicillium lecanii* pada 7 hari setelah aplikasi

**Table 3.** The average number of punctures by third instar nymphs of *H. bradyi* after the application of *Lecanicillium lecanii* at 7 days after treatment (DAT)

Perlakuan (Treatment)	Rata-rata tusukan per sepuluh individu (Average punctures per ten individuals)
BL1 ( $2,45 \times 10^9$ blastospora/ml (blastospores/ml))	304,09 ± 62,02 bcd
BL2 ( $2,45 \times 10^8$ blastospora/ml (blastospores/ml))	335,77 ± 51,26 cde
BL3 ( $2,45 \times 10^7$ blastospora/ml (blastospores/ml))	387,40 ± 30,35 de
BL4 ( $2,45 \times 10^6$ blastospora/ml (blastospores/ml))	434,11 ± 34,56 e
KN1 ( $2,78 \times 10^9$ konidia/ml (conidia/ml))	223,89 ± 28,52 b
KN2 ( $2,78 \times 10^8$ konidia/ml (conidia/ml))	268,83 ± 22,86 bc
KN3 ( $2,78 \times 10^7$ konidia/ml (conidia/ml))	292,31 ± 70,64 bcd
KN4 ( $2,78 \times 10^6$ konidia/ml (conidia/ml))	328,69 ± 43,41 cd
K1 (kontrol insektisida deltametrin (deltamethrin insecticide control))	46,54 ± 8,12 a
K0 (kontrol akuades (aquades control))	614,0 ± 74,24 f

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji Tukey). Numbers in the same column followed by the same letter are not significantly different at the 5% test level (Tukey test).

et al. 2018) mampu menyebabkan paralisis pada tubuh serangga, yang mengakibatkan kehilangan koordinasi gerak, gangguan pada sistem saraf, pernapasan, dan pencernaan. Kondisi tersebut menyebabkan gerakan serangga uji menjadi tidak teratur dan melemah, kemudian serangga uji menjadi mati (Gao et al. 2015). Serangga yang mati akibat infeksi cendawan *L. lecanii* ditandai dengan pertumbuhan spora berwarna putih yang tumbuh pada permukaan tubuhnya (Gambar 1; Gambar 2). Aplikasi *L. lecanii* dalam bentuk konidia cenderung menghasilkan mortalitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan blastospora. Perbedaan tingkat mortalitas antara penggunaan blastospora dan konidia dipengaruhi oleh permukaan kutikula serangga yang berperan sebagai tempat untuk penempelan, perkecambah, dan penetrasi cendawan *L. lecanii* ke dalam



**Gambar 4.** Telur *Helopeltis bradyi*.  
**Figure 4.** Eggs of *Helopeltis bradyi*.

tubuh serangga. Permukaan kutikula serangga dibentuk oleh lapisan lipid yang menjadikannya hidrofobik (Pedrini 2018). Kondisi ini sesuai untuk konidia sehingga persistensinya pada permukaan kutikula serangga lebih lama daripada blastospora (Zhang et al. 2023) sehingga konidia lebih efektif dalam mengatasi sistem pertahanan dari serangga. Penetrasi ke dalam tubuh serangga memerlukan enzim untuk mendegradasi lapisan kutikula yang tersusun dari komponen lipid, kitin, dan protein (Hasan et al. 2013). Cendawan *L. lecanii* mampu memproduksi enzim ekstraseluler kitinase, protease, amilase, dan lipase (Hasan et al. 2013; Mondal et al. 2016; Ritika et al. 2021). Perbedaan kandungan senyawa kimia mempengaruhi patogenesitas dari *L. lecanii*. Alkhaibari et al. (2016) menyatakan bahwa persentase protease pada blastospora sebesar 17,55%, sedangkan pada konidia sebesar 66,38%.

Adanya perbedaan kemampuan blastospora dan konidia dalam mematikan serangga telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Berdasarkan penelitian Hussain et al. (2021) dilaporkan bahwa *Diaphorina citri* Kuwayama yang terinfeksi cendawan *Cordyceps javanica* menyebabkan mortalitas 91% dengan  $10^7$  blastospora/ml dan 97% dengan  $10^7$  konidia/ml setelah 6 hari aplikasi. Selain itu, Moslim & Kamarudin (2014) mencatat bahwa cendawan *Metarhizium anisopliae* yang diinfeksi pada larva *Oryctes*

**Tabel 4.** Rata-rata jumlah telur yang dihasilkan dari imago *Helopeltis bradyi* setelah aplikasi *Lecanicillium lecanii*

**Table 4.** The average number of eggs produced by *Helopeltis bradyi* adults after the application of *Lecanicillium lecanii*

Perlakuan (Treatment)	Rata-rata butir per lima imago betina (Average number of eggs per five females)
BL1 ( $2,45 \times 10^9$ blastospora/ml (blastospores/ml))	5,40 ± 1,77 a
BL2 ( $2,45 \times 10^8$ blastospora/ml (blastospores/ml))	10,35 ± 6,09 abc
BL3 ( $2,45 \times 10^7$ blastospora/ml (blastospores/ml))	14,70 ± 3,15 bcd
BL4 ( $2,45 \times 10^6$ blastospora/ml (blastospores/ml))	19,25 ± 1,55 cde
KN1 ( $2,78 \times 10^9$ konidia/ml (blastospores/ml))	16,65 ± 4,31 bcde
KN2 ( $2,78 \times 10^8$ konidia/ml (conidia/ml))	17,15 ± 2,99 bcde
KN3 ( $2,78 \times 10^7$ konidia/ml (conidia/ml))	21,65 ± 1,63 de
KN4 ( $2,78 \times 10^6$ konidia/ml (conidia/ml))	24,75 ± 3,51 ef
K1 (kontrol insektisida deltametrin (deltamethrin insecticide control))	9,95 ± 1,72 ab
K0 (kontrol akuades (aquades control))	32,70 ± 9,03 f

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji Tukey).

Numbers in the same column followed by the same letter are not significantly different at the 5% test level (Tukey test).



*rhinoceros* (Linnaeus) dengan konsentrasi  $10^6$  konidia/ml menghasilkan mortalitas sebesar 91%, sedangkan dengan konsentrasi  $10^6$  blastospora/ml menghasilkan mortalitas sebesar 65% setelah 10 hari aplikasi. Morales-reyes et al. (2018) menyatakan bahwa konidia cendawan *B. bassiana* menunjukkan virulensi yang lebih tinggi dibandingkan blastospora pada konsentrasi  $10^8$  yang diaplikasikan pada imago *D. citri*. Setelah 8 hari aplikasi, mortalitas mencapai 97,7% dengan penggunaan konidia dan 94,4% dengan blastospora.

Berdasarkan nilai  $LC_{50}$  dan  $LT_{50}$ , penggunaan konidia terbukti lebih efektif dibandingkan dengan penggunaan blastospora. Konsentrasi blastospora dan konidia yang dibutuhkan untuk mencapai 50% mortalitas nimfa instar III *H. bradyi* adalah masing-masing sebesar  $2,20 \times 10^7$  blastospora/ml dan  $6,62 \times 10^5$  konidia/ml. Hal ini menunjukkan bahwa konidia memiliki potensi patogenik lebih tinggi dibandingkan dengan blastospora karena konsentrasi yang dibutuhkan mortalitas 50% lebih rendah daripada blastospora. Hal yang sama terlihat pada  $LT_{50}$ , konidia menunjukkan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan blastospora. Konidia membutuhkan waktu 4,44 hari, sedangkan blastospora membutuhkan waktu 5,73 hari. Perbedaan ini disebabkan oleh kemampuan konidia yang lebih cepat dalam menyebabkan kematian dibandingkan dengan blastospora.

Aplikasi blastospora dan konidia *L. lecanii* dapat mengurangi kemampuan makan *H. bradyi*, terlihat dari berkurangnya tusukan yang dihasilkan, yang ditandai dengan bekas tusukan berbentuk bulat transparan (Gambar 3). Berkurangnya tusukan disebabkan oleh adanya toksin  $v_{3450}$  dan toksin  $v_{p28}$  yang dihasilkan oleh *L. lecanii* (Wang et al. 2007). Dari hasil pengamatan, aplikasi konidia *L. lecanii* menghasilkan tusukan yang lebih sedikit, hal ini karena terdapat perbedaan mekanisme perubahan fisiologi serangga. Aplikasi konidia *L. lecanii* cenderung menimbulkan dampak yang relatif kecil pada organ pencernaan internal. Konidia dapat menghambat pembentukan enzim pencernaan sehingga kemampuan serangga dalam mengolah makanan akan menurun (Zhu et al. 2023; Soliman et al. 2022), sedangkan blastospora memiliki kemampuan langsung dalam menyebabkan

kelainan pada organ pencernaan dengan merusak strukturnya sehingga menurunkan fungsionalnya (Intodia et al. 2019). Infeksi blastospora dapat memengaruhi peristaltik, yaitu gerakan otot yang mendorong makanan melalui saluran pencernaan sehingga mengganggu proses pencernaan dan menyebabkan serangga kekurangan energi untuk mencari makan (Nada et al. 2022).

Berdasarkan penelitian Moyo et al. (2021), *Lecanicillium muscarium* menghasilkan perubahan perilaku makan pada *B. tabaci* dengan berkurangnya persentase tusukan hingga 74,1%. Selanjutnya, Anggreiani (2018) mencatat bahwa aplikasi *L. lecanii* dengan konsentrasi  $10^9$  konidia/ml dapat menghambat perilaku makan *Phyllotreta striolata* (Fabricius) sebesar 53,95%. Penelitian lain oleh Wang et al. (2007) menunjukkan bahwa toksin  $v_{3450}$  dan toksin  $v_{p28}$  dari *L. lecanii* bersifat penolak makan terhadap *B. tabaci*, dengan nilai ekskresi embun madu mencapai  $0,74 \text{ mm}^2$  dengan toksin  $v_{3450}$  dan  $0,71 \text{ mm}^2$  dengan toksin  $v_{p28}$ , dibandingkan dengan kontrol yang mencapai  $2,96 \text{ mm}^2$ .

Blastospora *L. lecanii* memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan dengan konidia dalam mengurangi telur dari *H. bradyi*. Telur yang diletakkan dicirikan berbentuk bulat dan terdapat 2 benang filamen (Navik et al. 2019) (Gambar 4). Blastospora cendawan *L. lecanii* menyebabkan gangguan langsung pada organ reproduksi, seperti kerusakan dinding ovarium pada imago betina sehingga menjadi kehilangan bentuk (Marzouk et al. 2020). Kerusakan ovarium menghambat perkembangan oosit sehingga mempengaruhi telur yang dihasilkan imago betina (Sanchez-roblero et al. 2012).

Serangga yang terinfeksi konidia menimbulkan dampak tidak langsung pada kemampuannya untuk menghasilkan telur. Ini terjadi karena terganggunya sistem saraf serangga (Lei et al. 2021). Gangguan pada sistem saraf dapat memengaruhi hormon reproduksi pada jantan maupun betina (Khalid et al. 2021). Hal ini mengakibatkan ketidakseimbangan dalam pelepasan hormon gonadotropik sehingga tertundanya kematangan oosit (Walton et al. 2020). Sistem syaraf memiliki peran penting dalam mengatur aktivitas termasuk kemampuan reproduksi. Serangga yang sudah terinfeksi

akan mengalami kekurangan nutrisi dan energi sehingga serangga tersebut mengurangi telur yang dihasilkan untuk memperpanjang umur hidupnya (Putra et al. 2013).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bernando et al. (2018), imago *Rhipicephalus microplus* (Canestrini) yang diaplikasikan dengan *Beauveria bassiana* dalam bentuk blastospora pada konsentrasi  $10^7$  menghasilkan rata-rata 19,83 butir telur, sementara aplikasi dalam bentuk konidia dengan konsentrasi yang sama menghasilkan rata-rata 43,35 butir telur. Sebagai perbandingan, perlakuan kontrol menghasilkan rata-rata 52,04 butir telur. Selanjutnya, Anggreani (2018) dalam penelitiannya menemukan bahwa *L. lecanii* dengan konsentrasi  $10^9$  konidia/ml menghasilkan 103,67 butir telur pada *Phyllotreta striolata*, dibandingkan dengan kontrol menghasilkan 205 butir. Lebih lanjut Putra et al. (2013) menyatakan bahwa aplikasi konidia *L. lecanii* dengan konsentrasi  $10^8$ /ml pada imago *B. tabaci* menghasilkan rata-rata 17,79 butir telur, sedangkan kontrol menghasilkan 173,96 butir telur.

Penelitian ini memberikan informasi mengenai kemampuan blastospora dan konidia *L. lecanii* dalam memengaruhi mortalitas, kemampuan makan, dan kemampuan bertelur *H. bradyi*. Efek mortalitas yang dihasilkan dapat membantu petani untuk memahami bahwa aplikasi blastospora dan konidia mampu mengendalikan populasi *H. bradyi*. Penurunan kemampuan makan *H. bradyi* juga berdampak positif terhadap perlindungan tanaman dari serangan hama. Demikian pula, penurunan kemampuan bertelur memengaruhi jumlah keturunan sehingga dapat mengontrol dinamika populasi hama tetap rendah. Implementasi hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu petani dalam mengelola populasi *H. bradyi* untuk meningkatkan produktivitas tanaman teh.

## KESIMPULAN

Cendawan *L. lecanii* dalam bentuk blastospora dan konidia terbukti efektif menginfeksi dan mematikan nimfa maupun imago *H. bradyi*. Tingkatan konsentrasi dapat memengaruhi kemampuan patogenisitas cendawan *L. lecanii* terhadap *H. bradyi*. Patogenisitas *L. lecanii*

menunjukkan hasil terbaik pada konidia dengan konsentrasi  $2,78 \times 10^9$ , yang menyebabkan mortalitas 86% pada nimfa instar III *H. bradyi*, dan menghasilkan penurunan aktivitas makan yang signifikan dengan 223,89 tusukan. *L. lecanii* dalam bentuk blastospora dengan konsentrasi  $2,45 \times 10^9$  menyebabkan mortalitas sebesar 78% dengan aktivitas makan sebanyak 304,09 tusukan. Pada kontrol menggunakan akuades, aktivitas makan nimfa instar III *H. bradyi* mencapai 614 tusukan. Konidia *L. lecanii* memiliki kemampuan patogenik yang lebih tinggi dibandingkan dengan blastospora, dengan nilai  $LC_{50}$  sebesar  $6,62 \times 10^5$  konidia/ml dan nilai  $LT_{50}$  sebesar 4,44 hari. Dalam hal reproduksi, blastospora *L. lecanii* menunjukkan hasil yang paling baik dengan rata-rata produksi telur *H. bradyi* sebanyak 5,40 butir.

## REFERENSI

- Al-Anshori MY. 2017. *Infektifitas Beauveria bassiana dan Lecanicillium lecanii terhadap Sycanus annulicornis Dohrn (Hemiptera: Reduviidae)*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Alkhaibari AM, Carolino AT, Bull JC, Samuels RI, Butt TM. 2016. Differential pathogenicity of *Metarhizium* blastospores and conidia against larvae of three mosquito species. *Journal of Medical Entomology*. 54:696–704. DOI: <https://doi.org/10.1093/jme/tjw223>.
- Anggarawati SH. 2014. *Upaya Pengendalian Hayati Helopeltis sp., Hama Penting Tanaman Acacia crassicarpa dengan Cendawan Beauveria bassiana dan Lecanicillium lecanii*. Tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Anggarawati SH, Santoso T, Anwar R. 2017. Penggunaan cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin dan *Lecanicillium lecanii* (Zimm) Zare & Gams untuk mengendalikan *Helopeltis antonii* sign (Hemiptera: Miridae). *Jurnal Silvikultur Tropika*. 8:197–202. DOI: <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.8.3.197-202>.
- Anggreiani Y. 2018. *Uji Patogenisitas Jamur Entomopatogen Lecanicillium lecanii dan Metarhizium anisopliae terhadap Hama Phyllitreta striolata F. (Coleoptera: Chrysomelidae)*. Skripsi. Malang: Universitas Brawijaya.
- Asmara DT, Murti RH, Afifah EN. 2021. Evaluation of Resistant Tea (*Camellia sinensis* L.)

- Clones Against *Helopeltis bradyi*. *Journal of Agricultural Science*. 43:518–525. DOI: <https://doi.org/10.17503/agrivita.v43i3.2557>.
- Bava R, Castagna F, Piras C, Musolino V, Lupia C, Palma E, Britti D, Musella V. 2022. Entomopathogenic fungi for pests and predators control in beekeeping. *Journal of Veterinary Science*. 9:1–21. DOI: <https://doi.org/10.3390/vetsci9020095>.
- Bernardo CC, Barreto LP, Silva C, de SRe, Luz C, Arruda W, Fernandes EKK. 2018. Conidia and blastospores of *Metarhizium* spp. and *Beauveria bassiana* s.l.: Their development during the infection process and virulence against the tick *Rhipicephalus microplus*. *Ticks and Tick-borne Diseases*. 9:1334–1342. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2018.06.001>.
- Blaszczyk L, Waskiewicz A, Gromadzka K, Mikolajczak K, Chelkowski J. 2021. *Sarocladium* and *Lecanicillium* associated with maize seeds and their potential to form selected secondary metabolites. *Biomolecules*. 11:98. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom11010098>.
- de Paula AR, Silva LEI, Ribeiro A, da Silva GA, Silva CP, M. Butt T, Ian Samuel R. 2021. *Metarhizium anisopliae* blastospores are highly virulent to adult *Aedes aegypti*, an important arbovirus vector. *Parasites & Vectors*. 14:1–10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-021-05055-z>.
- Dewi PK, Afifah L, Surjana T, Kurniati A. 2022. Infeksi cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* terhadap mortalitas hama penggerek ubi jalar *Cylas formicarius*. *Jurnal Agroplasma*. 2:231–238. DOI: <https://doi.org/10.36987/agroplasma.v9i2.3177>.
- Gao Y, Xie YP, Xiong Q, Liu WM, Xue JL. 2015. Ultrastructural exploration on the histopathological change in *Phenacoccus fraxinus* infected with *Lecanicillium lecanii*. *Plos One*. 10:1–9. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0117428>.
- Hanan A, Nazir T, Basit A, Ahmad S, Qiu D. 2020. Potential of *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) as a microbial control agent for green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Pakistan Journal of Zoology*. 52:131–137. DOI: <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2020.52.1.1.131.137>.
- Hasan S, Ahmad A, Purwar A, Khan N, Kundan R, Gupta G. 2013. Production of extracellular enzymes in the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*. *Bioinformation*. 9:238–242. DOI: <https://doi.org/10.6026/97320630009238>.
- Hussain M, Avery PB, Zhu W, Pitino M, Arthurs SP, Wang L, Qiu D, Mao R. 2021. Pathogenicity of *Cordyceps javanica* (Hypocreales: Cordycipitaceae) to *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) adults, with ultrastructural observations on the fungal infection process. *Agronomy*. 11:1–12. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11122476>.
- Horowitz AR, Ghanim M, Roditakis E. 2020. Insecticide resistance and its management in *Bemisia tabaci* species. *Journal of Pest Science*. 93:893–910. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01210-0>.
- Intodia A, Prasad A, Veerwal B. 2019. Histopathology of *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, an entomopathogenic fungus, infection in the midgut of termite, *Odontotermes obesus* (R.) Worker. *International Journal of Recent Scientific Research*. 10:34.326–34.330.
- Islam W, Adnan M, Shabbir A, Naveed H, Abubakar YS, Qasim M, Tayyab M, Noman A, Nisar MS, Khan KA, Ali H. 2021. Insect-fungal-interactions: A detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. *Microbial Pathogenesis*. 159:1–16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2021.105122>.
- Keerio AU, Nazir T, Abdulle YA, Jatoi GH, Gadhi MA, Anwar T, Sokea T, Qiu D. 2020. In vitro pathogenicity of the fungi *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium lecanii* at different temperatures against the whitefly, *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 30:1–9. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00247-8>.
- Keppanan R, Sivaperumal S, Hussain M, Dash CK, Banisile BS, Qasim M, Wang L. 2018. Investigation and molecular docking studies of Bassianolide from *Lecanicillium lecanii* against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*. 206–207:65–72. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cbpc.2018.03.004>.
- Khalid MZ, AHmad S, Ngegba PM, Zhong G. 2021. Role of endocrine system in the regulation of female insect reproduction. *Biology*. 10:1–12. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology10070614>.
- Khoiroh F, Isnawati, Faizah U. 2014. Patogenitas cendawan entomopatogen (*Lecanicillium lecanii*) sebagai bioinsektisida untuk pengendalian hama wereng coklat secara in vivo. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*. 3:114–121.
- Lei Y, Hussain A, Guan Z, Wang D, Jaleel W, Lyu L, He Y. 2021. Unraveling the mode of action of *Cordyceps fumosorosea*: Potential biocontrol

- agent against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Insects*. 12:1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12020179>.
- Navik O, Godase SK, Mehendale SK. 2019. Biology of *Helopeltis antonii* Signoret and *Pachypeltis measarum* Kirkaldy (Hemiptera: Miridae) on cashew. *Journal of Entomological Research*. 43:319–324. DOI: <https://doi.org/10.5958/0974-4576.2019.00059.8>.
- Maluta N, Castro, Lopes JRS. 2022. Entomopathogenic fungus disrupts the phloem-probing behavior of *Diaphorina citri* and may be an important biological control tool in citrus. *Scientific Reports*. 12:1–10. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11789-2>.
- Marzouk AS, Swelim HH, Ali AAB. 2020. Ultrastructural changes induced by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* in the ovary of the tick *Argas (Persicargas) persicus* (Oken). *Ticand Tick-borne Diseases*. 11:1–8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ttbdis.2020.101507>.
- Mondal S, Baksi S, Koris A, Vatai G. 2016. Journey of enzymes in entomopathogenic fungi. *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*. 18:85–99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psr.2016.10.001>.
- Morales-reyes C, Mascarin GM, Jackson MA, Hall D, Sanches-pena S, Arthurs Sp. 2018. Comparison of aerial conidia and blastospores from two entomopathogenic fungi against *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) under laboratory and greenhouse conditions. *Biocontrol Science and Technology*. 28:737–749. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1487028>.
- Mora MAE, Castilho AMCC, Fraga ME. 2017. Classification and infection mechanism of entomopathogenic fungi. *Arquivos do Instituto Biológico*. 84:1–10. DOI: <https://doi.org/10.1590/1808-1657000552015>.
- Moslim R, Kamarudin N. 2014. The use of palm kernel cake in the production of conidia and blastospores of *Metarhizium anisopliae* var. *major* for control of *Oryctes rhinoceros*. *Journal of Oil Palm Research*. 26:133–139.
- Moyo D, Ishikura S, Rakotondrafara A, Clayton M, Kinoshota R, Tani M, Koike M, Aiuchi D. 2021. Behavior Change of *Bemisia tabaci* and *Trialetrodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) infected by *Lecanicillium muscarium* (Hypocreales: Cordycipitaceae). *Applied Entomology and Zoology*. 56:327–336. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13355-021-00738-6>.
- Mulyati Y, Zubaidah S, Prayogo Y. 2023. Efficacy of bio-pesticide *Lecanicillium lecanii* against soybean-sucking bugs *Riptortus linearis* during field application. *Biodiversitas*. 24:4829–4836. DOI: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240924>.
- Nada MS, Gad AA, Soliman AM. 2022. Histological changes in the adult seed bug, *Graptostethus servus* (Hemiptera: Lygaeidae) treated with the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences (A. Entomology)*. 15:15–25. DOI: <https://doi.org/10.21608/eajbsa.2022.251638>.
- Pedrini N. 2018. Molecular interactions between entomopathogenic fungi (Hypocreales) and their insect host: perspectives from stressful cuticle and hemolymph battlefields and the potential of dual RNA sequencing for future studies. *Fungal Biology*. 112:538–545. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2017.10.003>.
- Putra GM, Hadiastono T, Afandhi A, Prayogo Y. 2013. Patogenitas jamur entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Deuteromycotina; Hyphomycetees) terhadap *Bemisia tabacia* (G.) sebagai vektor virus cowpea mild mottle virus (CMMV) pada tanaman kedelai. *Jurnal Hama dan Penyakit Tanaman*. 1:27–39.
- Rahmah NN, Sartiami D, Kusumah RYM. 2023. Diversity and population dynamics of pest in Sambawa tea plantation, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1208:012025. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1208/1/012025>.
- Rani L, Thapa K, Kanojia N, Sharma N, Singh S, Grewal AS, Srivastav AL, Kaushal J. 2021. An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of Cleaner Production*. 283:124657 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657>.
- Ribeiro LdeFC, Tavares J, Silva SAV, Alvez LFAA, Loth EA, Brancalhão. 2017. Infection of silkworm larvae by the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *Ciencia Rural*. 47:1–5. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20151485>.
- Ritika, Joshi N, Sharma N. 2021. Chitinase enzyme activity and pathogenicity of *Lecanicillium lecanii* against mustard aphid *Lipaphis erysimi* (Kalt.). *Indian Journal of Entomology*. 84: 833–836. DOI: <https://doi.org/10.55446/IJE.2021.88>.
- Rohimatun. 2021. *Pengembangan Formulasi Nanoemulsi Insektisida Nabati Campuran Ekstrak Piper retrofractum Vahl. dan Curcuma xanthorrhiza Roxb. untuk Pengendalian*

- Helopeltis antonii* Sign. (Hemiptera: Miridae) pada Tanaman Kakao. Disertasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Samsudin, Khaerati, Indriati G, Hapsari AD. 2020. Kemampuan blastospora *Paecilomyces fumosoroseus*, *Metarhizium anisopliae* dan *Lecanicillium lecanii* dalam menginfeksi kumbang *Hypothenemus hampei*. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*. 7:79–188. DOI: <https://doi.org/10.21082/jtidp.v7n3.2020.p179-188>.
- Sanchez-Roblero D, Huerta-Palacios G, Valle J, Gomez J, Toledo J. 2012. Effect of *Beauveria bassiana* on the ovarian development and reproductive potential of *Anastrepha ludens* (Diptera: Tephritidae). *Biocontrol Science and Technology*. 22:1075–1091. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2012.713090>.
- SantAnna IN, Mota Lopes EC, de Lira AC, Poletto TB, Fonceca LZ, Delalibera Junior I. 2023. Comparative analysis of *Beauveria bassiana* submerged conidia with blastospores: yield, growth kinetics, and virulence. *Biological Control*. 185:105314 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2023.105314>.
- Sari NM, Wijonarko A, Wagiman FX. 2019. The vertical distribution of *Helopeltis bradyi* and *Oxyopes javanus* on tea. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 23:125–132. DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.38118>.
- Soliman AM, Nada MS, Gad AA. 2022. Evaluation the effects of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocrales) on some histological and physiological parameters for the green bug *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Alexandria Science Exchange Journal*. 43:229–238. DOI: <https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2022.239209>.
- Tambingsila M, Rudias. 2015. Isolasi dan identifikasi cendawan berguna asal poso potensinya sebagai agens pengendali serangga hama. *Jurnal AgroPet*. 12:23–30.
- Ullah MI, Altaf N, Afzal M, Arshad M, Mehmood N, Riaz M, Majeed S, Ali S, Abdullah A. 2019. Effects of entomopathogenic fungi on the biology of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) and its reduviid predator, *Rhynocoris marginatus* (Heteroptera: Reduviidae). *International Journal of Insect Science*. 11:1–7. DOI: <https://doi.org/10.1177/1179543319867116>.
- Walton A, Tumulty JP, Toth AL, Sheehan MJ. 2020. Hormonal modulation of reproduction in *Polistes fuscatus* social wasps: Dual functions in both ovary development and sexual receptivity. *Journal of Insect Physiology*. 120:1–7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2019.103972>.
- Wang L, Huang J, You M, Guan X, Liu B. 2007. Toxicity and feeding deterrence of crude toxin extracts of *Lecanicillium (Verticillium) lecanii* (Hyphomycetes) against sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Pest Management Science*. 63:381–387. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.1359>.
- Wu J, Ge L, Liu F, Song Q, Stanley D. 2020. Pesticide-induced planthopper population resurgence in rice cropping systems. *Annual Review of Entomology*. 65:409–429. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025215>.
- Zhang J-G, Xu S-Y, Ying S-H, Feng M-G. 2023. Only one of three hydrophobins (Hyd1–3) contributes to conidial hydrophobicity and insect pathogenicity of *Metarhizium robertsii*. *Journal of Invertebrate Pathology*. 201:108006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2023.108006>.
- Zhu G, Ding W, Zhao H, Xue M, Chu P, Jiang L. 2023. Effects of the entomopathogenic fungus *Mucor hiemalis* BO-1 on the physical functions and transcriptional signatures of *Bradysia odoriphaga* larvae. *Insects*. 14:1–16. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects14020162>.