

**PERTUMBUHAN JAMUR *Beauveria bassiana* PADA BEBERAPA  
TINGKAT KEASAMAN MEDIA DAN SUHU PENYIMPANAN  
SERTA EFEKTIVITASNYA TERHADAP HAMA *Spodoptera litura***

**THE GROWTH OF *Beauveria bassiana* FUNGI AT SEVERAL  
LEVELS OF MEDIA ACIDITY AND STORAGE TEMPERATURE  
AND ITS EFFECTIVENESS AGAINST *Spodoptera litura* PESTS**

Mochammad Syamsulhadi\*, Vido Trisna Ramadhan, Tita Widjayanti

Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya  
Jl. Veteran, Malang 65145, Indonesia

\*Penulis korespondensi : msh@ub.ac.id

**ABSTRACT**

This study aimed to determine the effect of the acidity level of the media and storage temperature on the growth of the *Beauveria bassiana* fungus and its effectiveness in controlling the pest *Spodoptera litura*. Research activities were carried out starting from August to December 2022 at the Integrated Laboratory of the Research Center for Citrus and Subtropical Fruit (Balitjestro), Junrejo, Batu. The research was conducted in 3 stages. The first stage was the selectivity test with parameters observing diameter growth using a Completely Randomized Factorial Design at the media acidity level of pH 5,5; 7; and 8 and a storage temperature of 24; 28; and 32°C. The second step was to test the acidity level of the selected media and storage temperature with the parameters of observing the density and viability of the conidia. The third step was to test the effectiveness of the *B. bassiana* fungus against *S. litura* larvae with the parameters of observing mortality and symptoms of larvae death. The second and third stages used a Completely Randomized Factorial Design. Data analysis used ANOVA and LSD posthoc test at the 5% level. The results showed that the acidity level of the media and storage temperature were suitable for the growth of *B. bassiana* at pH 5.5 and 28°C, where the diameter growth was 8,77 cm and the conidia density was  $2,47 \times 10^8$  conidia/ml. The effectiveness of *B. bassiana* in controlling *S. litura* larvae reached 76,67% with symptoms of death in the form of discoloration and growth of hyphae on the bodies of the larvae.

**Keywords :** *Beauveria bassiana*, fungal growth, media acidity, *Spodoptera litura*, storage temperature.

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat keasaman media dan suhu penyimpanan terhadap pertumbuhan jamur *Beauveria bassiana* dan efektivitasnya dalam mengendalikan hama *Spodoptera litura*. Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus – Desember 2022 di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (Balitjestro), Junrejo, Batu. Penelitian dilakukan dengan 3 tahap. Tahap pertama yaitu uji selektivitas dengan parameter pengamatan pertumbuhan diameter menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap Faktorial pada tingkat keasaman media 5,5; 7; dan 8 serta suhu penyimpanan 24°C; 28°C; dan 32°C. Tahap kedua yaitu uji tingkat keasaman media dan suhu penyimpanan terpilih dengan parameter pengamatan kerapatan dan viabilitas konidia. Tahap ketiga yaitu uji efektivitas jamur *B. bassiana* terhadap larva *S. litura* dengan parameter pengamatan mortalitas dan gejala kematian larva. Tahap kedua dan ketiga

menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap. Analisis data menggunakan Anova dan uji lanjut BNT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan tingkat keasaman media dan suhu penyimpanan yang sesuai untuk pertumbuhan jamur *B. bassiana* adalah pada pH 5,5 dan suhu 28°C, dimana pertumbuhan diameter sebesar 8,77 cm dan kerapatan konidia sebesar  $2,47 \times 10^8$  konidia/ml. Efektivitas jamur *B. bassiana* dalam mengendalikan larva *S. litura* mencapai 76,67% dengan gejala kematian berupa perubahan warna dan pertumbuhan hifa pada tubuh larva.

**Kata kunci :** *Beauveria bassiana*, pertumbuhan jamur, *Spodoptera litura*, suhu penyimpanan, tingkat keasaman media

## PENDAHULUAN

Jamur entomopatogen merupakan jamur yang dapat menyebabkan penyakit pada serangga hama. Jamur entomopatogen memiliki kisaran inang yang bervariasi seperti dari Ordo Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, dan Lepidoptera (Soetopo dan Indrayani, 2007). Jamur entomopatogen juga diketahui dapat menyerang serangga hama pada berbagai stadia perkembangan seperti telur, larva, dan imago. Salah satu jenis hama yang banyak dijumpai pada berbagai tanaman budidaya adalah larva dari Ordo Lepidoptera yaitu *Spodoptera litura*. *Spodoptera litura* merupakan hama yang bersifat polifag. Hama ini memiliki kisaran inang yang luas yakni lebih dari 150 spesies inang serta dapat menyerang tanaman pangan, sayur, buah, dan perkebunan (Petlamul dan Prasertsan, 2012).

Berbagai macam upaya untuk mengendalikan serangan *S. litura* masih terus dikembangkan. Saat ini pengendalian *S. litura* masih banyak dilakukan dengan menggunakan pestisida sintetis. Pestisida sintetis dianggap sebagai solusi yang cepat dan praktis dalam mengendalikan berbagai permasalahan serangan hama (Kristanto *et al.*, 2013). Namun, penggunaan pestisida sintetis dapat menyebabkan terganggunya lingkungan dan ekosistem pertanian (Singkoh dan Katili, 2019). Upaya alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan jamur entomopatogen. Jamur entomopatogen merupakan jamur yang

banyak digunakan sebagai biopestisida pada pertanian organik karena memiliki efektivitas yang tinggi dan ramah lingkungan (Litwin *et al.*, 2020). Jenis jamur entomopatogen yang banyak dimanfaatkan untuk mengendalikan serangan hama adalah jamur *Beauveria bassiana*. Jamur *B. bassiana* diketahui dapat mengendalikan kutu loncat pada jeruk dengan mortalitas sebesar 53,33% (Permadi *et al.*, 2017), penggerek bonggol pisang sebesar 100%, dan penggerek buah kakao sebesar 87% (Nuraida dan Hasyim, 2009).

Jamur *B. bassiana* telah banyak dikembangkan sebagai biopestisida untuk mengendalikan berbagai serangga hama, namun dalam proses perbanyakannya dapat mengalami penurunan kualitas maupun virulensi (Dhar *et al.*, 2019). Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas maupun virulensi dari jamur entomopatogen salah satunya adalah faktor lingkungan seperti tingkat keasaman (pH) media dan suhu penyimpanan. Suhu dan pH merupakan beberapa faktor yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan jamur entomopatogen karena dapat mendukung kerja enzim dalam mengurai substrat sebagai sumber nutrisi untuk jamur (Gesar dan Sasongkowati, 2015). Untuk mendukung pertumbuhan jamur *B. bassiana* dan efektivitasnya dalam mengendalikan hama *S. litura* pada tanaman stroberi, maka perlu diketahui tingkat keasaman (pH) media dan suhu penyimpanan yang tepat, sehingga dapat mencegah terjadinya penurunan kualitas spora dan virulensi dari jamur *B. bassiana*.

## METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus – Desember 2022 di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika (Balitjestro), Junrejo, Batu. Tahapan penelitian yang terdapat dalam penelitian ini terdiri dari tiga tahapan, yaitu uji selektivitas pH media dan suhu penyimpanan terhadap pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* pada media PDA, uji pH media dan suhu penyimpanan terpilih terhadap kerapatan dan viabilitas konidia jamur *B. bassiana* pada media dan uji efektivitas jamur *B. bassiana* terhadap hama *S. litura*.

### **Uji Selektivitas Tingkat Keasaman (pH) Media dan Suhu Penyimpanan terhadap Pertumbuhan Diameter Jamur *B. bassiana* pada Media**

Uji selektivitas pH media dan suhu penyimpanan terhadap pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* pada media PDA atau *Potato Dextrose Agar* menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan 9 perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali. Penggunaan RALF bertujuan untuk mengetahui pengaruh masing-masing faktor, yaitu faktor tingkat keasaman media (pH 5,5, 7, dan 8) dan faktor suhu penyimpanan (24, 28, dan 32°C) serta interaksi kedua faktor terhadap pertumbuhan diameter jamur yang dianalisis dengan tabel dua arah pada analisa ragam dengan RALF.

Pembuatan media PDA dilakukan dengan menimbang PDA bubuk instant sebanyak 8,1 gram dan dilarutkan pada 405 ml akuades. Media PDA dihomogenkan di atas *magnetic stirrer* dan diukur pH medianya dengan menggunakan pH meter. Pengaturan pH media untuk mendapatkan pH media akhir sesuai perlakuan, maka dapat ditambahkan dengan HCL 0,5 M atau NaOH 0,5 M. Setelah didapatkan pH media yang diinginkan, media PDA dipanaskan dan disterilisasi pada autoklaf dengan suhu 121°C pada tekanan 1 atm selama 15 menit.

Kemudian, media yang telah disterilisasi dipindahkan ke dalam *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC) untuk ditambahkan antibiotik kloramfenikol 100gr/ml untuk menghindari kontaminasi bakteri dan dituang pada cawan Petri berukuran 9 cm untuk mendapatkan ulangan.

Isolat murni jamur entomopatogen *B. bassiana* koleksi Balitjestro dari media PDA diambil dengan menggunakan bantuan *cork borer* (0,5 cm) dan jarum Ose. Jamur diinokulasikan pada bagian tengah cawan Petri. Setelah itu, cawan Petri ditutup dengan *plastic wrap* untuk mencegah terjadinya kontaminasi. Penyimpanan jamur entomopatogen dilakukan dengan menyimpan setiap media pada suhu 24°C (ruangan dilengkapi AC), suhu 28°C (ruangan tidak dilengkapi AC), dan suhu 32°C (dalam inkubator). Selama penyimpanan, dilakukan pengamatan pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* setiap 3 hari selama 3 minggu setelah inokulasi.

### **Uji Tingkat Keasaman (pH) Media dan Suhu Penyimpanan Terpilih terhadap Kerapatan dan Viabilitas Konidia Jamur *B. bassiana* pada Media PDB**

Pembuatan media PDB atau *Potato Dextrose Broth* dilakukan dengan menimbang PDB bubuk instant sebanyak 32,4 gram dan dilarutkan pada 1.350 ml akuades. Media PDB dihomogenkan di atas *magnetic stirrer* dan diukur pH medianya dengan menggunakan pH meter. Setelah didapatkan pH media yang diinginkan, media PDB dipanaskan di atas kompor dan disterilisasi pada autoklaf dengan suhu 121°C pada tekanan 1 atm selama 15 menit. Kemudian, media yang telah disterilisasi dipindahkan ke dalam LAFC untuk dituang pada Erlenmeyer 250 ml.

Jamur entomopatogen yang diperbanyak pada media PDB adalah jamur yang dipilih dari uji selektivitas pada media PDA dengan 3 perlakuan pH media dan suhu penyimpanan yang memberikan pertumbuhan diameter tertinggi. Isolat jamur entomopatogen *B.*

*bassiana* diambil dari media PDA dengan menggunakan bantuan *cork borer* (0,5 cm) dan jarum Ose. Jamur diinokulasikan pada media PDB dan ditutup dengan kapas dan *aluminium foil* serta direkatkan dengan *plastic wrap* untuk mencegah terjadinya kontaminasi. Setelah itu, media yang telah berisi jamur entomopatogen di-*shaker* dengan menggunakan *orbital shaker* selama 7 hari dengan kecepatan 150 rpm. Penyimpanan media PDB disimpan selama 7 hari dan selama penyimpanan dilakukan pengukuran kerapatan dan viabilitas konidia. Uji pH media dan suhu penyimpanan terpilih terhadap kerapatan dan viabilitas konidia jamur *B. bassiana* pada media PDB menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali.

#### Uji Efektivitas Jamur *B. bassiana* terhadap Larva *S. litura*

Uji efektivitas jamur *B. bassiana* terhadap larva *S. litura* menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali. Uji efektivitas jamur *B. bassiana* terhadap larva *S. litura* dilakukan dengan metode semprot mengikuti metode (Budi *et al.*, 2013). Larva *S. litura* yang digunakan dalam penelitian ini adalah larva instar 3 yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas). Larva yang digunakan untuk pengujian dipindahkan ke dalam kandang, di mana pada setiap kandang diisi oleh 20 ekor larva dan diberi pakan daun bayam yang masih segar. Pakan diganti setiap harinya dan kandang dibersihkan dari kotoran yang ada dengan menggunakan kuas. Pengujian dilakukan dengan menyemprotkan larva *S. litura* instar 3 dengan 10 ml suspensi jamur *B. bassiana* kerapatan  $10^8$  konidia/ml untuk setiap perlakuan. Pada perlakuan kontrol, suspensi jamur diganti dengan akuades. Pengamatan uji efektivitas dilakukan dengan mengamati persentase kematian larva dan gejala kematian akibat infeksi jamur *B. bassiana* setiap 24 jam selama 7 hari setelah aplikasi.

#### Parameter Pengamatan

**Pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana*.** Pengamatan pertumbuhan diameter jamur dilakukan dengan menghitung diameter jamur pada media PDA secara vertikal dan horizontal dengan menggunakan penggaris. Rumus pengukuran pertumbuhan diameter jamur mengikuti metode perhitungan Suseno *et al.* (2016), yaitu:

$$D = \frac{d1 + d2}{2}$$

Keterangan:

D = Diameter jamur

d1 = Diameter vertikal jamur

d2 = Diameter horizontal jamur

**Kerapatan konidia jamur *B. bassiana*.** Pengamatan kerapatan konidia dilakukan dengan cara mengambil suspensi dari setiap perlakuan pada media PDB sebanyak 0,1 ml dengan menggunakan mikropipet. Selanjutnya suspensi diteteskan pada *haemocytometer* dan dihitung kerapatan konidianya di bawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 400 kali. Kerapatan konidia dihitung pada 5 kotak sampel dengan 16 kotak kecil di dalamnya, sehingga total kotak yang diamati berjumlah 80 kotak. Pengamatan kerapatan konidia jamur dilakukan setiap 24, 48, dan 72 jam setelah inokulasi. Rumus pengukuran kerapatan konidia jamur mengikuti metode Herlinda *et al.* (2006), yaitu:

$$C = \frac{t}{(n \times 0,25)} \times 10^6$$

Keterangan:

C = Kerapatan konidia per ml larutan

t = Jumlah total konidia dalam kotak sampel yang diamati

n = Jumlah kotak sampel (5 kotak besar × 16 kotak kecil)

**Viabilitas konidia jamur *B. bassiana*.** Pengamatan viabilitas konidia dilakukan dengan cara mengambil suspensi dari setiap perlakuan pada media PDB sebanyak 0,1 ml dengan menggunakan mikropipet. Selanjutnya

suspensi ditetaskan pada *haemocytometer* dan dihitung dengan mengamati jumlah konidia yang berkecambah dan tidak berkecambah di bawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 400 kali. Perkecambahan konidia ditandai oleh munculnya radikula atau akar embrio dan terjadinya perubahan bentuk menjadi lonjong serta ukurannya melebihi diameter. Pengamatan viabilitas konidia jamur dilakukan setiap 24, 48, dan 72 jam setelah inokulasi. Rumus pengukuran viabilitas konidia jamur mengikuti metode Purnama *et al.* (2003), yaitu:

$$V = \frac{g}{(g + u)} \times 100\%$$

Keterangan:

V = Persentase konidia berkecambah

g = Jumlah konidia yang berkecambah

u = Jumlah konidia yang tidak berkecambah

#### Gejala kematian larva *S. litura*.

Pengamatan gejala kematian larva *S. litura* dilakukan dengan mengamati larva yang mati setelah diaplikasikan dengan jamur *B. bassiana*. Larva yang mati dipindahkan ke dalam cawan Petri yang telah berisi tisu dan dibasahi oleh akuades steril untuk diinkubasi. Hal ini bertujuan untuk memancing pertumbuhan hifa keluar dari tubuh larva. Larva yang mati diamati di bawah mikroskop digital Nikon ShuttlePix dengan perbesaran 10 kali.

**Mortalitas larva *S. litura*.** Pengamatan mortalitas larva dilakukan dengan menghitung larva yang mati pada setiap perlakuan. Pengamatan mortalitas larva dilakukan

setiap 24 jam selama 7 hari setelah aplikasi. Rumus mortalitas larva mengikuti metode Laoh (2003), yaitu:

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

Keterangan:

P = Persentase mortalitas larva

n = Jumlah larva yang mati

N = Jumlah awal larva yang diuji

#### Analisis Data

Data mortalitas tidak dikoreksi dengan rumus Abbot karena rata-rata kematian pada perlakuan kontrol kurang dari 5% (WHO, 2016). Kemudian, data yang sudah diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang digunakan. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata terhadap variabel yang diamati, maka dilanjutkan dengan uji lanjut menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Tingkat Keasaman (pH) Media terhadap Pertumbuhan Diameter Jamur *B. bassiana*

Pengaruh pH media yang berbeda terhadap pertumbuhan jamur *B. bassiana* menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata pada setiap perlakuannya. Pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* pada berbagai tingkat keasaman (pH) media dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* pada beberapa tingkat keasaman (pH) media

| Perlakuan | Pertumbuhan Diameter (cm)     |                               |                               |                                |                                |                                |                                |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|           | 3 HSI<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 6 HSI<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 9 HSI<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 12 HSI<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 15 HSI<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 18 HSI<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 21 HSI<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) |
| pH 5,5    | 4,67±2,60 b                   | 8,12±1,66 b                   | 8,60±0,73 b                   | 8,75±0,39 b                    | 8,88±0,24 b                    | 8,94±0,18 b                    | 9,00±0,00 b                    |
| pH 7      | 2,21±1,43 a                   | 4,21±2,28 a                   | 5,02±2,30 a                   | 5,69±2,22 a                    | 6,59±2,03 a                    | 7,56±1,67 a                    | 7,91±1,39 a                    |
| pH 8      | 3,45±1,79 ab                  | 6,60±1,58 b                   | 7,92±0,96 b                   | 8,18±0,72 b                    | 8,57±0,45 b                    | 8,82±0,34 b                    | 8,97±0,07 b                    |

Keterangan : - Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha=0,05$ ).

- HSI = Hari Setelah Inokulasi; SB = Simpangan Baku

Tabel 2. Pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* pada beberapa suhu penyimpanan

| Perlakuan | Pertumbuhan Diameter (cm)    |                              |                              |                               |                               |                               |                               |
|-----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|           | 3 HSI<br>( $\bar{x}\pm SB$ ) | 6 HSI<br>( $\bar{x}\pm SB$ ) | 9 HSI<br>( $\bar{x}\pm SB$ ) | 12 HSI<br>( $\bar{x}\pm SB$ ) | 15 HSI<br>( $\bar{x}\pm SB$ ) | 18 HSI<br>( $\bar{x}\pm SB$ ) | 21 HSI<br>( $\bar{x}\pm SB$ ) |
| 24°C      | 3,76±1,76 b                  | 7,10±2,06 b                  | 7,77±1,51 b                  | 8,06±1,17 b                   | 8,54±0,67 b                   | 8,86±0,35 b                   | 8,94±0,13 b                   |
| 28°C      | 4,87±2,44 b                  | 7,22±1,82 b                  | 7,88±1,49 b                  | 8,19±1,03 b                   | 8,48±0,67 b                   | 8,83±0,29 b                   | 8,88±0,19 b                   |
| 32°C      | 1,69±0,72 a                  | 4,62±2,61 a                  | 5,89±2,75 a                  | 6,38±2,62 a                   | 7,03±2,30 a                   | 7,63±1,72 a                   | 8,05±1,48 a                   |

Keterangan : - Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha=0,05$ ).

- HSI = Hari Setelah Inokulasi; SB = Simpangan Baku

Berdasarkan Tabel 1, pertumbuhan jamur *B. bassiana* yang tertinggi terdapat pada perlakuan pH 5,5 (9 cm), kemudian diikuti oleh perlakuan pH 8 (8,97 cm) dan pertumbuhan terendah terdapat pada perlakuan pH 7 (7,91 cm). Jamur dapat tumbuh pada kisaran pH yang bervariasi, umumnya pertumbuhan jamur yang tinggi terdapat pada pH media yang netral, yaitu pada pH 5 hingga pH 6,8 yang sesuai untuk pertumbuhan miselia jamur dan pH 5 hingga pH 8 yang sesuai untuk pertumbuhan konidia jamur (Febbiyanti *et al.*, 2019). Tingkat keasaman atau pH media sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi enzim pada jamur. Proses pertumbuhan, perkecambahan, dan virulensi jamur *B. bassiana* sangat dipengaruhi oleh faktor pH media (Souza *et al.*, 2022). Secara umum, jamur dapat tumbuh dan memproduksi berbagai macam enzim pada pH asam. Jamur dapat menghasilkan enzim kitinase pada pH tertentu yang mengakibatkan pertumbuhan jamur menjadi lebih baik (Triasih *et al.*, 2021).

#### **Pengaruh Suhu Penyimpanan terhadap Pertumbuhan Diameter Jamur *B. bassiana*.**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan suhu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana*. Pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* pada berbagai suhu penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil analisis ragam rerata pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana*,

menunjukkan bahwa suhu 24°C (8,94 cm) dan 28°C (8,88 cm) memiliki rerata pertumbuhan diameter tertinggi dan suhu 32°C (8,05) memiliki rerata diameter pertumbuhan terendah. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Yang *et al.* (2019), bahwa tingkat pertumbuhan koloni jamur *B. bassiana* tertinggi terdapat pada suhu 24°C. Suhu merupakan salah satu faktor penting yang dapat menentukan tingkat pertumbuhan jamur. Menurut Rahmawati *et al.* (2020), suhu yang rendah dan kelembaban tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan jamur menjadi semakin cepat. Suhu optimal untuk pertumbuhan jamur adalah sekitar 28°C (Siahaan dan Saimima, 2020). Pertumbuhan jamur yang terjadi di atas suhu optimal dapat menyebabkan terjadinya kematian jika melebihi dari suhu maksimumnya. Suhu maksimum untuk pertumbuhan jamur berada pada suhu 32°C (Nuraida dan Hasyim, 2009).

#### **Pengaruh Interaksi Tingkat Keasaman Media dan Suhu Penyimpanan terhadap Pertumbuhan Diameter Jamur *B. bassiana*.**

Hasil analisis ragam rerata pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* menunjukkan bahwa interaksi pH media dan suhu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana*. Rerata pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* pada berbagai tingkat keasaman (pH) media dan suhu penyimpanan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* pada beberapa tingkat keasaman (pH) media dan suhu penyimpanan

| Perlakuan<br>(pH+Suhu) | Pertumbuhan Diameter (cm) |                           |                           |                            |                            |                            |                            | Rerata<br>Total<br>( $\bar{x}$ ±SB) |
|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
|                        | 3 HSI<br>( $\bar{x}$ ±SB) | 6 HSI<br>( $\bar{x}$ ±SB) | 9 HSI<br>( $\bar{x}$ ±SB) | 12 HSI<br>( $\bar{x}$ ±SB) | 15 HSI<br>( $\bar{x}$ ±SB) | 18 HSI<br>( $\bar{x}$ ±SB) | 21 HSI<br>( $\bar{x}$ ±SB) |                                     |
| 5,5+24°C               | 4,72±1,05<br>d            | 8,53±0,72<br>c            | 8,72±0,49<br>cd           | 8,77±0,40<br>cd            | 8,82±0,32<br>cd            | 9,00±0,00<br>b             | 9,00±0,00<br>b             | 8,22±0,41<br>cd                     |
| 5,5+28°C               | 7,48±0,90<br>e            | 8,92±0,08<br>c            | 9,00±0,00<br>d            | 9,00±0,00<br>d             | 9,00±0,00<br>d             | 9,00±0,00<br>b             | 9,00±0,00<br>b             | 8,77±0,13<br>d                      |
| 5,5+32°C               | 1,80±0,94<br>ab           | 6,92±2,67<br>bc           | 8,08±1,11<br>bcd          | 8,48±0,50<br>cd            | 8,82±0,32<br>cd            | 8,82±0,32<br>b             | 9,00±0,00<br>b             | 7,44±0,76<br>bc                     |
| 7+24°C                 | 2,67±1,24<br>abcd         | 5,32±2,40<br>b            | 6,32±1,89<br>b            | 6,98±1,53<br>b             | 8,00±1,00<br>bc            | 8,65±0,61<br>b             | 8,87±0,23<br>b             | 6,69±1,17<br>b                      |
| 7+28°C                 | 2,80±2,01<br>abcd         | 5,42±1,75<br>b            | 6,30±1,59<br>b            | 7,10±1,00<br>b             | 7,72±0,59<br>b             | 8,57±0,39<br>b             | 8,72±0,25<br>b             | 6,66±1,07<br>b                      |
| 7+32°C                 | 1,15±0,09<br>a            | 1,90±0,05<br>a            | 2,45±0,39<br>a            | 3,00±0,13<br>a             | 4,07±0,80<br>a             | 5,47±0,90<br>a             | 6,15±0,80<br>a             | 3,45±0,37<br>a                      |
| 8+24°C                 | 3,90±2,55<br>bcd          | 7,45±1,63<br>bc           | 8,27±0,64<br>cd           | 8,42±0,51<br>cd            | 8,80±0,26<br>cd            | 8,92±0,14<br>b             | 8,97±0,06<br>b             | 7,82±0,79<br>bcd                    |
| 8+28°C                 | 4,33±1,33<br>cd           | 7,32±0,99<br>bc           | 8,35±0,65<br>cd           | 8,47±0,58<br>cd            | 8,72±0,28<br>cd            | 8,93±0,12<br>b             | 8,93±0,12<br>b             | 7,86±0,44<br>bcd                    |
| 8+32°C                 | 2,12±0,66<br>abc          | 5,03±0,88<br>b            | 7,15±1,24<br>bc           | 7,67±0,94<br>bc            | 8,20±0,60<br>bcd           | 8,60±0,57<br>b             | 9,00±0,00<br>b             | 6,82±0,63<br>b                      |

Keterangan : - Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha=0,05$ ).  
- HSI = Hari Setelah Inokulasi; SB = Simpangan Baku

Berdasarkan pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* pada Tabel 3, semakin lama waktu inkubasi maka akan semakin besar pertumbuhan diameter koloni jamur *B. bassiana*. Rerata total pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana*, menunjukkan bahwa perlakuan pH 5,5 dan suhu 28°C (8,77 cm), pH 5,5 dan suhu 24°C (8,22 cm), dan pH 8 dan suhu 28°C (7,86 cm) memiliki rerata pertumbuhan tertinggi, sedangkan perlakuan pH 7 dan suhu 32°C (3,45) memiliki rerata pertumbuhan terendah.

Tingkat keasaman media dan suhu penyimpanan dapat mempengaruhi pertumbuhan diameter koloni jamur (Cao *et al.*, 2007). Suhu merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap metabolisme sel pada pertumbuhan jamur. Suhu yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan sel, kerja enzim menjadi terhambat, dan denaturasi protein, sehingga dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur (Hakim *et al.*, 2020). Selain itu, keasaman pada media pertumbuhan jamur dapat mempengaruhi pertumbuhan

jamur maupun morfologi jamur. Jamur entomopatogen memiliki pertumbuhan yang baik pada pH asam atau netral (Souza *et al.*, 2022). Tingkat keasaman media dapat mempengaruhi ketersediaan mineral dan nutrisi serta kerja enzim yang dapat membantu jamur untuk memecah substrat yang digunakan untuk pertumbuhannya (Febbiyanti *et al.*, 2019). Nutrisi pada media pertumbuhan jamur dapat dimanfaatkan oleh jamur jika senyawa tersebut telah diurai oleh enzim-enzim ekstraseluler yang diproduksi oleh jamur.

#### **Pengaruh Tingkat Keasaman Media dan Suhu Penyimpanan terhadap Kerapatan Konidia Jamur *B. bassiana***

Hasil analisis ragam kerapatan konidia jamur *Beauveria bassiana* menunjukkan bahwa perlakuan pH media dan suhu penyimpanan berpengaruh nyata terhadap kerapatan konidia jamur *B. bassiana*. Rerata kerapatan konidia jamur *B. bassiana* pada berbagai pH media dan suhu penyimpanan terpilih disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kerapatan konidia jamur *B. bassiana* pada beberapa tingkat keasaman (pH) media dan suhu penyimpanan

| Perlakuan   | Kerapatan Konidia ( $10^7$ konidia/ml) |                                |                                |
|-------------|--|--------------------------------|--------------------------------|
|             | 24 Jam<br>( $\bar{x} \pm SB$ )         | 48 Jam<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 72 Jam<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) |
| pH 5,5+24°C | 0,14±0,23 a                            | 2,93±2,39 a                    | 10,53±0,66 a                   |
| pH 5,5+28°C | 0,37±0,54 c                            | 10,34±1,60 c                   | 24,66±1,68 c                   |
| pH 8+28°C   | 0,28±0,15 b                            | 5,52±3,88 b                    | 21,70±3,97 b                   |

Keterangan : - Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha=0,05$ ).  
- HSI = Hari Setelah Inokulasi; SB = Simpangan Baku

Tabel 5. Viabilitas konidia jamur *B. bassiana* pada beberapa tingkat keasaman (pH) media dan suhu penyimpanan

| Perlakuan   | Viabilitas Konidia (%)         |                                |                                |
|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|             | 24 Jam<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 48 Jam<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 72 Jam<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) |
| pH 5,5+24°C | 82,00±6,08 a                   | 90,41±3,18 a                   | 94,67±4,70 a                   |
| pH 5,5+28°C | 80,67±4,04 a                   | 95,34±0,37 b                   | 96,14±0,55 a                   |
| pH 8+28°C   | 87,33±4,93 a                   | 95,10±1,61 b                   | 98,40±0,51 a                   |

Keterangan : - Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha=0,05$ ).  
- HSI = Hari Setelah Inokulasi; SB = Simpangan Baku

Perlakuan pH 5,5 dan suhu 28°C memiliki kerapatan konidia tertinggi ( $24,66 \times 10^7$  konidia/ml), kemudian disusul oleh perlakuan pH 8 dan suhu 28°C ( $21,70 \times 10^7$  konidia/ml) dan perlakuan pH 5,5 dan suhu 24°C memiliki kerapatan konidia terendah ( $10,53 \times 10^7$  konidia/ml). Hal tersebut juga didukung oleh penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Senthamizhlselvan *et al.* (2010), bahwa jamur *B. bassiana* memiliki kerapatan tertinggi sebesar  $8,95 \times 10^8$  konidia/ml dan kerapatan terendah sebesar  $0,28 \times 10^8$  konidia/ml. Namun, Soetopo dan Indrayani (2007), menjelaskan bahwa tidak ada batasan mengenai produksi konidia. Hal ini karena setiap isolat memiliki kemampuan yang berbeda dalam menghasilkan konidia.

Jamur *B. bassiana* yang tumbuh pada perlakuan pH rendah yaitu pH 5,5 memiliki kerapatan konidia tertinggi. Nilai pH media yang paling ideal untuk memproduksi konidia *B. bassiana* adalah pH 5,2 (Ayudya *et al.*, 2019). Jamur entomopatogen yang dapat hidup dan menghasilkan kerapatan konidia yang tinggi pada pH rendah memiliki beberapa kelebihan seperti memiliki waktu

simpan yang lama dan dapat meningkatkan efektivitas jamur karena aktivitas enzim kitinase yang tinggi (Rizkie *et al.*, 2017). Pertumbuhan dan perkecambahan jamur dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti asal isolat, umur jamur, media pertumbuhan, pH, suhu, dan lama inkubasi (Rizkie *et al.*, 2017). Selain itu, pH dan suhu yang optimal untuk setiap jamur juga sangat bervariasi tidak hanya antar spesies, namun antar isolat yang dapat menyebabkan pH dan suhu yang optimal untuk jamur berbeda-beda (Pramesti *et al.*, 2014).

#### Pengaruh Tingkat Keasaman Media dan Suhu Penyimpanan terhadap Viabilitas Konidia Jamur *B. bassiana*

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan pH media dan suhu penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap viabilitas konidia jamur *B. bassiana*. Persentase viabilitas konidia jamur *B. bassiana* dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil analisis ragam rerata viabilitas konidia jamur *B. bassiana* pada Tabel 5 menunjukkan bahwa persentase perkecambahan jamur *B. bassiana* sejak 24

jam hingga 72 jam pengamatan memiliki persentase perkecambahan yang relatif tinggi yaitu di atas 80% pada setiap perlakuan. Hasil pengamatan pada waktu 72 jam inkubasi diketahui bahwa perlakuan pH 8 dan suhu 28°C memiliki persentase viabilitas sebesar 98,40%, kemudian pada perlakuan pH 5,5 dan suhu 28°C sebesar 96,14% dan persentase viabilitas pada perlakuan pH 5,5 dan suhu 24°C sebesar 94,67%. Jamur *B. bassiana* dapat dikatakan memiliki viabilitas yang tinggi apabila memiliki daya kecambah lebih dari 80% (Sukamto dan Yuliantoro, 2006). Nilai viabilitas yang tinggi pada setiap perlakuan dapat disebabkan karena kerapatan spora yang tinggi dan kondisi lingkungan yang sesuai dengan kondisi optimal jamur. Viabilitas konidia sangat dipengaruhi oleh kerapatan spora serta nutrisi dan kondisi lingkungan (Kansrini, 2015).

Konidia akan mengalami perkecambahan jika kondisi suhu pertumbuhannya mendukung atau sesuai. Suhu yang digunakan pada pengamatan viabilitas konidia dalam penelitian ini adalah 24°C dan 28°C. Suhu yang digunakan merupakan suhu yang optimal dalam mendukung perkecambahan jamur karena suhu tersebut tidak terlalu tinggi maupun terlalu rendah. Hal ini sesuai dengan pendapat Sukamto dan Yuliantoro (2006), yang menyatakan bahwa semakin tinggi suhu penyimpanan maka persentase kehilangan viabilitas konidia jamur *B. bassiana* akan cenderung semakin tinggi. Selain pengaruh suhu, pengaruh pH media yang digunakan juga dapat meningkatkan viabilitas konidia. Penelitian yang dilakukan

oleh Li *et al.* (2013) menunjukkan bahwa pertumbuhan jamur pada pH 5 memiliki konsentrasi protein tertinggi, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan jamur. Kandungan protein yang tinggi pada media pertumbuhan jamur dapat meningkatkan kemampuan jamur dalam berkecambah sehingga viabilitas jamur meningkat (Herlinda *et al.*, 2006). Selain itu, menurut Souza *et al.* (2022), kisaran pH media yang ideal untuk pertumbuhan jamur dapat mempengaruhi kecepatan pemanjangan tabung kecambah.

### Efektivitas Jamur *B. bassiana* terhadap Larva *S. litura*

Larva *S. litura* yang mati pada setiap perlakuan, diamati gejala kematiannya di bawah mikroskop digital Nikon ShuttlePix dengan perbesaran 10 kali. Untuk memastikan bahwa kematian larva akibat terinfeksi oleh jamur *B. bassiana*, larva yang mati diletakkan pada cawan Petri yang telah diberi tisu dan akuades steril sehingga kondisi lingkungan menjadi lembab, dan kemudian diinkubasi hingga hifa keluar menutupi tubuh larva. Gejala serangan jamur *B. bassiana* pada larva *S. litura* dapat dilihat pada Gambar 1.

Larva *S. litura* yang terinfeksi oleh jamur *B. bassiana* akan mengalami perubahan morfologi. Larva yang mati karena jamur *B. bassiana* akan kehilangan cairan dan menyebabkan tubuh larva menjadi mengeras seperti mumi dan mengalami perubahan warna menjadi hitam (Gambar 1a). Larva yang mati akibat terinfeksi oleh jamur *B. bassiana* memiliki tubuh yang mengeras



Gambar 1. Gejala kematian larva *S. litura* (perbesaran 10 kali) (a) perubahan warna; (b) pertumbuhan hifa *B. bassiana* pada sebagian tubuh larva (c) hifa *B. bassiana* menutupi seluruh tubuh larva (Dokumentasi pribadi, 2022)

Tabel 6. Mortalitas larva *Spodoptera litura* yang terinfeksi jamur *Beauveria bassiana*

| Perlakuan   | Mortalitas (%)                |                               |                               |                               |                               |                               |                               |
|-------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|             | 1 HSA<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 2 HSA<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 3 HSA<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 4 HSA<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 5 HSA<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 6 HSA<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) | 7 HSA<br>( $\bar{x} \pm SB$ ) |
| Akuades     | 0 $\pm$ 0 a                   |
| pH 5,5+24°C | 0 $\pm$ 0 a                   | 0 $\pm$ 0 a                   | 1,67 $\pm$ 2,89 a             | 11,67 $\pm$ 2,89 b            | 20 $\pm$ 5,00 b               | 38,33 $\pm$ 7,64 b            | 60 $\pm$ 5,00 b               |
| pH 5,5+28°C | 0 $\pm$ 0 a                   | 0 $\pm$ 0 a                   | 3,33 $\pm$ 2,89 a             | 18,33 $\pm$ 11,55 b           | 35 $\pm$ 8,66 c               | 53,33 $\pm$ 7,64 c            | 76,67 $\pm$ 7,64 c            |
| pH 8+28°C   | 0 $\pm$ 0 a                   | 0 $\pm$ 0 a                   | 1,67 $\pm$ 2,89 a             | 11,67 $\pm$ 2,89 b            | 28,33 $\pm$ 5,77 bc           | 48,33 $\pm$ 7,64 bc           | 63,33 $\pm$ 7,64 b            |

Keterangan : - Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha=0,05$ ).

- HSI = Hari Setelah Inokulasi; SB = Simpangan Baku; kerapatan jamur  $10^8$  konidia/ml

dan berubah warna menjadi coklat kehitaman (Rosmini dan Nasir, 2013). Setelah larva mati, jamur *B. bassiana* akan berada pada fase saprofitik dimana jamur akan membentuk koloni pada tubuh larva. Larva *S. litura* yang mati terinfeksi oleh jamur *B. bassiana* akan tertutupi tubuhnya oleh koloni jamur atau terjadi proses mumifikasi (Wang *et al.*, 2020). Berdasarkan gambar di atas, larva ditutupi oleh koloni jamur berwarna putih yang menutupi sebagian (Gambar 1b) hingga seluruh tubuh larva (Gambar 1c). Jamur *B. bassiana* memiliki koloni berwarna putih hingga putih kekuningan (Sari dan Rosmeita, 2020). Gejala kematian larva yang diamati, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nunilawati *et al.* (2013), larva yang mati karena terinfeksi jamur *B. bassiana* memiliki ciri terjadi perubahan warna tubuh pada larva menjadi coklat kehitaman dan tubuh larva akan kaku diselubungi oleh hifa berwarna putih.

#### Mortalitas Larva *S. litura* yang Terinfeksi Jamur *B. bassiana*.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan jamur *B. bassiana* dengan konsentrasi  $10^8$  konidia/ml berpengaruh nyata terhadap mortalitas larva *S. litura*. Persentase mortalitas larva *S. litura* yang terinfeksi jamur *B. bassiana* dapat dilihat pada Tabel 6.

Hasil penelitian pada hari ke-1 hingga hari ke-2 HSA menunjukkan bahwa tidak terjadi kematian pada larva *S. litura* instar ketiga. Kematian larva terjadi sejak hari ke-3

HSA dan terus mengalami peningkatan hingga hari ke-7 HSA. Waktu kematian yang dibutuhkan oleh jamur *B. bassiana* dalam menginfeksi serangga uji adalah sekitar 2-4 hari (Riningrum *et al.*, 2020). Perlakuan jamur *B. bassiana* yang tumbuh pada pH 5,5 dan suhu 28°C memiliki kemampuan dalam membunuh larva *S. litura* tertinggi (76,67%), kemudian disusul pada perlakuan jamur *B. bassiana* yang tumbuh pada pH 8 dan suhu 28°C (63,33%) dan yang terendah pada perlakuan jamur *B. bassiana* yang tumbuh pada pH 5,5 dan suhu 24°C (60%). Sedangkan, pada perlakuan kontrol tidak menyebabkan kematian pada larva *S. Litura* instar ketiga. Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat Budi *et al.* (2013), bahwa kerapatan jamur *B. bassiana* pada kerapatan  $10^8$  konidia/ml dapat menyebabkan kematian pada larva *S. litura* instar tiga mencapai 75%. Jamur entomopatogen dapat dikategorikan sebagai biopestisida jika dapat mengendalikan hingga 72-95% serangga hama (Hapsah *et al.*, 2021).

Mortalitas larva *S. litura* berhubungan dengan laju pertumbuhan dan perkecambahan konidia jamur *B. bassiana*. Kerapatan konidia merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan jamur *B. bassiana* dalam menginfeksi larva *S. litura*. Jamur entomopatogen yang memiliki kerapatan konidia tinggi dapat menyebabkan viabilitas konidia semakin cepat dan mortalitas yang tinggi pada serangga inang (Ni'mah *et al.*, 2021). Selain dipengaruhi oleh pertumbuhan dan virulensi jamur, mortalitas larva juga dapat disebabkan oleh pengaruh lingkungan

dan umur larva (Bukhari *et al.*, 2010). Pengujian dilakukan pada laboratorium dengan suhu rata-rata 28°C, dimana suhu tersebut mendukung pertumbuhan dan perkembangan jamur *B. bassiana*. Larva *S. litura* yang digunakan dalam pengujian ini merupakan larva instar ketiga yang memiliki lapisan kutikula yang cukup tipis dan lunak, sehingga jamur *B. bassiana* dapat melakukan penetrasi ke dalam tubuh larva dan menyebabkan larva terinfeksi oleh jamur *B. bassiana*.

Proses infeksi jamur *B. bassiana* dijelaskan oleh Siahaan *et al.*, (2021), diawali melalui kontak konidia dengan larva. Setelah terjadi kontak konidia dengan larva, jamur *B. bassiana* akan masuk ke dalam tubuh larva melalui bantuan enzim amilase dan kitinase untuk menembus lapisan epidermis. Kemudian, enzim lipase dan protease akan membantu menembus lapisan epidermis menuju *hemocoel*. Enzim protease dan lipase merupakan enzim yang dapat mendegradasi komponen utama kutikula pada serangga (Suciati *et al.*, 2015). Enzim-enzim yang diproduksi oleh jamur entomopatogen berfungsi dalam proses patogenisitas jamur. Setelah jamur berhasil menembus lapisan epidermis, jamur *B. bassiana* akan membentuk miselium dan menghasilkan senyawa toksik dari golongan *dekstruksin* dan *mikotosin* yang dapat menyebabkan gangguan motorik pada larva seperti pergerakan menjadi lambat dan terhambat (Petlamul dan Prasertan, 2012). Proses ini berlangsung hingga serangga mati dan menunjukkan gejala terinfeksi oleh jamur *B. bassiana*.

## KESIMPULAN

Pertumbuhan jamur *B. bassiana* dapat dipengaruhi oleh tingkat keasaman (pH) media dan suhu penyimpanan. Tingkat keasaman media dan suhu penyimpanan yang sesuai untuk pertumbuhan diameter jamur *B. bassiana* adalah pada pH 5,5 dan suhu 28°C. Kerapatan konidia pada pH

media dan suhu penyimpanan yang sesuai mencapai 10<sup>8</sup> konidia/ml dan persentase perkecambahan di atas 80%. Jamur *B. bassiana* dengan kerapatan 10<sup>8</sup> konidia/ml yang ditumbuhkan pada pH media 5,5 dan suhu penyimpanan 28°C menyebabkan mortalitas pada larva *S. litura* hingga 76,67%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ayudya, D. R., Herlinda, S., & Suwandi, S. (2019). Insecticidal activity of culture filtrates from liquid medium of *Beauveria bassiana* isolates from South Sumatra (Indonesia) wetland soil against larvae of *Spodoptera litura*. *Biodiversitas*, 20(8), 2101-2109. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200802>.
- Budi, A. S., Afandhi, A., & Puspitarini, R. D. (2013). Patogenisitas jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* balsamo (Deuteromycetes: Moniliales) pada larva *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *Jurnal HPT*, 1(1), 57–65.
- Bukhari, T., Middelmann, A., Koenraadt, C. J. M., Takken, W., & Knols, B. G. J. (2010). Factors affecting fungus-induced larval mortality in *Anopheles gambiae* and *Anopheles stephensi*. *Malaria Journal*, 9(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-9-22>.
- Cao, C., Li, R., Wan, Z., Liu, W., Wang, X., Qiao, J., Wang, D., Bulmer, G., & Calderone, R. (2007). The effects of temperature, pH, and salinity on the growth and dimorphism of *Penicillium marneffeii*. *Medical Mycology*, 45(5), 401–407. <https://doi.org/10.1080/13693780701358600>.
- Dhar, S., Jindal, V., Jariyal, M., & Gupta, V.K. (2019). Molecular characterization of new isolates of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* and their efficacy against the tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (Fabricius)

- (Lepidoptera: Noctuidae). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 29(8), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s41938-019-0110-3>
- Febbiyanti, T. R., Widodo, W., Wiyono, S., & Yahya, S. (2019). Pengaruh pH dan waktu penyimpanan terhadap pertumbuhan *Lasiodiplodia theobromae* penyebab kanker batang tanaman karet. *Jurnal Penelitian Karet*, 37(1), 1–10. <https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v37i1.615>
- Gesar, F. D. & Sasongkowati, R. (2015). Pengaruh pH pada media Sabouraud Dextrose Agar (SDA) terhadap pertumbuhan jamur *Candida albicans*. *Journal of Medical Laboratory Technology*, 1(1), 1–4.
- Hakim, L., Kurniatuhandi, R., & Rahmawati. (2020). Karakteristik fisiologis jamur halofilik berdasarkan faktor lingkungan dari sumur air asin di Desa Suak, Sintang, Kalimantan Barat. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, 5(2), 227–232. <https://doi.org/10.20956/bioma.v5i2.11299>.
- Hapsah, Salbiah, D., Dini, I. R., & Tobing, J. Y. B. (2021). Application of Riau local entomopathogen fungi *Beauveria bassiana* toward *Spodoptera litura* pest and plants growth red chili. *International Journal of Science and Research Archive*, 3(1), 130-135. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2021.3.1.0093>.
- Herlinda, S., Utama, M. D., Pujiastuti, Y., & Suwandi, D. (2006). Kerapatan dan viabilitas spora *Beauveria bassiana* (Bals.) akibat subkultur dan pengayaan media, serta virulensinya terhadap larva *Plutella xylostella* (Linn.). *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 6(2), 70–78. <https://dx.doi.org/10.23960/j.hptt.2670-78>
- Kansrini, Y. (2015). Uji berbagai jenis media perbanyakkan terhadap perkembangan jamur *Beauveria bassiana* di laboratorium. *Agrica ekstensia*, 9(1), 34–39.
- Kristanto, S. P., Sutjipto, & Soekarto. (2013). Pengendalian hama pada tanaman kubis dengan sistem tanam tumpangsari. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 1(1), 7–9.
- Laoh, J. (2003). Kerentanan larva *Spodoptera litura* f. Terhadap virus Nuklear polyhedrosis. *Jurnal Natur Indonesia*, 5(2), 145–151.
- Li, C., Yang, Z., Zhang, R. H. C., Zhang, D., Chen, S., & Ma, L. (2013). Effect of ph on cellulase production and morphology of *Trichoderma reesei* and the application in cellulosic material hydrolysis. *Journal of Biotechnology*, 168(4), 470–477. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2013.10.003>.
- Litwin, A., Nowak, M., & Rozalska, S. (2020). Entomopathogenic fungi: unconventional applications. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 19, 23-42. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09525-1>.
- Ni'mah, Y. K., Afandhi, A., & Choliq, F. A. (2021). Persistensi jamur patogen serangga *Beauveria bassiana* (Balsamo) vuillemin (Hypocreales: cordycipateceae) pada filoplan tanaman sawi (*Brassica rapa* L.). *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 9(2). <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2021.009.2.4>
- Nunilahwati, H., Herlinda, S., Irsan, C., Pujiastuti, Y., Khodijah, & Meidelima, D. (2013). Uji efikasi bioinsektisida jamur entomopatogen berformulasi cair terhadap *Plutella xylostella* (L.) Di laboratorium. *Jurnal HPT Tropika*, 13(1), 52–60. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.11352-60>.
- Nuraida & Hasyim, A. (2009). Isolasi, identifikasi, dan karakterisasi jamur entomopatogen dari rizosfir pertanaman kubis. *Jurnal Hortikultura*, 19(4), 419–432.

- Permadi, M. A., Anwar, R., & Santoso, T. (2017). Pemanfaatan cendawan *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. sebagai miko-insektisida terhadap kutu loncat jeruk *Diaphorina citri* kuw. (Hemiptera: Liviidae). *BioLink*, 4(1), 82–89. <https://doi.org/10.31289/biolink.v4i1.1026>
- 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. *Mycobiology*, 4(2), 111–116. <https://doi.org/10.5941/MYCO.2012.40.2.111>
- Pramesti, N. R., Himawan, T., & Rachmawati, R. (2014). Pengaruh pengkayaan media dan suhu penyimpanan terhadap kepadatan dan viabilitas konidia jamur patogen serangga *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae). *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 2(3), 42–50.
- Purnama, P. C., Nastiti, S. J., & Situmorang, J. (2003). Uji patogenitas jamur *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. isolat magelang terhadap *Aphis craccivora* koch. *BioSMART*, 5(2), 81–88.
- Rahmawati, R. I. S., Setiawati, R. Agus, & Pancaningwardoyo, E. R. (2020). Pertumbuhan isolat jamur pascapanen penyebab busuk buah pisang ambon (*Musa paradisiaca* L.) secara in vivo. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*, 5(2), 210–217. <https://doi.org/10.20956/bioma.v5i2.11083>
- Riningrum, R. A. F., Nadrawati, & Turmudi, E. (2020). Uji konsentrasi cendawan *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill terhadap mortalitas kepik polong (*Riptortus linearis* F.) pada tanaman kedelai. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 22(1), 9–15. <https://doi.org/10.31186/jipi.22.1.9-15>
- Rizkie, L., Herlinda, S., Suwandi, Irsan, C., Susilawati, & Lakitan, B. (2017). Kepadatan dan viabilitas konidia *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* pada media in vitro pH rendah. *Jurnal HPT Tropika*, 17(2), 119–127. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.217119-127>
- Rosmini, & Nasir, B. (2013). Pemanfaatan jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* lokal Sulawesi Tengah untuk pengendalian *Spodoptera exigua* dan *Lyriomisa chinensis* hama endemik pada bawang merah di Sulawesi Tengah. *Jurnal Agroland*, 20(1), 37–45.
- Sari, W., & Rosmeita, C. N. (2020). Identifikasi morfologi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* asal tanaman padi Cianjur. *Jurnal Pro-Stek*, 2(1), 1–9. <https://doi.org/10.35194/prs.v2i1.974>
- Senthamizhselvan, P., Alice, J., Sujeetha, R. P., & Jeyalakshmi, C. (2010). Growth, sporulation and biomass production of native entomopathogenic fungal isolates on a suitable medium. *Journal of Biopesticides*, 3(2), 466–469.
- Siahaan, P., & Saimima, A. (2020). *Agensagens hayati sebagai pengganti insektisida sintetik*. Bandung: Patra Media Grafindo.
- Siahaan, P., Wongkar, J., Wowiling, S., & Mangais, R. (2021). Patogenisitas *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. yang diisolasi dari beberapa jenis inang terhadap kepik hijau *Nezara viridula* L. (Hemiptera: Pentatomidae). *Jurnal Ilmiah Sains*, 21(1), 26–33. <https://doi.org/10.35799/jis.21.1.2021.31172>
- Singkoh, M. F. O., & Katili, D. Y. (2019). Bahaya pestisida sintetik (sosialisasi dan pelatihan bagi wanita kaum ibu Desa Koka Kecamatan Tombulu Kabupaten Minahasa). *Jurnal Perempuan dan Anak Indonesia*, 1(1), 5–12. <https://doi.org/10.35801/jpai.1.1.2019.24973>

- Soetopo, D., & Indrayani, I. (2007). Status teknologi dan prospek *Beauveria bassiana* untuk pengendalian serangga hama tanaman perkebunan yang ramah lingkungan. *Perspektif*, 6(1), 29–46. <https://dx.doi.org/10.21082/p.v6n1.2007.%p>
- Souza, T. D., Sanches, A. C., Cruz, M. A., Prado, T. J., Savi, P. J., & Polanczyk, R. A. (2022). Mortality of *Diatraea saccharalis* is affected by the pH values of the spore suspension of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. *Rev. Ceres, Vicosa*, 69(4), 483–487. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202269040014>
- Suciatmih, Kartika, T., & Yusuf, S. (2015). Jamur entomopatogen dan aktivitas enzim ekstraselulernya. *Berita Biologi*, 14(2), 131–142. <http://dx.doi.org/10.14203/beritabiologi.v14i2.1818>
- Sukanto, S., & Yuliantoro, K. (2006). Pengaruh suhu penyimpanan terhadap viabilitas *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. dalam beberapa pembawa. *Pelita Perkebunan*, 22(1), 40–57.
- Suseno, S. M., Siregar, E. B. M., & Batubara, R. (2016). Respon *Cylindrocladium* sp. terhadap fungisida berbahan aktif metiram secara *in vitro*. *Peronema Forestry Science Journal*, 5(3), 79–84.
- Triasih, U., Widyaningsih, S., & Erti, M. (2021). Pengaruh formulasi media cair terhadap pertumbuhan agen hayati yang berasal dari jamur antagonis *Trichoderma* sp dan *Gliocladium* sp serta potensinya dalam mengendalikan penyakit bercak daun *Alternaria* sp pada tanaman apel. *Gontor AGROTECH Science Journal*, 7(2), 163–182. <http://dx.doi.org/10.21111/agrotech.v7i2.5961>
- Wang, D. Y., Mou, Y. N., Tong, S. M., Ying, S. H., & Feng, M. G. (2020). Photoprotective role of photolyase-interacting rad23 and its pleiotropic effect on the insect-pathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Applied and Environmental Microbiology*, 86(11). <https://doi.org/10.1128/AEM.00287-20>
- WHO. (2016). *Test procedure for insecticide resistance monitoring in malaria vector mosquitoes 2<sup>nd</sup> ed.* Geneva: World Health Organization. 48 pp.
- Yang, H., Qin, C., Chen, Y., Zhang, G., Dong, L., & Wan, S. (2019). Persistence of *Metarhizium* (Hypocreales: Clavicipitaceae) and *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) in tobacco soils and potential as biocontrol agents of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: noctuidae). *Environmental Entomology*, 48(1), 147–155. <https://doi.org/10.1093/ee/nvy161>