

PATOGENISITAS CENDAWAN ENTOMOPATOGEN *Beauveria bassiana* (Bals.) PADA HAMA PASCAPANEN

PATHOGENICITY OF ENTOMOPATHOGENIC FUNGI *Beauveria bassiana* (Bals.) AGAINST POST-HARVEST PESTS

**Fazriani Batubara¹, Hendrival^{1*}, Muhammad Muaz Munauwar¹, Baidhawi¹,
Novita Pramahsari Putri¹, Nurmasiyah²**

¹Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh
Jalan Banda Aceh-Medan, Kampus Reuleut, Muara Batu, Aceh Utara, Propinsi Aceh, Indonesia

²Balai Penyuluh Pertanian (BPP) Kecamatan Syamtalira Aron, Dinas Pertanian dan Pangan,
Kabupaten Aceh Utara, Propinsi Aceh, Indonesia

ABSTRAK

Sitophilus oryzae dan *Tribolium castaneum* merupakan hama primer yang menyebabkan kerusakan kuantitas dan kualitas pada bahan pangan dan olahannya di penyimpanan. Pemanfaatan patogen serangga seperti cendawan entomopatogen mempunyai prospek yang baik untuk mengendalikan hama pascapanen. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* yang menyebabkan infeksi dan mortalitas pada imago *S. oryzae* dan *T. castaneum*. Aplikasi suspensi cendawan entomopatogen *B. bassiana* pada imago *S. oryzae* dan *T. castaneum* dengan metode pencelupan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cendawan entomopatogen *B. bassiana* lebih efektif menyebabkan infeksi dan mortalitas pada imago *S. oryzae* dibandingkan imago *T. castaneum*. Mortalitas pada imago *S. oryzae* lebih tinggi terjadi pada dengan pengenceran 10^{-1} sebesar 91,67%, sedangkan pada imago *T. castaneum* hanya mencapai 75%. Nilai LT50 pada imago *S. oryzae* dan *T. castaneum* pada pengenceran 10^{-1} lebih singkat yaitu 8,46 dan 9,15 hari daripada pengenceran 10^{-3} . Cendawan entomopatogen *B. bassiana* memiliki kemampuan untuk mengendalikan hama *S. oryzae* dan *T. castaneum*. Informasi ini memberikan prospek yang baik bagi pengendalian hayati pada hama pascapanen lainnya di penyimpanan.

Kata kunci: *Beauveria bassiana*, Periode letal, *Sitophilus oryzae*, *Tribolium castaneum*

ABSTRACT

Sitophilus oryzae and *Tribolium castaneum* are primary pests that cause damage to the quantity and quality of post-harvest food especially grains in storage. The utilization of entomopathogens such as fungi has good prospects for controlling post-harvest pests. The study aims to evaluate the effectiveness of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* in causing infection and mortality against the imago of *S. oryzae* and *T. castaneum*. The research method used the dipping method by dipping the imago of *S. oryzae* and *T. castaneum* in the suspension containing entomopathogenic fungi *B. bassiana*. The results found that the entomopathogenic fungi *B. bassiana* was more effective cause infection and mortality in *S. oryzae* compared to *T. castaneum*. The higher mortality occurred in *S. oryzae* with dilution 10^{-1} of 91.67%, while *T. castaneum* only reach 75%. The LT50 value for *S. oryzae* and *T. castaneum* at dilution 10^{-1} were shorter, namely 8.46 and 9.15 days than at dilution 10^{-3} . In addition, the entomopathogenic fungi *B. bassiana* was able to control the imago of *S. oryzae* and *T. castaneum*. This information gives good prospects for biological control of other post-harvest pests in storage

Keywords: *Beauveria bassiana*, Lethal period, *Sitophilus oryzae*, *Tribolium castaneum*

Pendahuluan

Hama kumbang bubuk beras, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) dan kumbang tepung merah, *Tribolium castaneum*

Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) merupakan hama utama yang menyebabkan kerusakan kuantitas dan kualitas pada sereal dan olahannya di penyimpanan (Hendrival & Meutia, 2016; Hendrival *et al.*, 2016; Hendrival & Melinda, 2017; Hendrival *et al.*, 2022a). Kedua hama ini tersebar luas di daerah subtropis dan

*) Penulis Korespondensi.

E-mail: hendrival@unimal.ac.id

Telp: +6281360038391

tropis (Hong *et al.*, 2018; Abdullahi *et al.*, 2019). Hama *S. oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) tergolong hama primer pada serealia seperti seperti beras, sorgum, gandum, jagung, dan kacang mete di penyimpanan di penyimpanan (Attia *et al.*, 2017; Saad *et al.*, 2018; Hendrival *et al.*, 2019a; Mehta & Kumar, 2020; Hendrival *et al.*, 2022). Sebaliknya, hama *T. castaneum* termasuk hama sekunder di tempat pengolahan dan penyimpanan tepung (Campbell *et al.*, 2010; Hendrival *et al.*, 2016; McKay *et al.*, 2019; Astuti *et al.*, 2020).

Kerusakan serealia oleh larva dan imago *S. oryzae* mencakup penyusutan berat penurunan kandungan karbohidrat, protein, dan vitamin serta membuat serealia rentan terhadap kontaminasi tungau dan cendawan (Zakladnoy, 2018; Okpile *et al.*, 2021). Hendrival & Meutia (2016) dan Hendrival & Melinda (2017) melaporkan bahwa kerusakan beras dipengaruhi oleh kepadatan populasi dan periode penyimpanan. Kerusakan beras juga ditentukan jenis dan kadar air beras (Rini & Hendrival, 2017; Romadani & Hendrival 2018; Hendrival *et al.*, 2018; Annisa *et al.*, 2021; Hendrival *et al.*, 2022a; Nasution *et al.*, 2022; Susanti *et al.*, 2022; Hendrival *et al.*, 2022b). Hama *T. castaneum* diketahui memiliki kemampuan bertahan hidup dengan baik pada berbagai jenis tepung (Ali *et al.*, 2011; Gerken & Campbell, 2020). Musa & Lawal (2013) dan Hendrival & Amanda (2019) melaporkan bahwa *T. castaneum* dapat berkembang pada tepung jagung, beras, gandum, sorgum, dan biskuit. Kayode *et al.* (2014) dan El-Desouky *et al.* (2018) mengemukakan bahwa serangan yang berat dari *T. castaneum* pada tepung menyebabkan tepung tidak layak untuk dikonsumsi dan pertumbuhan jamur atau kapang yang menyebabkan tepung berwarna coklat. Larva dan imago merupakan stadia aktif makan dan menyebabkan kerusakan pada tepung (Perkin & Oppert, 2019). Asosiasi antara *S. oryzae*, *T. castaneum*, dan *R. dominica* dapat meningkatkan kerusakan sorgum dan gandum (Hendrival & Rangkuti, 2020; Hendrival *et al.*, 2022c).

Pengendalian hama *S. oryzae* dan *T. castaneum* dengan insektisida sintetik melalui fumigasi. Fumigasi dengan frekuensi dan dosis yang tinggi dapat menyebabkan dampak negatif seperti resistensi *S. oryzae* dan keracunan pada konsumen (Hendrival *et al.*, 2017a; Hendrival *et al.*, 2017b). Jenis fumigan yang sering digunakan untuk mengendalikan metil bromida dan fosfin. Resistensi terhadap fosfin telah menciptakan tantangan besar untuk mengendalikan hama hama

pascapanen lainnya di penyimpanan (Donahaye, 2000; Rani, 2012; Wakil *et al.*, 2021). Oleh karena itu diperlukan pilihan pengendalian lainnya yang efektif terhadap hama *S. oryzae* dan *T. castaneum* tidak memiliki efek racun pada konsumen. Pengendalian hayati merupakan sarana pengendalian alternatif yang layak dikembangkan untuk mengendalikan hama *S. oryzae* dan *R. dominica* yang telah dilaporkan resisten terhadap insektisida sintetik.

Pengendalian hayati dilakukan dengan menggunakan musuh alami dari spesies serangga hama seperti parasitoid, predator, dan patogen serangga. Pemanfaatan patogen serangga seperti cendawan entomopatogen mempunyai prospek yang baik untuk mengendalikan hama pascapanen (Kavallieratos *et al.*, 2014). *Beauveria bassiana* merupakan spesies cendawan entomopatogen yang memiliki banyak spesies serangga hama sebagai inangnya. Koloni cendawan *Beauveria bassiana* berwarna putih sehingga dikenal sebagai cendawan penyebab penyakit yang disebut dengan *white muscardine fungus* yang patogenik terhadap serangga sasaran (Bayu *et al.*, 2021). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas *B. bassiana* untuk mengendalikan hama pascapanen seperti *S. oryzae*, *S. zeamasi*, *Rhizopertha dominica*, *Acanthoscelides obtectus*, *Callosobruchus maculatus*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, dan *Prostephanus truncatus* (Abdel-Raheem *et al.*, 2015; Mantzoukas *et al.*, 2022). Kajian penelitian tentang efektivitas cendawan *B. bassiana* terhadap *S. oryzae* dan *T. castaneum* sebagai tindakan pengurangan penggunaan insektisida sintetik di penyimpanan gabah dan beras. Penelitian bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas cendawan entomopatogen *B. bassiana* yang menyebabkan infeksi dan mortalitas pada imago *S. oryzae* dan *T. castaneum*.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari Agustus samapi Nopember 2021 di Laboratorium Hama dan Penyakit Tanaman, Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Malikussaleh, Propinsi Aceh. Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu cendawan *B. bassiana*, alkohol 70%, aquades, *Potato Dextrose Agar* (PDA), dan imago *S. oryzae* dan *T. castaneum*, beras merah, tepung gandum, serta media starter campuran beras-jagung. Alat yang digunakan yaitu *autoclave*, *petridish*, *erlenmayer*,

plastik tahan panas, jarum ose, timbangan analitik, bunsen, rak tabung reaksi, tabung reaksi, *laminar air flow cabinet*, oven, mikroskop, *haemocytometer*, dan *aluminium foil*.

Pembiakkan serangga *S. oryzae* dan *T. castaneum* berdasarkan metode Hendrival & Meutia (2016) dan Hendrival *et al.* (2016). Imago diinfestasikan ke dalam stoples plastik (tinggi 12 cm dan diameter 15 cm) dengan tingkat kepadatan populasi 40 pasang imago. Imago *S. oryzae* dipelihara dengan pakan beras merah sebanyak 250 g, sedangkan *T. castaneum* dengan pakan tepung gandum sebanyak 250 g. Pemeliharaan dilakukan dengan kondisi suhu 29–32 °C dan RH 72–75%. Pemeliharaan dilakukan selama empat minggu sesuai dengan siklus hidup kedua imago. Imago-imago dari stoples pemeliharaan dikeluarkan setelah empat minggu disimpan. Beras merah dan tepung tersebut diinkubasikan kembali dengan pakan yang baru hingga didapatkan jumlah imago dengan umur yang seragam.

Media starter yang digunakan untuk perbanyak *B. bassiana* yaitu campuran beras dan jagung. Beras dan jagung tersebut dihancurkan secara terpisah dengan cara menggunakan blender, kemudian dibersihkan dengan air dan ditiriskan. Beras dan jagung dikukus secara terpisah dengan waktu yang berbeda. Beras dikukus selama 20 menit dan jagung selama 30 menit, kemudian kedua media tersebut dicampurkan dengan perbandingan 1:1 (100 g beras + 100 g jagung) dan dikemas dalam plastik tahan panas. Sterilisasi campuran media yang telah dikemas menggunakan *autoclave* dengan suhu 121 °C selama 30 menit. Penanaman isolat *B. bassiana* pada media starter dilakukan di ruang *Laminar air flow cabinet*. Potongan isolat *B. bassiana* dengan ukuran 1 cm² diinokulasi pada media starter yang telah dikemas. Kantung plastik kemasan media starter dikembungkan, dilipat, dan direkatkan. Kemasan media starter tersebut diaduk dan diberi tanggal inokulasi serta disimpan selama 10–14 hari pada keadaan suhu ruangan 23 °C pada ruangan yang gelap.

Media starter yang telah ditumbuhi miselium cendawan *B. bassiana* diambil dan dipisahkan dari media sebanyak 2 gram, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi serta diberikan aquades sebanyak 9 ml kemudian dikocok dengan membenturkan tabung ke telapak tangan sampai media beras–jagung terpisah dari miselia cendawan. Setelah terpisah lalu dipindahkan ke dalam tabung reaksi yang lain

sehingga tahapan ini menghasilkan tingkat pengenceran 10⁻¹. Pada pengenceran 10⁻² dilakukan dengan cara mengambil sebanyak 1 ml suspensi pada tingkat pengenceran 10⁻¹ dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml aquades, demikian seterusnya dengan tahapan yang sama untuk mendapatkan pengenceran 10⁻³, 10⁻⁵, dan 10⁻⁷. Tujuan pengenceran bertingkat yaitu untuk memperkecil atau mengurangi jumlah mikroba yang tersuspensi dalam cairan. Aplikasi suspensi cendawan entomopatogen *B. bassiana* terhadap *S. oryzae* dan *T. castaneum* menggunakan suspensi sebanyak 5 ml per ulangan, karena pengaplikasian menggunakan botol dengan lebar 4 cm dan serangga uji yang digunakan sebanyak 20 imago maka sudah cukup untuk menutupi keseluruhan tubuh serangga uji tersebut. Kerapatan spora pada setiap tingkat pengenceran dihitung menggunakan *Haemocytometer* dibawah mikroskop majemuk pada perbesaran 400x dengan menggunakan rumus Gabriel & Riyatno (1989) sebagai berikut.

$$C = \frac{t}{N \times 0,25} \times 10^6$$

Keterangan:

- C : Kerapatan spora per ml larutan suspensi
 t : Jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati
 N : Jumlah kotak sampel yang diamati
 0,25 : Faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil dalam *Haemocytometer*

Suspensi *B. bassiana* diaplikasikan dengan menggunakan metode *dipping* atau metode pencelupan. Imago *S. oryzae* dan *T. castaneum* diletakkan secara terpisah dalam botol kaca dan dimasukkan dengan 5 ml suspensi *B. bassiana*. Volume suspensi *B. bassiana* yang digunakan berdasarkan perlakuan tingkat pengenceran, sedangkan pada kontrol hanya dengan aquades. Jumlah imago *S. oryzae* dan *T. castaneum* yang digunakan untuk setiap perlakuan tingkat pengenceran sebanyak 60 imago (20 imago per ulangan). Imago-imago yang telah dicelupkan suspensi *B. bassiana* dibiarkan tergenang dalam suspensi selama 60 detik, kemudian imago tersebut diletakkan di permukaan kertas *tissue*. Imago *S. oryzae* tersebut dipelihara dalam cawan petri dengan makanan berupa beras merah sebanyak 10 g/cawan petri dan imago *T. castaneum* dipelihara di cawan petri dengan makanan berupa tepung gandum sebanyak 10 g/cawan petri.

Aplikasi cendawan entomopatogen *B. bassiana* pada imago dilakukan dengan metode pencelupan (*dipping method*). Cendawan entomopatogen diencerkan menjadi tingkat pengenceran yaitu 10^{-1} , 10^{-3} , 10^{-5} , dan 10^{-7} . Suspensi yang telah diencerkan dituangkan kedalam botol kaca sebanyak 5 ml sesuai dengan tingkat pengenceran, sedangkan untuk kontrol menggunakan aquades sebanyak 5 ml. Imago *S. oryzae* atau *T. castaneum* dimasukkan sebanyak 20 imago per ulangan dan didiamkan selama 1 menit. Mortalitas imago diamati sejak 1 sampai 14 hari setelah aplikasi cendawan. Mortalitas imago ditentukan dengan menggunakan rumus berikut.

$$\text{Mortalitas imago} = \frac{r}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

r = jumlah imago *S. oryzae* atau *T. castaneum* yang mati

n = jumlah imago *S. oryzae* atau *T. castaneum* keseluruhan

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan tingkat pengenceran suspensi cendawan *B. bassiana* yang terdiri dari 10^{-1} , 10^{-3} , 10^{-5} , 10^{-7} , dan kontrol (aquades). Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis ragam. Perbandingan rata-rata perlakuan menggunakan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 0,05. Hubungan antara pengenceran suspensi cendawan dengan waktu kematian imago ditentukan dengan analisis probit dengan menggunakan program POLO-PLUS. Nilai LT₅₀ ditetapkan setelah waktu kematian imago mencapai lebih dari 50% pada setiap pengenceran suspensi.

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aplikasi cendawan entomopatogen *B. baasiana* dengan perbedaan tingkat pengenceran berpengaruh sangat nyata terhadap mortalitas imago *S. oryzae* dan *T. castaneum* (Tabel 1). Mortalitas pada kedua imago mulai terjadi pada 4 HSA. Aplikasi cendawan *B. bassiana* pada tingkat pengenceran 10^{-1} menyebabkan mortalitas yang paling tinggi diantara tingkat pengenceran lainnya. Pada tingkat pengenceran suspensi 10^{-1} dapat menyebabkan mortalitas imago *S. oryzae* lebih tinggi yaitu 91,67% daripada *T. castaneum* yaitu 75%. Pengenceran suspensi 10^{-3} sampai 10^{-7} memperlihatkan penurunan mortalitas pada kedua imago. Penurunan mortalitas terjadi karena terjadinya penurunan jumlah propagul

dari cendawan *B. baasiana* sehingga kemampuan virulensi menjadi rendah. Hasil pengamatan memperlihatkan bahwa aplikasi cendawan entomopatogen *B. bassiana* menyebabkan mortalitas imago terpaut pengenceran suspensi (Tabel 1). Cendawan *B. bassiana* efektif untuk mengendalikan hama *S. oryzae* dan *T. castaneum* di penyimpanan. Hasil penelitian Kavallieratos *et al.* (2014) dan Yassin *et al.* (2020) juga memperlihatkan bahwa cendawan *B. bassiana* memiliki tingkat mortalitas yang tinggi pada imago *S. oryzae* dibandingkan dengan cendawan *Isaria fumosorosea* dan *Metarhizium anisopliae*. Hasil penelitian Raya *et al.* (2014), Golshan *et al.* (2014), Artia *et al.* (2022), dan Afifah *et al.* (2022) juga memperlihatkan bahwa *B. bassiana* dapat menyebabkan kematian pada imago *S. oryzae* dan *T. castaneum*. Patogenisitas cendawan *B. bassiana* pada imago *S. oryzae* lebih tinggi dari *S. granarius* (Mantzoukas *et al.*, 2019). Khashaveh *et al.* (2011) menyatakan bahwa imago *S. granarius* lebih rentan terhadap *B. bassiana* karena menyebabkan mortalitas yang tinggi dibandingkan dengan imago *T. castaneum* dan *Oryzaephilus surinamensis*.

Penilaian hubungan waktu kematian dari cendawan entomopatogen *B. bassiana* terhadap mortalitas imago *S. oryzae* dan *T. castaneum* dinyatakan dengan LT₅₀ (LT: *lethal time*). Hubungan tersebut ditentukan dengan analisis probit. Nilai LT₅₀ merupakan waktu kematian setelah aplikasi cendawan entomopatogen *B. bassiana* yang menyebabkan mortalitas mencapai 50% dari populasi *S. oryzae* dan *T. castaneum*. Penentuan nilai LT₅₀ dilakukan pada pengenceran suspensi yang menyebabkan mortalitas telah mencapai 50% pada imago kumbang bubuk beras dan kumbang tepung merah yaitu pengenceran 10^{-1} dan 10^{-3} , sedangkan pada tingkat pengenceran suspensi 10^{-5} dan 10^{-7} menyebabkan mortalitas dibawah 50% (Tabel 1). Berdasarkan hasil analisis probit diketahui bahwa pada pengenceran 10^{-1} menyebabkan mortalitas *S. oryzae* dan *T. castaneum* mencapai 50% terjadi pada 8,46 dan 9,67 hari, sedangkan pada pengenceran 10^{-3} terjadi pada 11,49 dan 12,53 hari. Nilai LT₅₀ dari pengenceran 10^{-1} lebih rendah dibandingkan dengan pengenceran 10^{-3} pada kedua imago (Tabel 1). Berdasarkan hasil perbandingan nilai LT₅₀ diketahui bahwa waktu kematian dari cendawan *B. bassiana* pada imago *S. oryzae* lebih rendah dibandingkan pada imago *T. castaneum*. Cendawan *B. bassiana* memiliki laju infeksi yang tinggi pada imago *S. oryzae* daripada imago *T.*

castaneum. Pada pengenceran 10^{-1} yang memiliki kerapatan spora paling banyak membutuhkan waktu yang singkat untuk menyebabkan

kematian kedua imago dibandingkan dengan pengenceran 10^{-3} dengan kerapatan spora yang rendah (Tabel 3).

Tabel 1. Pengaruh pengenceran suspensi cendawan entomopatogen *B. bassiana* terhadap mortalitas imago mortalitas imago *S. oryzae* dan *T. castaneum*

| Hama pascapanen | Pengenceran suspensi | Mortalitas imago | | | | | |
|---------------------|----------------------|------------------|---------|----------|----------|----------|-----------|
| | | 4 HSA | 6 HSA | 8 HSA | 10 HSA | 12 HSA | 14 HSA |
| <i>S. oryzae</i> | Kontrol | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a |
| | 10^{-1} | 6,67 b | 25,00 d | 41,67 e | 61,67 e | 81,67 e | 91,67 e |
| | 10^{-3} | 0,00 a | 10,00 c | 20,00 d | 38,33 d | 56,67 d | 66,67 d |
| | 10^{-5} | 0,00 a | 6,67 bc | 16,67 c | 26,67 c | 36,67 c | 48,33 c |
| | 10^{-7} | 0,00 a | 3,33 b | 10,00 b | 16,67 b | 26,67 b | 28,33 b |
| <i>F</i> hitung | | 36,18** | 29,58** | 409,27** | 383,66** | 609,74** | 570,20** |
| <i>P</i> | | <0,000 | <0,000 | <0,000 | <0,000 | <0,000 | <0,000 |
| <i>T. castaneum</i> | Kontrol | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a | 0,00 a |
| | 10^{-1} | 6,67 b | 20,00 d | 35,00 e | 51,67 e | 63,33 e | 75,00 e |
| | 10^{-3} | 1,67 a | 11,67 c | 25,00 d | 35,00 d | 45,00 d | 56,67 d |
| | 10^{-5} | 0,00 a | 5,00 b | 15,00 c | 25,00 c | 35,00 c | 43,33 c |
| | 10^{-7} | 0,00 a | 0,00 a | 6,67 b | 16,67 b | 26,67 b | 30,00 b |
| <i>F</i> hitung | | 8,95** | 24,54** | 108,21** | 233,84** | 372,92** | 1353,79** |
| <i>P</i> | | <0,002 | <0,000 | <0,000 | <0,000 | <0,000 | <0,000 |

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada tabel yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 0,05

Tabel 2. Pendugaan parameter hubungan waktu kematian dari pengenceran suspensi cendawan entomopatogen *B. bassiana* dengan mortalitas imago *S. oryzae* dan *T. castaneum*

| Hama pascapanen | Pengenceran suspensi | Intersep garis probit (a) dan galat baku | Kemiringan regresi (b) probit dan galat baku | LT50 (hari) |
|---------------------|----------------------|--|--|---------------------|
| <i>S. oryzae</i> | 10^{-1} | -4,758 ± 0,334 | 5,134 ± 0,354 | 8,46 (8,066–8,88) |
| | 10^{-3} | -5,323 ± 0,430 | 4,989 ± 0,432 | 11,49 (10,87–12,26) |
| <i>T. castaneum</i> | 10^{-1} | -4,755 ± 0,343 | 4,945 ± 0,358 | 9,15 (8,70–9,63) |
| | 10^{-3} | -4,582 ± 0,377 | 4,280 ± 0,383 | 11,79 (11,05–12,75) |

Tabel 3. Kerapatan spora *B. bassiana* berdasarkan pengenceran suspensi

| Pengenceran suspensi | Kerapatan spora <i>B. bassiana</i> |
|----------------------|------------------------------------|
| 10^{-1} | 1360,64 x 10^6 |
| 10^{-3} | 107,2 x 10^6 |
| 10^{-5} | 32,8 x 10^6 |
| 10^{-7} | 18,4 x 10^6 |

Cendawan entomopatogen *B. bassiana* memiliki laju infeksi yang tinggi pada imago *S. oryzae* sehingga mortalitasnya lebih tinggi dibandingkan pada imago *T. castaneum*. Perbedaan laju infeksi menyebabkan perbedaan mortalitas pada kedua imago. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa cendawan entomopatogen *B. bassiana* menyebabkan mortalitas dengan periode letal yang berbeda

tergantung pada jenis serangga uji. Mortalitas yang tinggi pada imago kumbang bubuk beras berkaitan dengan daya tahannya terhadap patogen. Imago *S. oryzae* yang rentan mempengaruhi virulensi cendawan *B. bassiana* pada berbagai perlakuan pengenceran suspensi. Virulensi tergantung pada jumlah spora cendawan entomopatogen pada serangga inang. Cendawan entomopatogen yang mempunyai virulensi tinggi biasanya memiliki periode letal yang singkat dan dapat membunuh inangnya dengan cepat serta meningkatkan mortalitas pada inang. Hasil penelitian memberikan informasi bahwa virulensi yang tinggi disertai dengan waktu kematian yang singkat dapat meningkatkan mortalitas yang terjadi pada imago *S. oryzae* dan *T. castaneum*. Virulensi cendawan dan mortalitas imago berkaitan dengan karakter biologi dari cendawan *B. bassiana*, sedangkan

mortalitas kedua imago berkaitan dengan kerentanan imago tersebut terhadap cendawan *B. bassiana*.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tidak semua imago kumbang bubuk beras dan kumbang tepung merah yang terinfeksi cendawan *B. bassiana* dan mati terlihat ditumbuhi miselium cendawan pada suhu 28 °C. Miselium cendawan *B. bassiana* akan terlihat pada tubuh imago terjadi pada 20–23 hari setelah inkubasi. Proses infeksi sampai terjadinya kematian pada imago memerlukan waktu berkisar antara 3 sampai 14 hari setelah aplikasi. Proses infeksi tersebut terjadi melalui empat tahapan yaitu inokulasi, germinasi, penetrasi, diseminasi, dan kolonisasi (Dannon *et al.*, 2020). Proses infeksi inang akan terjadi setelah adanya kontak dengan tubuh inang kemudian konidia berkecambah membentuk hifa penetrasi yang akan menembus kutikula *S. oryzae* dan *T. castaneum*. Hifa yang berada dalam tubuh serangga tersebut akan berkembang di dalam tubuh imago. Miselium cendawan *B. bassiana* yang bewarna putih akan menembus kutikula pada tubuh imago *S. oryzae* dan *T. castaneum* sehingga tubuh serangga mati mengeras seperti mumi. Jika kondisi lingkungan kurang menguntungkan bagi cendawan, maka cendawan hanya berlangsung di dalam tubuh serangga tanpa menembus kutikula imago tersebut. Periode waktu yang dibutuhkan cendawan entomopatogen untuk kematian serangga tergantung dari virulensi isolat, faktor serangga yang terdiri umur dan stadia maupun proses ganti kulit, dan faktor lingkungan seperti temperatur, kelembaban, dan angin (Chandrasekharan & Nataraju, 2011).

Cendawan *B. bassiana* juga menghasilkan toksin yang meracuni serangga inang hingga menyebabkan kematian. Beragam toksin yang dihasilkan cendawan *B. bassiana* seperti beauvericin, bassianin, bassiacridin, bassianolide, cyclosporine, dan tenellin yang merusak sistem syaraf, menggagalkan proses ganti kulit dan mengakibatkan kematian serangga inang (Behie *et al.*, 2015; Vikhe *et al.* 2016; Jaber & Ownley, 2018; Bayu *et al.*, 2021). Beauverizin merupakan toksin yang sangat berperan dalam infeksi cendawan entomopatogen *B. bassiana*. Beauvericin sangat toksik membunuh tungau *Tetranychus urticae* (Al Khoury *et al.*, 2019). Senyawa bassianolide juga mampu membunuh larva *S. litura* (Lepidoptera; Noctuidae) hingga mencapai 100% (Petlamul & Prasertsan, 2012). Sementara itu, senyawa bassiacridin dilaporkan cukup toksik membunuh serangga *Locusta*

migratoria (Orthoptera: Acrididae) (Keswani *et al.*, 2013). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa cendawan entomopatogen *B. bassiana* memiliki kemampuan untuk mengendalikan hama *S. oryzae* dan *T. castaneum*. Informasi ini memberikan prospek yang baik bagi pengendalian hayati pada hama pascapanen lainnya di penyimpanan.

Kesimpulan

Cendawan entomopatogen *B. bassiana* lebih efektif menyebabkan infeksi dan mortalitas pada imago *S. oryzae* dibandingkan imago *T. castaneum*. Mortalitas pada imago *S. oryzae* lebih tinggi terjadi pada dengan pengenceran 10^{-1} sebesar 91,67%, sedangkan pada imago *T. castaneum* hanya mencapai 75%. Periode letal pada pengenceran 10^{-1} lebih singkat dari pengenceran 10^{-3} pada kedua imago.

Daftar Pustaka

- Abdel-Raheem, M.A., Ismail, I.A., Abdel Rahman, R.S., Farag, N.A., & Abdel Rhman, I.E. 2015. Entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana* (Bals.) and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) as biological control agents on some stored product insects. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 3(6), 316–320.
- Abdullahi, G., Muhamad, R., & Sule, H. 2019. Biology, host range and management of red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae): a review. *Taraba Journal of Agricultural Research*, 7(1), 48 – 64.
- Afifah, L., Afifah, D.M., Surjana, T., Kurniati, A., & Maryana, R. 2022. Produksi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* menggunakan substrat kaya pati dan infektifitasnya terhadap *Tribolium castaneum*. *Jurnal Ilmu Dasar*, 23(2), 139–148
- AlKhoury, C., Guillot, J., & Nemer, N. 2019. Lethal activity of beauvericin, a *Beauveria bassiana* mycotoxin, against the two spotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch. *Journal of Applied Entomology*, 143(9), 974–983.
- Ali, A. & Sarwar, M. 2011. Evaluating resistance of wheat germplasms to attack by red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst)

- (Coleoptera). *Pakistan Journal of Zoology*, 43, 793–797.
- Annisa, M., Hendrival, & Khaidir. 2021. Evaluasi ketahanan beras lokal provinsi Sumatera Barat terhadap hama *Sitophilus oryzae* (L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 9(3), 543–552.
- Artia, I.J., Mutiara, D., & Novianti, D. 2022. Uji mortalitas kumbang beras (*Sitophilus oryzae*) dengan pengendalian hayati jamur *Beauveria bassiana*. *Jurnal Indobiosains*, 4(1), 9–14.
- Astuti, L.P., Rizali, A., Firnanda, R. & Widjayanti, T. 2020. Physical and chemical properties of flour products affect the development of *Tribolium castaneum*. *Journal of Stored Products Research*, 86, 101555.
- Attia, M.A., Wahba, T.F., Mackled, M.I., & Shawir, M.S. 2017. Resistance status and associated resistance mechanisms to certain insecticides in rice weevil *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Alexandria Journal of Agricultural Sciences*, 62(4), 331–340.
- Bayu, M.S.Y.I., Prayogo, Y., & Indiati, S.W. 2021. *Beauveria Bassiana*: biopestisida ramah lingkungan dan efektif untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. *Buletin Palawija*, 19(1), 41–63.
- Behie, S.W., Jones, S.J., & Bidochka, M.J. 2015. Plant tissue localization of the endophytic insect pathogenic fungi *Metarhizium* and *Beauveria*. *Fungal Ecology*, 13, 112–119.
- Campbell, J.F., Toews, M.D., Arthur, F.H., & Arbogast, R.T. 2010. Long-term monitoring of *Tribolium castaneum* in two flour mills: Seasonal patterns and impact of fumigation. *Journal of Economic Entomology*, 103, 991–1001.
- Candrsekharan, K. & Nataraju, B. 2011. *Beauveria bassiana* (Hyphomycetes: Moniliales) infection during ecdysis of silkworm *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Munis Entomology & Zoology Journal*, 6, 312–316.
- Dannon, H.F., Dannon, A.E., Douro-Kpindou, O.K., Zinsou, A.V., Houndete, A.T., Toffa-Mehinto, J., Elegbede, I.A.T.M., Olou, B.D., & Tamo, M. 2020. Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton insect pest management. *Journal of Cotton Research*, 3(1), 1–21.
- Donahaye, E.J. 2000. Current status of non-residual control methods against stored product pests. *Crop Protection*, 19, 571–576.
- El-Desouky, T.A., Elbadawy, S.S., Hussain, H.B.H., & Hassan, N.A. 2018. Impact of insect densities *Tribolium castaneum* on the benzoquinone secretions and aflatoxins levels in wheat flour during storage periods. *The Open Biotechnology Journal*, 12, 104–111.
- Gerken, A.R. & Campbell, J.F. 2020. Oviposition and development of *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) on different types of flour. *Agronomy*, 10(10), 1593.
- Golshan, H., Saber, M., Majidi-Shilsar, F., Karimi, F., & Ebadi, A.A. 2014. Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana* isolates on red flour beetle *Tribolium castaneum* and their characterization by random amplified polymorphic DNA. *Journal of Agriculture, Science and Technology*, 16, 747–758.
- Gvozdenac, S., Tanasković, S., Vukajlović, F., Prvulović, D., Ovuka, J., Višacki, V., & Sedlar, A. 2020. Host and ovipositional preference of rice weevil (*Sitophilus oryzae*) depending on feeding experience. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(5), 6663–6673.
- Hendrival & Muetia, R. 2016. Pengaruh periode penyimpanan beras terhadap pertumbuhan populasi *Sitophilus oryzae* (L.) dan kerusakan beras. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 4(2), 95–101.
- Hendrival, Latifah, Saputra, D. & Orina. 2016. Kerentanan jenis tepung terhadap infestasi kumbang tepung merah (*Tribolium castaneum* Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). *Jurnal Agrikultura*, 27(3), 148–153.
- Hendrival & Mayasari, E. 2017 Kerentanan dan kerusakan beras terhadap serangan hama pascapanen *Sitophilus zeamais* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Jurnal Agro*, 4(2), 68–79.
- Hendrival, Ningsih, M.S., Maryati, Putri, C.N., & Nasrianti. 2017. Sinergisme serbuk daun

- Ageratum conyzoides*, rimpang *Curcuma longa*, dan *Zingiber officinale* terhadap *Sitophilus oryzae* L. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 10 (2), 101–109.
- Hendrival, Ningsih, M.S., Chodiron, & Wismawati, A. 2017. Toksisitas insektisida nabati dari Famili Asteraceae, Anacardiaceae, dan Euphorbiaceae terhadap *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Jurnal Biosains*, 3(1), 1–8.
- Hendrival & Amanda, R. 2019. Kerentanan relatif tepung sorgum terhadap kumbang tepung merah (*Tribolium castaneum* Herbst). *AGRIN: Jurnal Penelitian Pertanian*, 23(2), 122–131.
- Hendrival, Khaidir, & Nurhasanah. 2019. Pertumbuhan populasi *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) dan karakteristik kehilangan bobot pada beras. *Jurnal Agrista*, 23(2), 64–75.
- Hendrival, Putra, R.L., & Aryani, D.S. 2019. Susceptibility of sorghum cultivars to *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) during storage. *Planta Tropika: Journal of Agro Science*, 7(2), 110–116.
- Hendrival, & Rangkuti, R.R. 2020. Interaksi antar spesies hama pascapanen pada gandum. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 4(2), 136–145.
- Hendrival, Maulida, A., Julianti, & Khaidir. 2022. Klasifikasi kerentanan tepung beras dan jagung terhadap hama kumbang tepung merah (*Tribolium castaneum* Herbst). *Jurnal Agrotek Indonesia*, 7(1), 19–25.
- Hendrival, Khairunnisa, R., & Munauwar, M.M. 2022. Variasi kerentanan dan kerusakan sereal setelah infestasi hama kumbang bubuk (*Sitophilus oryzae* L.) berdasarkan kadar air. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(1), 73–84.
- Hendrival, Sitompul, S., & Z. Wirda. 2022. Interaksi antara *Sitophilus oryzae* (L.) dan *Rhizopertha dominica* (F.) terhadap pertumbuhan populasi dan kerusakan sorgum. *Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 18(2), 134–141.
- Hong, K.J., Lee, W., Park, Y.J., & Yang, J.O. 2018. First confirmation of the distribution of rice weevil, *Sitophilus oryzae*, in South Korea. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 11(1), 69–75.
- Jaber, L.R. & Ownley, B.H. 2018. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control*, 116, 36–45.
- Kavallieratos, N.G., Athanassiou, C.G., Aountala, M.M., & Kontodimas, D.C. 2014. Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, and *Isaria fumosorosea* for control of *Sitophilus oryzae*. *Journal of Food Protection*, 1, 4–17.
- Kayode, O.Y., Adedire, C.O., & Akinkulore, R.O. 2014. Influence of four cereal flours on the growth of *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ife Journal of Science*, 16(3), 505–516.
- Keswani, C., Singh, S.P., & Singh, H.B. 2013. *Beauveria bassiana*: status, mode of action, applications and safety issues. *Biotech Today: An International Journal of Biological Sciences*, 3(1), 16–19.
- Khashaveh, A., Ghosta, Y., Safaralizadeh, M.H., & Ziaee, M. 2011. The use of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. in assays with storage grain beetles *Journal Agricultural Science and Technology*, 13(1), 35–43.
- Mantzoukas, S., Kitsiou, F., Natsiopoulos, D., & Eliopoulos, P.A. 2022. Entomopathogenic fungi: interactions and applications. *Encyclopedia*, 2, 646–656
- McKay, T., Bowombe-Toko, M.P., Starkus, L.A., Arthur, F.H., & Campbell, J.F. 2019. Monitoring of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) in rice mills using pheromone-baited traps. *Journal of Economic Entomology*, 112, 1454–1462
- Mehta, V., & Kumar, S. 2020. Relative susceptibility and influence of different wheat cultivars on biological parameters of *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *International Journal of Tropical Insect Science*, 41, 653–661.
- Musa, A & Lawal, T. 2013. Proximate composition of ten types of biscuits and their susceptibility to *Tribolium castaneum* Herbst (Tenebrionidae: Bostrichidae) in

- Nigeria. *Food Science and Quality Management*, 14, 33–40.
- Nasution, H.F., Hendrival, Hafifah, Munauwar, M.M., & Nurdin, M.Y. 2022. Karakteristik dimensi beras lokal Propinsi Sumatera Utara dan kajian kerentanannya terhadap *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). *Ziraa'ah: Majalah Ilmiah Pertanian*, 47(2), 267–278.
- Okpile, C., Zakka, U., & Nwosu, L.C. 2021. Susceptibility of ten rice brands to weevil, *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae), and their influence on the insect and infestation rate. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(2), 2–10.
- Perkin, L.C. & Oppert, B. 2019. Gene expression in *Tribolium castaneum* life stages: Identifying a species-specific target for pest control applications. *PeerJ*, 7, e6946.
- Petlamul, W. & Prasertsan, P. 2012. Evaluation of strains of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Spodoptera litura* on the basis of their virulence, germination rate, conidia, production, radial growth and enzyme activity. *Mycrobiology*, 40(2), 111–116.
- Rani, P.U. 2012. Fumigant and contact toxic potential of essential oils from plant extracts against stored product pests. *Journal of Biopesticides*, 5(2), 120–128.
- Raya, Y.A.A., Swibawa, I.G., & Indriyati. 2014. Uji patogenisitas jamur *Beauveria bassiana* yang diisolasi dari *Hypothenemus hampei* pada *Sitophilus oryzae* di tingkat laboratorium. *Jurnal Agrotek Tropika*, 2(1), 115–118.
- Rini, S.F. & Hendrival. 2017. Kajian kerentanan beras dari padi gogo lokal Jambi terhadap *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 5(1), 13 – 20.
- Romadani, F.P. & Hendrival. 2018. Kajian kerentanan dan kerusakan beras lokal Provinsi Sumatera Selatan terhadap hama pascapanen *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae). *Jurnal Biota*, 4(2), 90–97.
- Saad, A.S.A., Tayeb, E.H.M., El-Shazli, M.M., & Baheeg, S.A. 2018. Susceptibility of certain Egyptian and imported wheat cultivars to infestation by *Sitophilus oryzae* and *Rhyzopertha dominica*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 15(3), 1–16.
- Susanti, S., Hendrival, Usnawiyah, Hafifah, & Nazaruddin, M. 2022. Kerentanan relatif jenis beras terhadap *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) pada keadaan kadar air rendah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, 1(1), 10–17.
- Vikhe, A.G., Dale, N.S., Umbarkar, R.B., Labade, G.B., Savant, A.R., & Walunj, A.A. 2016. In vitro and in vivo induction, and characterization of toxins isolated from *Beauveria bassiana*. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 4(3), 97–103.
- Wakil, W., Kavallieratos, N.G., Usman, M., Gulzar, S., & El-Shafie, H.A.F. 2021. Detection of phosphine resistance in field populations of four key stored-grain insect pests in Pakistan. *Insects*, 12, 288.
- Yassin, M.A., Rochman, N., & Setyono. 2020. Kemangkusan *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* sebagai bioinsektisida bagi hama gudang *Sitophilus oryzae*. *Jurnal Agronida*, 6(1), 14–21.
- Zakladnoy, G.A. 2018. Effect of grain infestation with the rice weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) on the quality of grain and grain products. *Entomological Review*, 98: 659–662.