

## KEMANGKUSAN *Metarhizium anisopliae* DAN *Beauveria bassiana* SEBAGAI BIOINSEKTISIDA BAGI HAMA GUDANG *Sitophilus oryzae*

*The effectiveness of Metarhizium anisopliae and Beauveria bassiana as Bioinsecticides for Pest Warehouse Sitophilus oryzae*

Mohammad Akhbar Yassin<sup>1\*</sup>, Nur Rochman<sup>2</sup>, Setyono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Djuanda

<sup>2</sup>Staf Pengajar Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Djuanda

Jl. Tol Ciawi 1, Kotak Pos 35 Bogor 16720

\*Email : akhbaryassin@gmail.com

Diterima 17 April 2020/Disetujui 30 April 2020

### ABSTRAK

*Sitophilus oryzae* merupakan hama gudang yang menyerang beras (*Oryza sativa*). Salah satu cara pengendalian yang dapat digunakan yaitu memanfaatkan agen hayati sebagai pengendali hama tersebut di antaranya *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana*. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) 2 percobaan yang memiliki 5 taraf perlakuan yang digunakan yaitu 0, 10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup>, 10<sup>8</sup> dan 10<sup>9</sup> konidia ml<sup>-1</sup> pada masing-masing percobaan. Imago *S. oryzae* diberi perlakuan suspensi konidia *M. anisopliae* dan *B. Bassiana* masing-masing pada kerapatan 0 (kontrol), 0, 10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup>, 10<sup>8</sup> dan 10<sup>9</sup> konidia ml<sup>-1</sup>. Aplikasi dilakukan dengan metode semprot terhadap serangga. Dengan kerapatan konidia 10<sup>9</sup>/ml cendawan *M. anisopliae* hanya mampu mengakibatkan kematian *S. oryzae* hingga 33,3% pada hari ke-10 setelah perlakuan. Garis persamaan regresi polinomial yang dihasilkan pada hari ke-10 setelah perlakuan adalah  $0,0615x^2 + 1,8386x + 5,6936$  dengan  $R^2 = 0,8194$ . Karena nilai mortalitas maksimum yang didapatkan sebesar 33,3%, sehingga LC<sub>50</sub> dan LC<sub>95</sub> tidak dapat dihitung. Sedangkan *B. Bassiana* mampu mengakibatkan kematian *S. oryzae* hingga 98,8% pada hari ke-10 setelah perlakuan. Garis persamaan regresi polinomial yang dihasilkan pada 10 HSP adalah  $y = -0,4209x^2 + 14,38x + 5,3044$  dengan  $R^2 = 0,9792$ . Menurut persamaan tersebut, nilai mortalitas maksimum yang didapatkan adalah sebesar 128%, sehingga LC<sub>50</sub> dan LC<sub>95</sub> dapat dihitung. Konsentrasi yang efektif untuk mencapai LC<sub>50</sub> adalah sebesar  $1 \times 10^3$  konidia/ml dan konsentrasi yang efektif untuk mencapai LC<sub>95</sub> adalah  $1 \times 10^8$  konidia/ml. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa penggunaan cendawan *B. Bassiana* lebih efektif untuk mematikan *S. oryzae*

Kata kunci : kerapatan konidia, beras, bioinsektisida, *Sitophilus oryzae*

### ABSTRACT

*Sitophilus oryzae* is a warehouse pest that attacks rice-pant (*Oryza sativa*). It can be controlled by utilizing biological agents as these pests controller, amongst those can be used such as *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. The purpose of this research are to determine the effectiveness of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*'s attacks on *Sitophilus oryzae*. The research's method consist of two experiments, each using Completely Randomized Design with 5 treatment degree wich are 0 (control) 10<sup>6</sup>, 10<sup>7</sup>, 10<sup>8</sup>, and 10<sup>9</sup> conidia/ml, each degree has 3 repetitions. Applications is implemented by spray method on insects. At dencity concentration of 10<sup>9</sup> conidia/ml *Metarhizium anisopliae* only able to inflict death of *Sitophilus oryzae* up to 33,33% on the 10<sup>th</sup> after treatment. Based on variety

*analysis the values cant't be achieved. Meanwhile, Beauveria bassiana was able to inflict death on Sitophilus oryzae up to 98% on the 10<sup>th</sup> after treatment. Therefore Lethal Concentration LC<sub>50</sub> and LC<sub>95</sub> can be achieved. The effective concentration to achieve LC<sub>50</sub> is 2x10<sup>3</sup> conidia/ml and LC<sub>95</sub> is 1,5x10<sup>8</sup> conidia/ml. Therefore, the use of Beauveria bassiana is more effective to kill Sitophilus oryzae.*

*Keywords: conidia density, rice-plant, bioinsecticide, Sitophilus oryzae*

## PENDAHULUAN

Kebutuhan beras di Indonesia setiap tahunnya mengalami peningkatan. Menurut data badan pusat statistika Indonesia (BPS) produksi beras di Indonesia sejak tahun 2011 hingga 2017 mengalami kenaikan yakni sebesar 65,75 juta ton pada tahun 2011 dan 82,38 juta ton pada tahun 2017 (BPS 2018).

Faktor gudang mempunyai peran yang penting untuk ketersediaan beras. Menjaga agar gudang terbebas dari hama gudang merupakan hal yang penting. Hama *Sitophilus oryza* merupakan hama primer yang menyerang beras, sorgum, gandum, dan jagung di tempat penyimpanan (Longstaff 1981). Akibat serangan hama, beras yang disimpan dalam gudang dapat mencapai kerusakan sebesar 10-20% dari keseluruhan produksi (Phillips dan Throne 2010).

Pada umumnya pengendalian hama di gudang beras dilakukan dengan dua cara yaitu dengan penyemprotan pestisida kimia kontak dan fumigasi. Penggunaan pestisida dalam jangka waktu yang lama dapat mencemari lingkungan sedangkan penggunaan fumigasi hanya efektif pada saat pelaksanaan dan dilakukan pada tempat tertutup dan kedap udara (ACIAR 2007).

Penggunaan agen hayati cendawan entomopatogen merupakan suatu upaya untuk mengurangi penggunaan pestisida sintetik yang selama ini banyak menyebabkan permasalahan lingkungan, dan diharapkan menjadi solusi sekaligus dapat menggali potensi dasar hayati yang telah ada (Desyanti *et al.* 2007). Beberapa spesies cendawan entomopatogen yang dapat dipertimbangkan menjadi insektisida

biologis adalah *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisoplae*, *Verticillium lecanii*, dan *Hirsutella thompsonii* (Wahyono dan Tarigan 2007). Jamur *Metarhizium anisoplae* dapat menginfeksi serangga dari kelompok ordo Orthoptera, Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera dan Hymenoptera (Lee dan Hou 2003).

Berdasarkan uraian di atas maka dilakukan penelitian tentang pengendalian hama secara hayati dengan menggunakan jamur entomopatogen (*Metarhizium anisoplae* dan *Beauveria bassiana*) untuk mencari konsentrasi atau kerapatan konidia yang tepat dalam mengendalikan hama gudang *Sitophilus oryzae*. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kemangkusan atau keefektifan serangan *Metarhizium anisoplae* dan *Beauveria bassiana* terhadap hama gudang *Sitophilus oryzae*

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga April 2019 di Laboratorium Entomologi dan Fitopatologi, SEAMEO BIOTROP, Jl. Raya Tajur km 6, Bogor.

### Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan selama penelitian adalah tempat pengembangbiakan serangga, cawan petri, timbangan, gelas beker, erlenmeyer, corong, pipet, botol semprot, jarum ose, mikroskop, haemocytometer, oven, tabung berskala, autoclave SN 90, inkubator. Bahan-bahan yang digunakan selama penelitian adalah hama gudang *S. oryzae*, cendawan *B. bassiana*, *M. anisoplae*,

media *Pottato Dextrose Agar* (PDA), tween 80, aquades, tisu dan kain batis.

### Rancangan Percobaan

Penelitian ini terdiri atas 2 percobaan yaitu percobaan I untuk mengetahui pengaruh kerapatan konidia cendawan *M. anisopliae* dan percobaan II untuk mengetahui pengaruh kerapatan konidia cendawan *B. bassiana* sebagai agen hayati pengendali *Sitophilus oryzae*. Masing-masing percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 taraf perlakuan yaitu 0,  $10^6$ ,  $10^7$ ,  $10^8$ ,  $10^9$  konidia  $\text{ml}^{-1}$ ). Setiap taraf perlakuan menggunakan tiga ulangan.

### Analisis Data

Persentase kematian *Sitophilus oryzae* menggunakan rumus:

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

Keterangan:

P = Persentase kematian

n = Jumlah individu yang mati

N = Jumlah individu yang digunakan

Hasil persentase kematian kemudian ditransformasikan ke dalam arc  $\sin\sqrt{y}$  dan diolah menggunakan analisis ragam. Apabila pengaruh kerapatan konidia terhadap mortalitas *S. oryzae* bersifat nyata maka selanjutnya dilakukan analisis regresi polinomial untuk mengetahui nilai maksimum dan *Lethal Concentration* ( $\text{LC}_{50}$  dan  $\text{LC}_{95}$ ).

### Pembuatan Isolat dan Penyiapan Suspensi Cendawan

Isolat diperbanyak dengan menggunakan media PDA pada cawan petri berukuran 100 mm x 20 mm. Komposisi media PDA adalah kentang, agar, dextrose, dan chloramphenicol. Setelah inokulasi, cendawan ditumbuhkan dalam inkubator dengan suhu  $28^{\circ}\text{C}$ .

*Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* yang telah berumur 21 hari setelah inokulasi (HSI) diambil konidianya dengan cara mengambil area pertumbuhan cendawan pada media agar dengan menggunakan spatula steril. Cendawan dicampur dengan akuades steril yang telah ditambahkan tween 80 lalu disaring untuk mendapatkan suspensi konidia yang jernih. Kerapatan konidia dihitung menggunakan *haemocytometer neubaur improved*.

### Perlakuan Serangga Uji

Langkah pertama pada perlakuan serangga uji adalah dengan menyiapkan 30 cawan berukuran 150 mm x 25 mm untuk masing-masing cawan yang akan diisi oleh imago *S. oryzae*. Setiap cawan tersebut diisi oleh *S. oryzae* masing-masing sebanyak 20 ekor. Dasar cawan diletakan tisu yang telah disterilisasi kemudian dibasahi agar ruangan cawan memiliki kelembaban yang cukup untuk pertumbuhan cendawan. Suspensi yang telah dibuat kemudian disemprotkan terhadap serangga yang berada di cawan sebanyak 1 ml volume semprot. Masing-masing aplikasi taraf perlakuan menggunakan tiga kali ulangan. Perlakuan kontrol dilakukan dengan cara menyemprotkan akuades steril yang telah ditambah Tween80. Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah *S. oryzae* yang mati pada 1-10 hari setelah perlakuan (HSP).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum dari data yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat kerapatan konidia yang digunakan, maka semakin tinggi mortalitas *S. Oryzae* yang dihasilkan (Tabel 1).

Tabel 1 Mortalitas *S. Oryzae* pada hari ke-10 setelah perlakuan *M. anisoplae* dan *B. Bassiana*

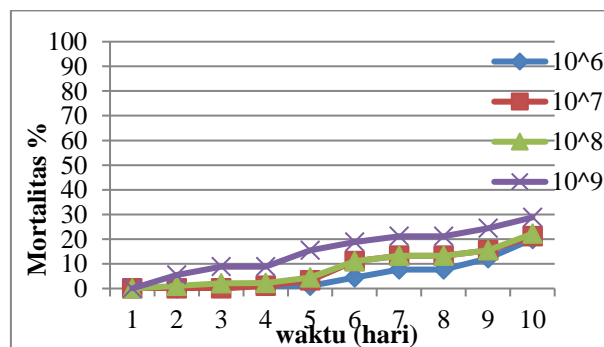
Kerapatan Konidia ml <sup>-1</sup>	Mortalitas <i>S. Oryzae</i> (%)	
	Aplikasi <i>M. anisoplae</i>	Aplikasi <i>B. bassiana</i>
0	5,50	5,50
10 <sup>6</sup>	21,1	71,1
10 <sup>7</sup>	20,0	92,2
10 <sup>8</sup>	22,2	93,3
10 <sup>9</sup>	28,2	98,8

Korelasi antara log konsentrasi kerapatan konidia *M. anisoplae* dengan mortalitas *S. oryzae* adalah 0,98 dan korelasi antara log konsentrasi kerapatan konidia *B. bassiana* dengan mortalitas *S. oryzae* adalah 0,99. Berdasarkan kedua korelasi tersebut maka disimpulkan terdapat hubungan yang sangat kuat antara kerapatan konidia dengan mortalitas *S. oryzae* baik menggunakan cendawan *M. anisoplae* maupun *B. bassiana*. Namun pada konidia *B. bassiana* mortalitas *S. oryzae* relatif tinggi sedangkan pada konidia *M. anisoplae* mortalitas *S. oryzae* masih rendah.

Berdasarkan tabel di atas, terdapat perbedaan tingkat mortalitas serangga yang diakibatkan oleh cendawan *M.anisoplae* dan *B.bassiana*. Pada aplikasi menggunakan cendawan *M.anisoplae* mortalitas tertinggi hanya mencapai 28,2% terjadi pada kerapatan 1x10<sup>9</sup> konidia ml<sup>-1</sup> dan mortalitas terendah mencapai 21,1%

pada kerapatan 1x10<sup>6</sup> konidia ml<sup>-1</sup>. Pada aplikasi cendawan *B.bassiana* pada 10 HSP mortalitas tertinggi mencapai 98,8% terjadi pada kerapatan konidia 1x10<sup>9</sup> konidia ml<sup>-1</sup> dan mortalitas terendah mencapai 71,1% pada kerapatan konidia 1x10<sup>6</sup> konidia ml<sup>-1</sup>.

Menurut Bari (2006), tingkat kematian *Cylas formicarius* yang disebabkan oleh *B.bassiana* pada kerapatan konidia 10<sup>8</sup> ml<sup>-1</sup> pada hari ke-6 sampai ke-10 hampir 100%. Pada penelitian ini dengan tingkat kerapatan konidia 1x10<sup>8</sup> ml<sup>-1</sup> pada 10 HSP menggunakan cendawan *M. anisoplae* dapat mematikan *S. oryzae* sebesar 22,2%, sedangkan menggunakan cendawan *B. bassiana* dapat mematikan *S. oryzae* sebesar 93,3%. Pada Gambar 1 dan Gambar 2 disajikan mortalitas kumulatif *S. oryzae* yang terserang cendawan *M. anisoplae* dan *B. Bassiana*.

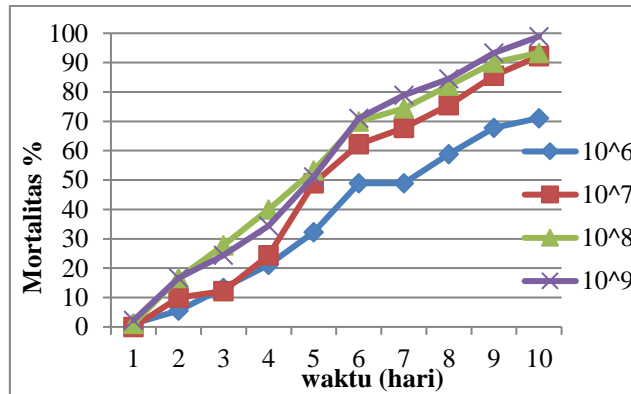
Gambar 1 Mortalitas kumulatif *S.oryzae* yang terinfeksi *M.anisoplae* selama 10 HSP

Pada awal perlakuan serangga mulai menunjukkan ciri-ciri terinfeksi dengan 1-2% tingkat kematian oleh cendawan *B.bassiana* pada kerapatan 1x10<sup>9</sup> konidia ml<sup>-1</sup>, sedangkan cendawan

*M.anisoplae* mulai menginfeksi pada hari ke-2 dengan tingkat kematian serangga mencapai 5,5% pada kerapatan 1x10<sup>9</sup> konidia ml<sup>-1</sup>. *S. Oryzae* yang terinfeksi cendawan *B. bassiana* mengalami

mortalitas lebih tinggi setelah pengamatan hari ke-10. Menurut Riyanto dan Santoso (1991), gerakan serangga yang terinfeksi menjadi lamban, nafsu makan berkurang bahkan berhenti, lama kelamaan diam dan

mati sehingga tubuhnya diselubungi oleh hifa (Gambar 3). Jumlah konidia mempengaruhi mortalitas hama tersebut, semakin tinggi kerapatan konidia semakin tinggi mortalitas hama.



Gambar 2 Mortalitas kumulatif *S.oryzae* yang terinfeksi *B. Bassiana* selama 10 HSP

*Lethal concentration* (LC) adalah nilai yang menunjukkan jumlah racun per satuan berat yang dapat mematikan populasi hewan yang digunakan dalam

percobaan (Priyono 1985). Untuk mengetahui LC pada suatu cendawan maka perlu diketahui fungsi mortalitas cendawan terhadap konsentrasi yang diaplikasikan.

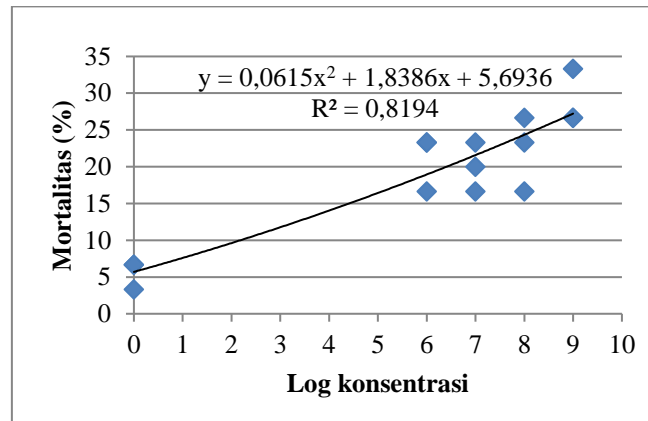


Gambar 3 Serangga terinfeksi. a. Serangga terinfeksi *M. anisopliae*, b. serangga terinfeksi *B. bassiana*

**Mortalitas Hama oleh *M. anisopliae* pada 10 HSP**

Pada aplikasi cendawan *M. anisopliae* berdasarkan hari ke-1 sampai hari ke-10 setelah perlakuan tidak dapat dicari LC<sub>50</sub> dan LC<sub>95</sub> karena nilai maksimum tidak mencapai 50%. Nilai mortalitas tertinggi pada hari ke-1 sebesar nol, hari ke-2 sebesar 6,6%, hari ke-3 sebesar 10%, hari ke-4 sebesar 10%, hari ke-5 sebesar 20%, hari ke-6 sebesar 20%, hari ke-7 sebesar 26,7%, hari ke-8 sebesar 26,7%, hari ke-9 sebesar 26,7%. Dari keseluruhan hari, nilai mortalitas tertinggi

terdapat pada 10 HSP sebesar 33,3%. Mortalitas hama *S. oryzae* pada 10 HSP tersaji pada Gambar 4. Analisis ragam (Uji F) menunjukkan bahwa kerapatan konidia dari cendawan *M.anisoplae* berpengaruh terhadap mortalitas hama *S. oryzae*. Garis persamaan regresi polinomial yang dihasilkan pada 10 HSP adalah  $y = 0,0615x^2 + 1,8386x + 5,6936$  dengan  $R^2 = 0,8194$ . Karena nilai mortalitas maksimum yang didapatkan hanya sebesar 33,3%, maka LC<sub>50</sub> dan LC<sub>95</sub> tidak dapat dihitung.



Gambar 4 Persamaan regresi pada 10 HSP pada pengujian cendawan *M. anisoplae*

### Mortalitas Hama oleh *B. bassiana* pada 5 HSP

Pada hari ke-1 setelah perlakuan nilai mortalitas maksimum sebesar 3,3%, hari ke-2 sebesar 20%, hari ke-3 sebesar 26,7%, dan hari ke-4 sebesar 36,7% sehingga pada hari ke-1 sampai hari ke-4 tidak dapat dicari  $LC_{50}$  dan  $LC_{95}$ . Oleh sebab itu pencarian  $LC_{50}$  dan  $LC_{95}$  dimulai pada 5 HSP hingga 10 HSP.

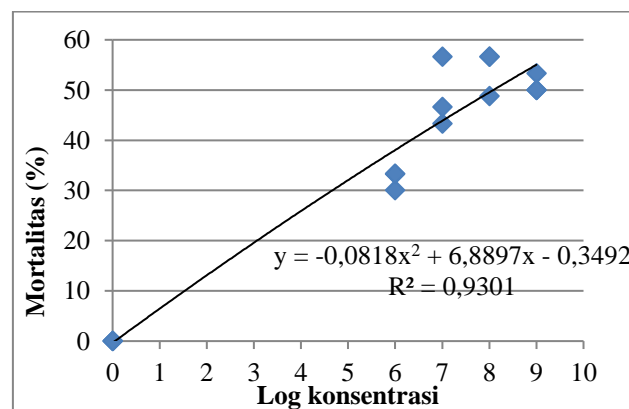
Analisis ragam (Uji F) menunjukkan bahwa kerapatan konidia dari cendawan *B. bassiana* berpengaruh terhadap mortalitas hama *S. oryzae*. Garis persamaan regresi polinomial yang dihasilkan pada 5 HSP adalah  $y = -0,0818x^2 + 6,8897x - 0,3492$  dengan  $R^2 = 0,9301$  (Gambar 5).

Menurut persamaan tersebut, nilai mortalitas maksimum yang didapatkan adalah sebesar 144,72%, sehingga  $LC_{50}$  dan  $LC_{95}$  dapat dicari. Konsentrasi yang efektif untuk mencapai  $LC_{50}$  adalah

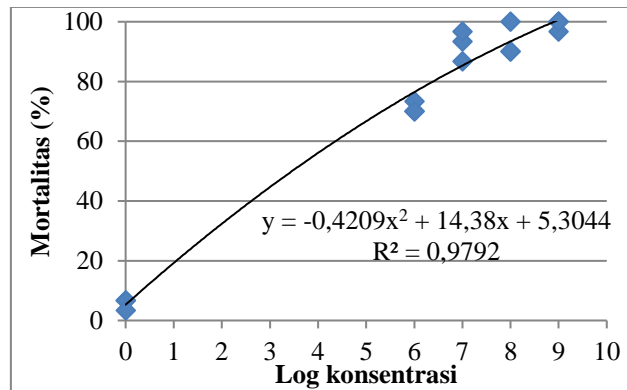
sebesar  $1 \times 10^8$  konidia  $ml^{-1}$  dan konsentrasi yang efektif untuk mencapai  $LC_{95}$  adalah  $1 \times 10^{17}$  konidia  $ml^{-1}$ .

### Mortalitas Hama oleh *B. bassiana* pada 10 HSP

Analisis ragam (Uji F) menunjukkan bahwa kerapatan konidia dari cendawan *B. bassiana* berpengaruh terhadap mortalitas hama *S. oryzae*. Garis persamaan regresi polinomial yang dihasilkan pada 10 HSP adalah  $y = -0,4209x^2 + 14,38x + 5,3044$  dengan  $R^2 = 0,9792$  (Gambar 6). Menurut persamaan tersebut, nilai mortalitas maksimum yang didapatkan adalah sebesar 128%, sehingga  $LC_{50}$  dan  $LC_{95}$  dapat dicari. Konsentrasi yang efektif untuk mencapai  $LC_{50}$  adalah sebesar  $1 \times 10^3$  konidia  $ml^{-1}$  dan konsentrasi yang efektif untuk mencapai  $LC_{95}$  adalah  $1 \times 10^8$  konidia  $ml^{-1}$ .



Gambar 5 Persamaan regresi pada 5 HSP pada pengujian cendawan *B. bassiana*



Gambar 6 Persamaan regresi pada 10 HSP pada pengujian cendawan *B.bassiana*

Isolat cendawan *M. anisopliae* maupun cendawan *B. bassiana* diinokulasi selama 21 hari di dalam inkubator dengan suhu 28°C. Selama masa inokulasi dilakukan pembersihan cendawan pada media PDA dari kontaminasi *Aspergillus* sp dan bakteri. Pembersihan dilakukan 1-2 hari untuk mencegah penyebaran kontaminasi. Pembersihan kontaminasi dilaksanakan di ruang isolasi dengan cara membuang bagian PDA yang terkontaminasi menggunakan jarum ose yang telah dipanaskan terlebih dahulu.

Pembuatan suspensi kedua cendawan tersebut dilaksanakan di ruang isolasi dengan cara mengambil bagian konidia cendawan. Konidia tersebut dimasukkan ke dalam gelas ukur kemudian ditambahkan akuades steril dan tween80 yang telah dicampur sebanyak 6 ml. Suspensi diaduk hingga rata kemudian disaring untuk mendapatkan suspensi yang jernih, suspensi tadi ditetaskan pada haecytomer kemudian konidia dihitung dibawah mikroskop binokular.

Pengaplikasian kedua cendawan yang digunakan menunjukkan kenaikan mortalitas hama seiring dengan peningkatan kerapatan konidia dan lama hari aplikasi (1-10 HSP). Dari pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tingkat kerapatan konidia yang digunakan, maka semakin efektif dalam mematikan hama. Hal ini sejalan dengan pendapat Suryadi dan Hendarsih (1991), bahwa semakin banyak jumlah konidia yang digunakan maka semakin banyak

propagul jamur yang berfungsi sebagai agensia penularan sehingga semakin tinggi pula tingkat mortalitas kematian hama.

### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kerapatan konidia maka semakin tinggi pula tingkat kematian serangga *S.oryzae*. Cendawan *B. bassiana* memiliki pengaruh nyata dalam mematikan *S. oryzae*. Cendawan *B. bassiana* dalam waktu 10 HSP dapat mematikan hama *S.oryzae* sebesar 50% (LC 50) dengan konsentrasi  $1 \times 10^7$  konidia  $ml^{-1}$  dan dapat mematikan hama *S.oryzae* sebesar 95% (LC 95) dengan konsentrasi  $1 \times 10^8$ . Pada aplikasi menggunakan cendawan *M.anisopliae* tidak dapat dicari LC 50 dan LC 95, sehingga dapat disimpulkan bahwa cendawan *B.bassiana* lebih unggul dalam mematikan *S. oryzae* dibandingkan cendawan *M.anisopliae*.

### DAFTAR PUSTAKA

- ACIAR [Australian Centre for International Agricultural Research]. 2007. *Guide to Fumigation Under Gas-Proof Sheets*. <http://www.aciar.gov.au> [Diakses tanggal 18 Desember 2018].
- Bari D. 2006. Keefektifan beberapa isolat cendawan entomopatogen

- Beauveria bassiana* (BALSAMO) Vuillemin terhadap hama boleng *Cylas formicarius* (Fabr.) (COLEOPTERA: Curculionidae) di Laboratorium [Skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- BPS [Badan Pusat Statistik] 2018. *Survei Sosial Ekonomi Nasional*. [Online] <http://www.bps.go.id> [Di akses 06 Desember 2018].
- Desyanti, Hadi YS, Yusuf S, Santoso T. 2007. Keefektifan beberapa spesies cendawan entomopatogen untuk mengendalikan rayap tanah *Coptotermes gestroi* WASMANN (Isoptera: Rhinotermitidae) dengan metode kontak dan umpan. *J. Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis*. 5(2): 68-77.
- Lee PC, Hou RF. 2003. Pathogenesis of *Metarhizium anisopliae* van anisopliae in the smaller brown plant hopper *Laodelphax striatellus*. *Chinese J. Entomol.* (9):3-19.
- Longstaff BC. 1981. Biology of the grain pest species of the genus *Sitophilus* (Coleoptera: Curculionidae): a critical review. *Protection Ecology*. 2: 82-130.
- Phillips TW, Throne JE. 2010. Bio-rational approaches to managing stored product. *Annual Review of Entomology*. 55:375-397.
- Prijono D. 1985. *Penuntun Praktikum Pestisida dan Alat Aplikasi*. Bogor: Bagian Insektisida. IPB.
- Riyanto, Santoso. 1991. *Cendawan Beauveria bassiana dan Cara Pengendalian Guna Pengendalian Hama Bubuk Kopi*. Jakarta: Direktorat Bina Perlindungan Tanaman Perkebunan.
- Suryadi Y, Hendarsih S. 1991. Efektivitas campuran jamur patogen serangga *M. Anisopliae* dengan insektisida terhadap wereng coklat. *Kumpulan Makalah Kongres IV PEI*. Yogyakarta.
- Wahyono TE, Tarrigan, N. 2007. Uji patogenisitas agen hayati *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* terhadap ulat serendang (*Xystrocera festiva*). *Buletin Teknik Pertanian*. 12(1):22-29.