

**EFEKTIFITAS DAN KOMPATIBILITAS *Beauveria bassiana*
DENGAN INSEKTISIDA BERBAHAN AKTIF abamectin
18,4 g/l PADA KONSENTRASI SUBLETHAL TERHADAP
LARVA *Crocidolomia pavonana* F. (LEPIDOPTERA:
CRAMBIDAE)**

Oleh
NOR FIFIN SOFIANA



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2019**

**EFEKTIFITAS DAN KOMPATIBILITAS *Beauveria bassiana*
DENGAN INSEKTISIDA BERBAHAN AKTIF abamectin
18,4 g/l PADA KONSENTRASI SUBLETHAL TERHADAP
LARVA *Crocidolomia pavonana* F. (LEPIDOPTERA:
CRAMBIDAE)**

**OLEH
NOR FIFIN SOFIANA**

155040201111123

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2019**

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan dari Dr. Ir. Toto Himawan, SU. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2019

Nor Fifi Sofiana



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Efektifitas dan Kompatibilitas *Beauveria bassiana* dengan Insektisida Berbahan Aktif abamectin 18,4 g/l pada Konsentrasi Sublethal terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae)

Nama Mahasiswa : Nor Fifi Sofiana

NIM : 155040201111123

Minat : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui,

Pembimbing Utama

Dr. Ir. Toto Himawan, SU.
NIP.19551119 198303 1 002

Diketahui,

Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan



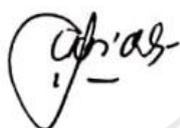
Dr. Ir. Ludji Pantia Astuti, MS.
NIP.19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan: 29 JUL 2019

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI

Penguji I



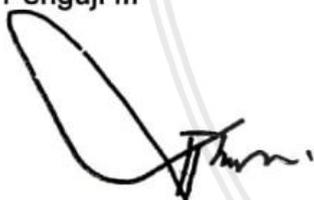
Dr. Ir. Sri Karindah, MS.
NIP.19520517 197903 1 002

Penguji II



Tita Widjayanti, SP., M.Si.
NIK.201304 870819 2 001

Penguji III



Dr. Ir. Toto Himawan, SU.
NIP. 19551119 198303 1 002

Penguji IV



Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS.
NIP.19590705 198601 1 003

Tanggal Lulus : 01 AUG 2019



“Bersemangatlah melakukan hal yang bermanfaat untukmu dan meminta tolonglah pada Allah SWT, serta janganlah engkau malas”. (HR. Muslim)

*Skripsi ini saya persembahkan
Kepada nenek, kedua orang tuaku tersayang dan kakakku tercinta
serta keluarga besar Pondok Pesantren Sabilurrosyad, Malang*

RINGKASAN

Nor Fifin Sofiana. 155040201111123. Efektifitas dan Kompatibilitas *Beauveria bassiana* dengan Insektisida Berbahan Aktif abamectin 18,4 g/l pada Konsentrasi Sublethal terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae). Dibawah Bimbingan Dr. Ir. Toto Himawan, SU. sebagai Pembimbing Utama.

Crocidolomia pavonana F. (Lepidoptera: Crambidae) merupakan salah satu hama penting tanaman famili Brassicaceae seperti kubis, kubis bunga, petsai dan lobak. Dampak serangan dari hama ini dapat menurunkan hasil hingga 100% pada musim kemarau. Salah satu teknik pengendalian yang banyak dikembangkan saat ini, yakni pengendalian berbasis ramah lingkungan seperti pemanfaatan jamur *Beauveria bassiana*. Akan tetapi, aplikasi jamur *B. bassiana* secara tunggal di lapangan tidak memberikan hasil yang memuaskan dibandingkan dengan insektisida kimia. Oleh karena itu, dibutuhkan strategi pengendalian hama yang tepat yakni menggabungkan *B. bassiana* sebagai jamur entomopatogen dengan insektisida kimia abamectin pada konsentrasi *sublethal* dengan harapan dapat mengurangi dampak negatif dari penggunaan insektisida kimia serta meningkatkan efikasi dari aplikasi *B. bassiana*.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Toksikologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, yang dimulai bulan Januari hingga Juni 2019. Penelitian terdiri dari dua percobaan, yakni 1) uji toksisitas *B. bassiana* dan insektisida abamectin serta campurannya terhadap kematian larva *C. pavonana* dan 2) uji kompatibilitas campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin. Konsentrasi yang digunakan pada pengujian yakni 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1 dan 2 kali konsentrasi anjuran. Penggunaan konsentrasi untuk jamur *B. bassiana* meliputi kontrol, 1250, 2500, 3750, 5000, 10000 ppm, sedangkan untuk perlakuan konsentrasi pada insektisida abamectin meliputi kontrol, 125, 250, 375, 500 dan 1000 ppm. Penelitian menggunakan 2 rancangan yang meliputi, rancangan acak kelompok pada percobaan 1 dan rancangan acak lengkap pada percobaan 2. Pada setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali. Setelah diperoleh data kematian serangga, maka dilakukan analisis menggunakan analisis probit melalui software Hsin Chi untuk mengetahui nilai LC_{50} dan LT_{50} . Selain itu, data kematian serangga tersebut, dilakukan analisis sidik ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%.

Hasil penelitian meliputi pada percobaan 1, diperoleh hasil bahwa insektisida abamectin memiliki daya toksisitas yang lebih tinggi daripada jamur *B. bassiana*. Nilai LC_{50} insektisida abamectin dan jamur *B. bassiana* sebesar 154,2 dan 5779 ppm. Selain itu, campuran dari *B. bassiana* dengan insektisida abamectin pada konsentrasi *sublethal* (LC_{25}) diperoleh hasil yang sinergistik dan dapat meningkatkan efikasi hingga 16,54 kali lipat dari pengujian bioinsektisida *B. bassiana* secara tunggal. Kemudian untuk percobaan 2 diperoleh hasil yakni adanya campuran insektisida tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan jamur *B. bassiana*. Pemberian konsentrasi abamectin yang dapat bersifat kompatibel dengan *B. bassiana* yaitu 125, 250, 375 dan 500 ppm.

Sedangkan konsentrasi abamectin yang menyebabkan toksik pada *B. bassiana* adalah 1000 ppm. Nilai kompatibilitas dari pemberian konsentrasi insektisida abamectin dari 125, 250, 375, 500 dan 1000 ppm secara berturut-turut sebesar 117,24; 76,62; 63,29; 64,18 dan 33,36. Dari rangkaian pengujian dapat diketahui bahwa campuran bioinsektisida *B. bassiana* dengan insektisida abamectin pada konsentrasi *sublethal* terhadap larva *C. pavonana* dapat bersifat sinergis dan kompatibel.



SUMMARY

Nor Fifin Sofiana. 155040201111123. Effectiveness and Compatibility of *Beauveria bassiana* with Abamectin Insecticide 18.4 g/l in Sublethal Concentration of Larvae *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae). Supervised by Dr. Ir. Toto Himawan, SU. as the Main Advisor.

Crocidolomia pavonana F. (Lepidoptera: Crambidae) is one of the important pests of the Brassicaceae such as cabbage, flower cabbage, chinese cabbage and turnips. The impact of attacks from these pests can reduce yields by up to 100% in the dry season. One of the many control techniques developed today, namely environment-based control such as the use of *Beauveria bassiana* fungus. However, the single application of *B. bassiana* fungus in the field, did not provide satisfactory results compared to chemical insecticides. Therefore, an appropriate pest control strategy is needed, namely combining *B. bassiana* as an entomopathogenic fungus with abamectin insecticide at *sublethal* concentration in the hope that it can reduce the negative impact of the use chemical insecticide and increase the efficacy of *B. bassiana* application.

The research was conducted at the Toxicology Laboratory, Department of Plant Pest and Disease, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang, which began in January to June 2019. The research consisted of two experiments, namely 1) the toxicity test of *B. bassiana* and the abamectin insecticide and its mixture on death of *C. pavonana* larvae, and 2) compatibility test the mixture of *B. bassiana* with abamectin insecticide. The concentration used in testing is 0, $\frac{1}{4}\times$, $\frac{1}{2}\times$, $\frac{3}{4}\times$, $1\times$ and $2\times$ recommended concentrations of each insecticide. The use of concentrations for *B. bassiana* fungus include were control, 1250, 2500, 3750, 5000, 10000 ppm. While for concentrations of abamectin insecticide include were control, 125, 250, 375, 500 and 1000 ppm. The research used two designs which included, the randomized block design in experiment 1 and the complete random design in experiment 2. Each treatment was repeated 4 times. After obtaining data of insect death, then an analyzed using probit analysis through Hsin Chi software to determine the values of LC_{50} and LT_{50} . In addition, these data of insect death, then carried out analysis of variance (ANOVA) and continued with the DMRT test with an error rate of 5%.

The results of experiment 1 was the toxicity of abamectin higher than *B. bassiana*. LC_{50} abamectin and *B. bassiana* were 154.2 and 5779 ppm respectively. In addition, a mixture of *B. bassiana* with abamectin at sublethal concentration (LC_{25}) was synergist. It could increase the efficacy up to 16.54 times compare with applying *B. bassiana* singly. The experiment 2, obtained that the mixture of insecticide, could give effect to the growth of *B. bassiana* fungus. The concentration of abamectin which can be compatible with *B. bassiana*, namely 125, 250, 375 dan 500 ppm. While the concentration of abamectin which caused toxic to *B. bassiana* was 1000 ppm. The compatibility value from 125, 250, 375, 500 and 1000 ppm of abamectin concentrations were 117.24; 76.62; 63.29; 64.18 and 33.36 respectively. Therefore, the mixture of *B. bassiana* with abamectin insecticide at sublethal concentration of *C. pavonana* larvae can be synergist and compatible.

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala nikmatNya dan ridhoNya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Efektifitas dan Kompatibilitas *Beauveria bassiana* dengan Insektisida Berbahan Aktif abamectin 18,4 g/l pada Konsentrasi Sublethal terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae)”. Shalawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, sahabatnya, dan umatnya.

Penulis menyadari selama proses penulisan laporan penelitian ini, banyak sekali hambatan dan kekurangan yang memerlukan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Terimakasih juga, penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Toto Himawan, SU., yang telah membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan tanggungjawab serta kepada kedua orang tua dan keluarga besar Pondok Pesantren Sabilurrosyad 3 yang telah memberikan banyak motivasi dan dukungan hingga penulis menyelesaikan laporan penelitian ini.

Demikian skripsi ini di sampaikan, kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan. Semogga skripsi ini dapat bermanfaat sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian lainnya.

Malang, Juni 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabupaten Pati pada tanggal 23 Desember 1997 yang merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari Bapak Suwadi dan Ibu Nganti. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Karang pada tahun 2003 sampai tahun 2009, kemudian penulis melanjutkan ke SMPN 1 Jakenan pada tahun 2009 sampai tahun 2012. Setelah itu, penulis melanjutkan studi di SMAN 1 Jakenan, dengan mengambil jurusan IPA di tahun 2012 sampai 2015. Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang Jawa Timur melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Selama menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, penulis pernah mengikuti unit kegiatan mahasiswa (UKM) SENI RELIGI dan RKIM (Riset dan Karya Ilmiah Mahasiswa) pada tahun 2015 hingga 2017. Penulis juga pernah mengikuti kepanitiaan yang meliputi Gebyar Brawijaya Qur'ani tahun 2015, *Agriculture Leadership Program* 2015, dan Festival Seni Religi 2016. Selain itu, penulis juga pernah menjadi asisten praktikum yang mengajar beberapa mata kuliah yang meliputi Fisiologi Tanaman, Dasar Perlindungan Tanaman dan Pertanian Berlanjut, serta penulis pernah bergabung dalam lembaga Al Qorni Private Center yang menaungi pengajaran les privat.

Penulis juga banyak mengikuti kegiatan perlombaan karya tulis ilmiah dari tingkat se-malang raya hingga internasional. Beberapa lomba-lomba yang sudah diikuti dan mendapat juara, meliputi juara 3 lomba karya tulis ilmiah RKIM CUP 2017 di Universitas Brawijaya, juara harapan 2 lomba karya tulis ilmiah bidang *Business Plan* dalam acara *UTU Awards* 2017 di Universitas Teuku Umar, Aceh Barat, kemudian penulis juga pernah meraih *Gold Medal* di acara *Invention Youth International Awards* 2018 di Sanur, Bali.

DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	iii
KATA PENGANTAR	iv
RIWAYAT HIDUP	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Hipotesis	3
1.4 Manfaat	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Insektisida Mikrobia <i>Beauveria bassiana</i>	5
2.2 Insektisida Berbahan Aktif Abamectin	7
2.3 Kombinasi <i>B. bassiana</i> dengan Insektisida Kimia	9
2.4 <i>Crocidolomia pavonana</i> F. sebagai Hama Tanaman Brassicaceae	10
III. METODE PENELITIAN	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.2.1 Alat	12
3.2.2 Bahan	12
3.3 Persiapan Penelitian	12
3.3.1 Identifikasi Serangga Uji	12
3.3.2 Budidaya Pakcoy (<i>Brassica rapa</i>)	13
3.3.3 Perbanyak Serangga Uji <i>Crocidolomia pavonana</i>	13
3.3.4 Bioinsektisida <i>Beauveria bassiana</i>	13
3.3.5 Insektisida Kimia Abamectin	13
3.4 Pelaksanaan Penelitian	14
3.4.1 Pengujian Daya Racun	14
3.4.2 Uji Campuran <i>Beauveria bassiana</i> dengan Insektisida Berbahan Aktif Abamectin	15
3.4.3 Pengujian Kompatibilitas Campuran <i>B. bassiana</i> dengan Insektisida Abamectin	16



3.5 Pengamatan	18
3.5.1 Mortalitas larva <i>Crocidolomia pavonana</i>	18
3.5.3 Nisbah Sinergistik (NS)	18
3.5.4 Uji Kompatibilitas.....	19
3.6 Analisis Data	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Aktivitas <i>B. bassiana</i> dan Insektisida Abamectin terhadap Mortalitas Larva <i>C. pavonana</i>	23
4.2 Toksisitas <i>B. bassiana</i> dan Insektisida Abamectin terhadap Larva <i>C. pavonana</i>	26
4.3 Pengaruh Campuran <i>B. bassiana</i> dengan Insektisitas Abamectin terhadap Mortalitas <i>C. pavonana</i>	30
4.3.1 Pengaruh Insektisida Campuran terhadap Mortalitas <i>C. pavonana</i>	30
4.3.2 Toksisitas Insektisida Campuran <i>B. bassiana</i> dengan Abamectin terhadap <i>C. pavonana</i>	31
4.3.3 Sinergisitas Campuran Insektisida <i>B. bassiana</i> dengan Abamectin terhadap <i>C. pavonana</i>	34
4.4 Kompatibilitas Campuran <i>B. bassiana</i> dengan Insektisida Abamectin ...	35
4.5 Pembahasan Umum	41
V. PENUTUP.....	44
5.1 Kesimpulan	44
5.2 Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Morfologi <i>B. bassiana</i> . (A) pertumbuhan <i>B. bassiana</i> pada media PDA inkubasi 5 hari. (B) struktur mikroskopis <i>B. bassiana</i> perbesaran 40x10 a: konidia, b: hifa.....	6
2.	Kolonisasi miselium <i>B. bassiana</i> pada tubuh larva <i>Spodoptera litura</i> ...	6
3.	Rumus Bangun Insektisida Abamectin.....	8
4.	Larva <i>Crocidolomia pavonana</i> F.....	11
5.	Imago <i>Crocidolomia pavonana</i> F. (a) Betina, (b) Jantan	11
6.	Bidang Pandang <i>Haemocytometer</i>	20
7.	Larva <i>C. pavonana</i> yang terinfeksi jamur <i>B. bassiana</i>	24
8.	Grafik Hubungan Konsentrasi Insektisida Tunggal dengan Mortalitas Larva <i>C. pavonana</i> , a. Bioinsektisida <i>B. bassiana</i> b. Insektisida Abamectin.....	28
9.	Grafik Hubungan Konsentrasi Insektisida Campuran dengan Mortalitas Larva <i>C. pavonana</i>	32
Nomor		
	Lampiran	Halaman
1.	Gambar Lampiran 1. (a) Penanaman dan Pemanenan Sawi Bebas Insektisida (b) Rangkaian Proses Rearing di Sangkar.....	53
2.	Gambar Lampiran 2. Larva <i>Crocidolomia pavonana</i>	53
3.	Gambar Lampiran 3. (a) Hasil isolasi <i>B. bassiana</i> pada serangga uji yang terinfeksi selama 3 HSI (b) Jamur <i>B. bassiana full plate</i> hasil dari purifikasi 14 HSI	53
4.	Gambar Lampiran 4. Gambar Mikroskopis Jamur <i>B. bassiana</i> pada Perlakuan Kontrol dengan Perbesaran 40x10.....	54
5.	Gambar Lampiran 5. Pertumbuhan Spora <i>B. bassiana</i> pada Masing-masing Perlakuan di Cawan Petri	54



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Persentase Mortalitas larva <i>C. pavonana</i> setelah Aplikasi Bioinsektisida <i>B. bassiana</i>	23
2.	Persentase Mortalitas larva <i>C. pavonana</i> setelah Aplikasi Insektisida Abamectin.....	25
3.	Nilai LC ₅₀ <i>B. bassiana</i> dan Insektisida Abamectin terhadap <i>C. pavonana</i>	27
4.	Nilai LT ₅₀ <i>B. bassiana</i> dan Insektisida Abamectin terhadap Larva <i>C. pavonana</i>	29
5.	Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> setelah Aplikasi Insektisida Campuran	30
6.	Nilai LC ₅₀ Insektisida Campuran terhadap <i>C. pavonana</i>	31
7.	Nilai LT ₅₀ Insektisida Campuran terhadap <i>C. pavonana</i>	33
8.	Nilai LC ₅₀ jamur <i>B. bassiana</i> dan insektisida abamectin secara tunggal dan campuran <i>B. bassiana</i> dengan insektisida abamectin terhadap larva <i>C. pavonana</i> serta nisbah sinergistik.	34
9.	Diameter Pertumbuhan Koloni Jamur <i>B. bassiana</i> pada Media SDAY yang telah Ditambah Insektisida Abamectin Sesuai Perlakuan.....	36
10.	Jumlah Konidia Jamur <i>B. bassiana</i> pada 7 HSI	38
11.	Persentase Daya Kecambah Konidia Jamur <i>Beauveria bassiana</i> pada 7 HSI.....	39
12.	Nilai Kompatibilitas Jamur <i>B. bassiana</i> pada 7 HSI.....	40
Nomor	Lampiran	Halaman
1.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 12 Jam Setelah Aplikasi Bioinsektisida <i>B. bassiana</i>	55
2.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 24 Jam Setelah Aplikasi Bioinsektisida <i>B. bassiana</i>	55
3.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 48 Jam Setelah Aplikasi Bioinsektisida <i>B. bassiana</i>	55
4.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 12 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Abamectin.....	55
5.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 24 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Abamectin.....	56
6.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 48 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Abamectin.....	56



7.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 12 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Campuran.....	56
8.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 24 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Campuran.....	56
9.	Analisis Ragam Persentase Mortalitas <i>C. pavonana</i> 48 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Campuran.....	56
10.	Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni <i>B. bassiana</i> 1 Hari Setelah Inokulasi	57
11.	Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni <i>B. bassiana</i> 2 Hari Setelah Inokulasi	57
12.	Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni <i>B. bassiana</i> 3 Hari Setelah Inokulasi	57
13.	Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni <i>B. bassiana</i> 4 Hari Setelah Inokulasi	57
14.	Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni <i>B. bassiana</i> 5 Hari Setelah Inokulasi	57
15.	Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni <i>B. bassiana</i> 6 Hari Setelah Inokulasi	58
16.	Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni <i>B. bassiana</i> 7 Hari Setelah Inokulasi	58
17.	Analisis Ragam Persentase Sporulasi <i>B. bassiana</i> 7 Hari Setelah Inokulasi	58
18.	Analisis Ragam Persentase Persentase Daya Kecambah <i>B. bassiana</i> 7 Hari Setelah Inokulasi	58



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Crocidolomia pavonana (F.) (Lepidoptera: Crambidae) merupakan salah satu hama penting tanaman famili Brassicaceae seperti kubis, kubis bunga, petsai dan lobak, baik di dataran tinggi maupun dataran rendah (Sastrosiswoyo dan Setiawati, 1992). Di Indonesia, hama ini disebut dengan ulat krop atau ulat titik tumbuh. Kerusakan yang ditimbulkan dari serangan ulat krop tersebut yakni dapat menurunkan hasil hingga 100% pada musim kemarau (Trizelia, 2005). Hal ini dikarenakan ulat tersebut tergolong jenis ulat yang dapat menghabiskan semua daun, dan hanya meninggalkan tulang daunnya saja. Dengan adanya kerusakan yang ditimbulkan oleh serangan hama tersebut, maka dapat dikhawatirkan adanya penurunan produksi tanaman sayuran kubis-kubisan. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu teknik pengendalian yang tepat.

Terdapat banyak macam teknik pengendalian ramah lingkungan yang telah dikembangkan dalam pengendalian hama tanaman seperti pemanfaatan jamur entomopatogen. Bahkan jamur tersebut telah dikomersialkan dalam bentuk produk-produk hayati. Salah satu jenis produk jamur entomopatogen yang sering digunakan yakni *Beauveria bassiana*. Meskipun demikian, mayoritas petani menggunakan insektisida kimia yang menurut mereka lebih efektif dalam mengendalikan hama tanaman. Bahkan dalam pengaplikasiannya, petani menggunakan campuran 2–5 jenis insektisida yang berbeda dengan interval penyemprotan yang relatif singkat, yaitu 2–3 kali seminggu (Moekasan dan Basuki, 2007; Setiawati *et al.*, 2014). Jika ditelaah dengan ilmu pengetahuan, penggunaan insektisida yang berlebihan dan diaplikasikan secara terus-menerus akan menimbulkan dampak negatif yang besar, meliputi: (1) timbulnya strain hama yang resisten terhadap insektisida (Sastrosiswojo *et al.*, 1989), (2) terjadinya resurgensi hama sasaran, (3) residu pestisida (Soeriaatmaja *et al.*, 1993; Dibyantoro *et al.*, 1994), (4) terbunuhnya musuh-musuh alami (Sastrosiswojo, 1987) dan (5) pencemaran lingkungan (tanah dan air).

Beberapa hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aplikasi jamur entomopatogen seperti *B. bassiana* secara tunggal di lapangan tidak memberikan

hasil yang memuaskan dibandingkan dengan insektisida kimia (Ferron, 1978; Villani *et al.*, 1992; Anderson dan Roberts, 1983; Loria *et al.*, 1983). Oleh karena itu, dibutuhkan strategi pengendalian yang tepat yakni mengombinasikan *B. bassiana* dengan insektisida kimia pada konsentrasi *sublethal* dengan harapan dapat mengurangi dampak negatif dari penggunaan insektisida kimia serta meningkatkan efikasi dari aplikasi *B. bassiana*. Dari penelitian sebelumnya, membuktikan bahwa dalam pengendalian hama akan memberikan hasil yang lebih baik bila menggunakan integrasi antara jamur entomopatogen dengan insektisida kimia (Quintela dan McCoy, 1998; Serebrove *et al.*, 2005; Purwar dan Sachen, 2006; Saleem *et al.*, 2012; Moorhouse *et al.*, 1992; Pachamuthu *et al.*, 1999).

Salah satu jenis insektisida kimia yang dapat digunakan untuk meningkatkan efikasi dari jamur *B. bassiana* yaitu insektisida berbahan aktif abamectin. Insektisida abamectin berasal dari fermentasi mikrobia. Menurut Lankas dan Gordon (1989), abamectin adalah insektisida golongan avermectin yang berasal dari fermentasi bakteri *Streptomyces avermitilis*. Sedangkan untuk toksisitasnya, insektisida berbahan aktif abamectin memiliki daya racun yang tinggi. Berdasarkan hasil penelitian oleh Hasyim, *et al.* (2016) menunjukkan bahwa insektisida berbahan aktif abamectin dalam mengendalikan *Spodoptera exigua* memiliki toksisitas yang paling tinggi jika dibandingkan dengan ketiga jenis insektisida kimia lainnya seperti klorpirifos, sipermetrin dan metomil.

Berdasarkan penelitian oleh Hasyim, *et al.* (2016), jamur *Metarhizium anisopliae* yang dikombinasikan dengan insektisida abamectin pada konsentrasi *sublethal* dapat bersifat sinergisme dalam menurunkan populasi hama *S. exigua* dan dapat memperlambat terjadinya resistensi. Dalam pernyataan tersebut menunjukkan bahwa pada metode kombinasi, dapat bertujuan untuk meminimalkan penggunaan insektisida kimia dengan harapan dalam pengendaliannya tetap efektif. Menurut Leigwails, *et al.* (2014) menyatakan bahwa pengurangan konsentrasi dalam penggunaan insektisida kimia memiliki dampak positif terutama dapat mengurangi biaya pengendalian dan memperlambat perkembangan resistensi pada generasi berikutnya.

Pada pengujian campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin, tentunya di dalam campuran tersebut dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan

dan perkembangan dari jamur *B. bassiana*. Oleh karena itu, dibutuhkan pengujian kompatibilitas untuk mengetahui pengaruh dari insektisida abamectin terhadap pertumbuhan dan perkembangan *B. bassiana*. Berdasarkan penelitian oleh Neves, *et al.* (2001) dan Akbar, *et al.* (2012) membuktikan bahwa jenis insektisida yang dapat bersifat kompatibel terhadap jamur *B. bassiana* yakni meliputi acetamiprid, imidakloprid, thiamethoxam, spinosad dan indoaxarb. Dari pernyataan-pernyataan tersebut, maka dibutuhkan sebuah penelitian lebih lanjut mengenai efektifitas dan kompatibilitas *B. bassiana* dengan insektisida berbahan aktif abamectin 18,4 g/l pada konsentrasi sublethal terhadap larva *C. pavonana*.

1.2 Tujuan

Berdasarkan latar belakang di atas maka tujuan penelitian ini antara lain, yaitu:

1. Mengetahui aktivitas mematikan dari *B. bassiana* dan insektisida abamectin dalam mengendalikan larva *C. pavonana*.
2. Mengetahui sinergisme campuran *B. bassiana* dengan insektisida berbahan aktif abamectin terhadap larva *C. pavonana* pada konsentrasi *sublethal*.
3. Mengetahui kompatibilitas dari campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin dalam berbagai perlakuan.

1.3 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah:

1. Perbedaan jenis insektisida dan konsentrasi dapat memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap mortalitas dari larva *C. pavonana*.
2. Campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin pada konsentrasi *sublethal* terhadap larva *C. pavonana* dapat bersifat sinergis.
3. Berbagai perlakuan konsentrasi insektisida abamectin terhadap *B. bassiana* dapat memberikan kesesuaian yang tergolong kompatibel.

1.4 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada peneliti mengenai sifat campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin dalam mengendalikan larva *C. pavonana* serta dampak dari campuran tersebut terhadap pertumbuhan dan perkembangan jamur *B. bassiana*. Selain itu, dengan adanya penelitian ini diharapkan masyarakat atau petani dapat lebih tertarik dalam penggunaan produk-produk agens hayati untuk mengendalikan hama tanaman.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Insektisida Mikrobial *Beauveria bassiana*

Mikrobial insektisida merupakan salah satu produk agens hayati yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangga hama. Mikrobial insektisida memiliki berbagai bahan aktif, salah satunya ialah *Beauveria bassiana*. *B. bassiana* merupakan salah satu jamur entomopatogen yang telah banyak digunakan untuk pengendalian serangga hama yang berbasis ramah lingkungan (Trizelia 2005). Klasifikasi jamur *B. bassiana* menurut Humber (2005) yaitu tergolong dalam filum Deuteromycota, kelas Hypomycetes, ordo Hypocreales, famili Clavicipitaceae, genus Beauveria (Balsamo), spesies *B. bassiana* (Balsamo) Vuillemin. Jamur *B. bassiana* dapat mengendalikan populasi hama penting tanaman dalam skala luas (Kary dan Alizadeh, 2011). Jamur ini memiliki kisaran inang serangga hama meliputi lebih dari 100 spesies yang termasuk ke dalam ordo Colleoptera, Diptera, Hemiptera dan Lepidoptera (Soetopo dan Indrayani, 2007).

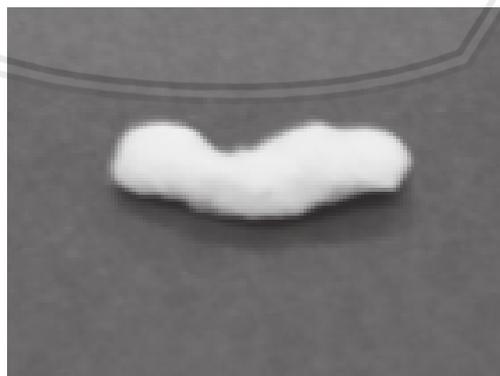
Salah satu karakteristik makroskopis yang dimiliki oleh jamur *B. bassiana* yakni memiliki spora yang berwarna putih. Menurut Barnett (1972) menyatakan bahwa *B. bassiana* merupakan jamur imperfekti yang membentuk koloni berwarna putih seperti kapas dengan pertumbuhan tidak teratur. Sedangkan dalam karakteristik mikroskopis, menurut Humber (2005) yaitu jamur *B. bassiana* memiliki konidia yang berukuran 1,5–3,5 μm . Konidia *B. bassiana* tidak memiliki warna (hialin) dan berbentuk bulat atau lonjong. Secara mikroskopis, konidia dapat dilihat dalam keadaan tunggal atau bergerombol. Koloni dari konidia berwarna merah muda sampai dengan pucat kekuningan. Selain itu, bagian konidiofor memanjang menyerupai rantai, tidak berwarna dan membentuk percabangan pada ujung konidiofor. Satu spesies jamur *B. bassiana* dapat terdiri dari ≥ 3 komponen seperti hifa, miselium, konidiofor dan spora. *B. bassiana* dapat melakukan penetrasi melalui kutikula dan ruas-ruas anggota badan serangga (Ferron, 1981). Mekanisme penetrasinya dimulai dengan pertumbuhan konidia pada epikutikula serangga yang terinfeksi, diikuti pembentukan badan seperti apresoria (Elzinga, 1978). Penetrasi berlangsung selama 12-24 jam dengan bantuan enzim khitinase, lipase, dan protease yang dikeluarkan hifa. Di dalam

epidermis, miselia tumbuh secara radial dari pusat infeksi dan akan mencapai hemokoel dalam 1-2 hari.



Gambar 1. Morfologi *B. bassiana*. (A) pertumbuhan *B. bassiana* pada media PDA inkubasi 5 hari. (B) struktur mikroskopis *B. bassiana* perbesaran 40x10 a: konidia, b: hifa (Elawati, *et al.* 2018)

Serangga yang mati terinfeksi *B. bassiana* disebabkan adanya toksin beauverisin yang merusak jaringan atau organ secara mekanis sehingga mengakibatkan pembekakan yang disertai dengan pengerasan (Deciyanto dan Indrayani, 2009; Prayogo dan Tantawizal, 2015). Selain itu, toksin tersebut yang menyebabkan terjadinya paralisis pada anggota tubuh serangga. Paralisis menyebabkan kehilangan koordinasi sistem gerak, sehingga gerakan serangga tidak teratur dan lama-kelamaan melemah, kemudian berhenti sama sekali, kemudian terjadi kelumpuhan total dan kematian (Steinhaus, 1949).



Gambar 2. Kolonisasi miselium *B. bassiana* pada tubuh larva *Spodoptera litura*. (Prayogo, *et al.*, 2017)

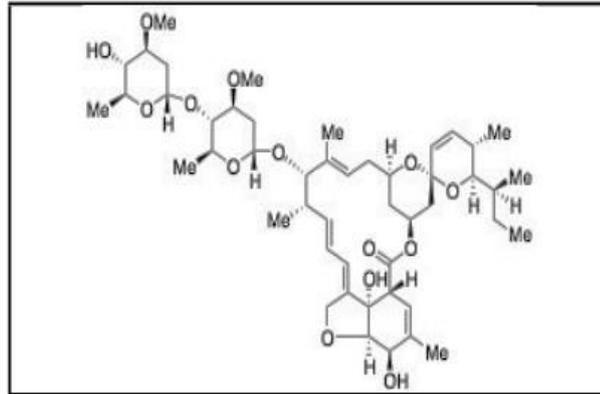
Serangga yang terinfeksi oleh *B. bassiana* akan mengeluarkan miselia berwarna putih dari tubuhnya. Salah satu hasil penelitian mengenai infeksi dari *B.*

bassiana yang dapat mengeluarkan miselia berwarna putih di tubuh hama sasaran yakni contohnya pada larva *Spodoptera litura* (Gambar 2). Jamur *B. bassiana* dapat tumbuh menyelimuti seluruh tubuh larva *S. litura* tersebut. Awalnya, infeksi *B. bassiana* dari bagian alat tambahan seperti antara segmen-segmen antena, antara segmen kepala dengan toraks, dan antara segmen toraks dengan abdomen. Setelah beberapa hari, seluruh permukaan tubuh serangga yang terinfeksi akan ditutupi oleh massa cendawan yang berwarna putih (Prasasya, 2008). Jaringan atau organ yang dirusak cendawan ini antara lain saluran pencernaan, otot, urat saraf, lemak, dan sistem pernafasan (Cheung dan Grula, 1982).

Jamur *B. bassiana* dapat tumbuh dengan baik pada media *Sabouraud Dextrose Agar Yeast* (SDAY). Media SDAY mengandung nutrisi lengkap yang dapat mempercepat pertumbuhan dan perkembangan koloni *B. bassiana* secara *in vitro*. Salah satu bahan dari media SDAY adalah pepton yang dapat berfungsi sebagai sumber energi dan nitrogen. Adanya unsur nitrogen dapat berperan dalam pembentukan molekul protein dan asam nukleat. Hal ini membuat isolat *B. bassiana* yang ditanam pada media SDAY akan lebih banyak mengandung molekul nitrogen sehingga memiliki sumber energi untuk membentuk sel-sel baru. Karbon yang terkandung dalam dextrose pada media SDAY juga menjadi unsur penting yang menyusun komponen dinding sel jamur (Ramdhania *et al.*, 2015).

2.2 Insektisida Berbahan Aktif Abamectin

Abamectin adalah jenis bahan aktif insektisida campuran yang berasal dari avermectin yang mengandung > 80% avermectin B1a dan < 20% avermectin B1b (Meister, 1992). Avermectin merupakan senyawa insektisida atau anthelmintik yang berasal dari bakteri tanah *Streptomyces avermitilis* (Lankas dan Gordon, 1989). Abamectin adalah produk fermentasi alami dari bakteri *S. avermitilis*. Insektisida berbahan aktif abamectin merupakan insektisida berspektrum luas dan memiliki sifat toksisitas tinggi yang bekerja sebagai racun kontak dan racun perut serta bekerja sebagai racun syaraf dengan menstimulasi GABA (*gamma aminobutyric acid*) (Pfeifer, 1993). Tingkat penggunaan insektisida bahan aktif abamectin di Indonesia cukup tinggi khususnya pada komoditas hortikultura dan komoditas pangan, karena termasuk insektisida paten dan tingkat toksisitas bahan aktif cukup tinggi sehingga efektif dalam mengendalikan hama.



Gambar 3. Rumus Bangun Insektisida Abamectin (TRC, 2016)

Berdasarkan penelitian Wang *et al.* (2008) menunjukkan bahwa aplikasi abamectin menyebabkan mortalitas *Anagrus nilaparvatae* 98,9% pada 8 jam setelah pemaparan. Menurutnya, abamectin mempunyai toksisitas kontak dan residu yang rendah, namun mempunyai toksisitas oral tinggi terhadap *A. nilaparvatae*. Selain itu, dari hasil penelitian Weintraub (1999) menunjukkan bahwa aplikasi abamectin secara signifikan dapat mengurangi larva *Liriomyza*. Kemampuan insektisida abamectin dalam menekan perkembangan larva *Liriomyza* spp, mungkin disebabkan oleh cara kerja dari insektisida abamectin 18 EC bekerja secara kontak, lambung dan sistemik (Reddy et al, 2014). Penggunaan insektisida abamectin menyebabkan tidak berfungsinya beberapa sel-sel pada bagian pencernaan serangga khususnya pada midgut (Aljedani, 2017), dan juga bekerja dengan cara menghambat transmisi syaraf (Kola *et al.*, 2015) sehingga menyebabkan terjadinya paralisis.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hasyim *et al.*, (2016) diperoleh hasil bahwa insektisida berbahan aktif abamectin dalam mengendalikan hama *Spodoptera exigua* memiliki nilai LC_{50} yang paling rendah dari ketiga jenis insektisida lainnya yang diuji seperti klorpirifos, sipermetrin dan metomil. LC_{50} ialah konsentrasi atau dosis yang dapat menyebabkan kematian 50% dari serangga hama yang diuji pada suatu waktu pengamatan tertentu (Negara, 2003). Semakin kecil nilai LC_{50} pada aplikasi dari insektisida maka semakin tinggi daya racun yang dimiliki insektisida tersebut.

2.3 Kombinasi *B. bassiana* dengan Insektisida Kimia

Pengkombinasian antara agensia hayati dan pestisida kimia kini mulai banyak dikembangkan. Salah satu agensia hayati yang sudah banyak diteliti terkait kombinasinya terhadap pestisida kimia yakni jamur entomopatogen. Dari beberapa penelitian saat ini mengatakan bahwa jamur entomopatogen banyak digunakan untuk mengurangi dampak negatif penggunaan insektisida kimia (Hasyim dan Azwana, 2003). Jadi, untuk meningkatkan bioefikasi dan keefektifan jamur entomopatogen perlu dilakukan pencampuran dengan pestisida kimia dengan harapan terjadi efek sinergis. Salah satu jamur entomopatogen yang banyak diaplikasikan yaitu *Beauveria bassiana*.

Menurut Feng *et al.* (2004) mengatakan bahwa kombinasi antara jamur entomopatogen *B. bassiana* dengan insektisida kimia berbahan aktif imidakloprid bersifat sinergisme karena mampu meningkatkan efikasi pengendalian terhadap *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) dibandingkan dengan aplikasi secara tunggal. Hal tersebut membuktikan bahwa jamur *B. bassiana*, lebih efektif jika dilakukan secara integrasi dengan jenis insektisida kimia selektif, seperti insektisida berbahan aktif imidakloprid tersebut.

Contoh lain yaitu berdasarkan penelitian Endiansyah (2017) diperoleh hasil bahwa kombinasi insektisida MIPC dengan jamur *B. bassiana* pada dosis 0,5-2,0 kg/ha bersifat kompatibel dan tidak menimbulkan resistensi pada *Nilaparvata lugens* hingga tiga generasi. Hal ini dapat diketahui bahwa penggunaan campuran antara jamur *B. bassiana* dengan insektisida kimia dapat menunda terjadinya resistensi daripada penggunaan tunggal insektisida kimia secara terus menerus. Jenis insektisida kimia lain yang dapat bersifat kompatibel dengan *B. bassiana* yaitu insektisida yang memiliki bahan aktif imidacloprid pada konsentrasi 0,5-1 kali rekomendasi lapang (Abidin, *et al.*, 2017). Selain itu, insektisida lain yang dilaporkan dapat bersifat kompatibel terhadap jamur *B. bassiana* meliputi acetamiprid, thiamethoxam, spinosad dan indoaxarb (Neves *et al.*, 2001; akbar *et al.*, 2012). Hal ini dapat disebabkan karena jenis-jenis insektisida tersebut tidak memiliki dampak negatif terhadap pertumbuhan koloni, daya kecambah dan produksi konidia dari jamur tersebut.

Sifat aktivitas campuran dua atau lebih antara agensia hayati dengan insektisida kimia tersebut yaitu beragam, seperti dapat bersifat sinergis, netral atau antagonis. Ada beberapa bahan aktif insektisida yang dapat bersifat toksik pada jamur *B. bassiana*, jadi hal tersebut dapat menyebabkan kinerjanya akan bersifat antagonis. Menurut Amutha *et al.* (2010) menunjukkan bahwa insektisida yang paling toksik terhadap *B. bassiana* adalah profenofos, indoksakarb, dan metildemeton. Selain itu menurut Abidin, *et al.* (2017) menyatakan bahwa insektisida yang dapat bersifat toksik terhadap pertumbuhan *B. bassiana* yakni clorphyriphos, deltamethrin, thiodicarb, cypermethrin dengan pemberian konsentrasi sebesar 0,5 - 2 kali rekomendasi lapang. Dari pernyataan tersebut dapat diketahui bahwa hanya insektisida selektif yang dapat bersifat sinergis serta kompatibel apabila dicampurkan dengan agensia hayati seperti *B. bassiana*.

2.4 *Crocidolomia pavonana* F. sebagai Hama Tanaman Brassicaceae

Crocidolomia pavonana Fabricius atau lebih dikenal dengan ulat krop ialah salah satu hama yang sering menyerang tanaman *Brassica* spp. seperti sawi, kubis bunga, dan lobak. Surahmat dan Prijono (2002) menjelaskan serangan hama ulat krop pada musim kemarau dapat menyebabkan kerugian hingga 100%. Menurut Uhan (1993), *C. pavonana* menyerang bagian krop tanaman dan titik tumbuh tanaman yang menyebabkan tanaman tidak mampu membentuk krop yang menjadi bagian yang dipanen. Hama ini menyerang tanaman pada fase vegetatif dan generatif serta serangannya dapat terjadi sepanjang tahun (Kalshoven,1981).

Siklus hidup *C. pavonana* dimulai dari telur, larva, pupa, dan imago. Menurut Prijono dan Hassan (1992) menyatakan bahwa serangga betina *C. pavonana* meletakkan telur secara berkelompok pada permukaan bawah daun dengan jumlah 30-40 butir berkelompok, dan telur akan menetas setelah 4-5 hari pada suhu 25-28°C. Lama stadium telur rata-rata 4 hari (3-6 hari) pada suhu 26,0-33,2°C dengan persentase penetasan 92,4% (69,2%-100%).

Perkembangan larva *C. pavonana* melewati empat instar perkembangan. Sari (2007) menjelaskan larva yang berkembang dari instar dapat ditandai dengan pergantian kulit. Larva instar 1 berwarna krem dan kepala berwarna coklat tua. Larva instar 2 berwarna hijau, larva instar 3 berwarna hijau tua, dan larva instar 4 berwarna hijau dengan tiga garis putih longitudinal pada bagian dorsal dan satu

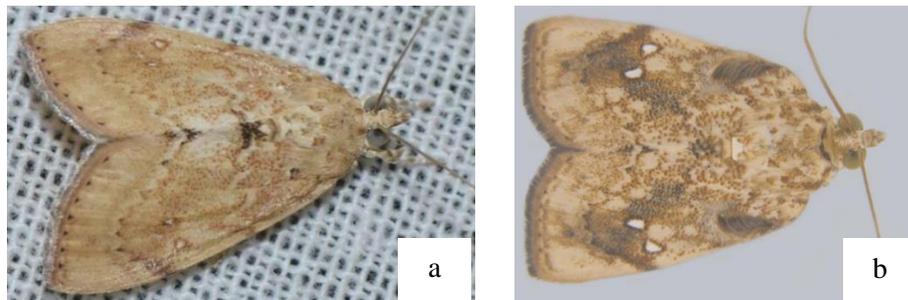
garis putih memanjang pada bagian lateral. Lamanya perubahan stadium dari masing-masing instar yaitu rata-rata 2 hari.



Gambar 4. Larva *Crocidolomia pavonana* F. (Nbair,2013)

Untuk peralihan menjadi pupa, larva instar IV pada bagian dorsal akan berubah warna dari hijau menjadi kecoklatan yang mencirikan larva tersebut sudah tidak mau makan lagi. Sari (2007) menjelaskan pupa *C. pavonana* yang baru terbentuk akan berwarna hijau kemudian berubah menjadi coklat. Lama menjadi pupa berbeda-beda pada setiap jenis inangnya. Rata-rata lama masa pupa sekitar 11-12 hari.

Pada fase imago, *C. pavonana* terjadi perbedaan bentuk antara imago betina dengan imago jantan. Prijono dan Hassan (1992) menjelaskan bahwa imago berwarna coklat keabu-abuan, terdapat dua bitnik pada sayap depan. Imago betina biasanya memiliki abdomen yang lebih besar daripada imago jantan. Sedangkan imago jantan dapat dibedakan dengan adanya rambut-rambut coklat tua pada tepi anterior sayap depan. Siklus hidup imago betina berkisar 23-28 hari (rata-rata 24,8 hari) dan imago jantan 24-29 hari (rata-rata 25,1 hari) (Prijono dan Hassan,1992). Selama 2-4 minggu masa hidupnya, imago betina mampu menghasilkan telur sekitar 75-300 butir dalam 2-10 kelompok telur (Kalshoven, 1981).



Gambar 5. Imago *Crocidolomia pavonana* F. (a) Betina, (b) Jantan, (Nbair,2013)

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Toksikologi Pestisida, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dilaksanakan selama enam bulan yakni dari Bulan Januari hingga Juni 2019.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan untuk penelitian ini yakni sangkar dari kertas karton dan plastik, kotak plastik, toples, kuas, pipet tetes, pinset, spatula, gelas ukur, erlenmeyer, tabung reaksi, gunting, timbangan analitik, panci, kompor, ember, sendok, *haemocytometer*, *Laminar Air Flow Cabinet* (L AFC), autoklaf, cawan petri (d= 9 cm), stik L, mikroskop binokuler, jarum ose, fial film, kaca preparat, kaca penutup, baki, bunsen, penggaris dan kamera.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah bioinsektisida jamur *Beauveria bassiana* dengan kerapatan 10^8 cfu/ml, larva *Crocidolomia pavonana* instar ke 3, potongan daun sawi, insektisida abamectin 18,4 gr/l, aquades, perata agristik, media *Sabouraud Dextrose Agar Yeast* (SDAY), alkohol 70%, plastik wrap, NaOCl 5%, kertas *aluminium foil*, plastik tahan panas, kapas, tissue dan kertas label.

3.3 Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian ini dilaksanakan dengan beberapa tahapan, diantaranya yaitu :

3.3.1 Identifikasi Serangga Uji

Proses identifikasi *Crocidolomia pavonana* (Fabricius) yakni berdasarkan klasifikasi menurut Kalshoven (1981), Prijono dan Hassan (1992); N Bair (2013); Pratami, *et al.* (2016).

3.3.2 Budidaya Pakcoy (*Brassica rapa*)

Tujuan dari budidaya tanaman pakcoy yakni untuk memperoleh pakan dari serangga uji yang bebas pestisida. Tanaman pakcoy ini dibudidayakan di dalam polybag ukuran 30 x 30 cm.

3.3.3 Perbanyak Serangga Uji *Crociodolomia pavonana*

Koleksi larva *C. pavonana* diperoleh dari areal pertanaman brokoli milik petani di Desa Pandanrejo Kecamatan Bumiaji, Batu. Setelah mengambil larva *C. pavonana*, kemudian diperbanyak di laboratorium. Larva tersebut dipelihara serta diperbanyak sesuai dengan prosedur yang digunakan oleh Priyono dan Hasan (1992). Langkah-langkahnya antara lain yaitu, larva dikembangbiakkan menjadi imago terlebih dahulu. Imago *C. pavonana* dipelihara dalam sangkar plastik-kasa berbingkai kertas karton (50 x 50 x 50) cm dan diberi pakan larutan madu dengan konsentrasi 10% yang diserapkan pada segumpal kapas yang digantungkan di dalam sangkar. Siapkan daun sawi yang sudah dicelupkan ke dalam air dan ditiriskan ke dalam wadah. Setelah itu, daun dimasukkan ke dalam sangkar sebagai tempat peletakan telur. Kelompok telur pada daun sawi dikumpulkan setiap hari dan dipindahkan ke dalam wadah lain, yang bertujuan dapat memperoleh larva dengan umur yang sama. Setelah telur menetas, larva dipindahkan ke dalam kotak plastik (35 x 26 x 6) cm yang ditutupi dengan kain kasa dan dialasi dengan tissue serta diletakkan daun sawi bebas pestisida sebagai pakannya. Larva tersebut, dipelihara hingga instar III dan akan digunakan pengujian. Apabila larva pada instar III tersebut masih sisa atau tidak digunakan pengujian maka dapat dipelihara dan diperbanyak lagi dengan cara seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya.

3.3.4 Bioinsektisida *Beauveria bassiana*

Bioinsektisida *Beauveria bassiana* diperoleh dari Laboratorium PUA Kasembon, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Kerapatan dari jamur *B. bassiana* yakni 10^8 cfu/ml dengan konsentrasi rekomendasi 5000 ppm.

3.3.5 Insektisida Kimia Abamectin

Insektisida yang digunakan yakni berbahan aktif abamectin dengan kandungan bahan aktif sebesar 18,4 g/l yang memiliki konsentrasi rekomendasi sebesar 500 ppm.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pengujian Daya Racun

Pengujian daya racun ini bertujuan untuk mengetahui nilai LC_{50} (*Median Lethal Concentration*) dan LT_{50} (*Median Lethal Time*) serta untuk menentukan efikasi campuran antara kedua jenis insektisida tersebut. Berikut penjelasan mengenai pengujian daya racun pada masing-masing jenis insektisida:

a. Bioinsektisida *Beauveria bassiana*

Pengujian daya racun Bioinsektisida *B. bassiana* dilakukan secara tunggal pada larva *Crociodolomia pavonana*, dengan tujuan untuk mengetahui nilai LC_{50} dan LT_{50} . Pengujian tersebut dilakukan dengan menggunakan level konsentrasi. Konsentrasi rekomendasi yang dimiliki bioinsektisida *B. bassiana* sebesar 5000 ppm. Penggunaan level konsentrasi dalam pengujian ini berdasarkan pada metode yang digunakan oleh Alizadeh *et al.* (2007) yakni meliputi konsentrasi rekomendasi, $\frac{1}{4}$ konsentrasi rekomendasi, $\frac{1}{2}$ konsentrasi rekomendasi, $\frac{3}{4}$ konsentrasi rekomendasi, 2 kali konsentrasi rekomendasi dan kontrol. Konsentrasi tersebut meliputi kontrol, 1250, 2500, 3750, 5000 dan 10000 ppm. Dalam perlakuan kontrol dilakukan dengan mengaplikasikan aquades saja pada objek sasaran. Selain itu, untuk setiap perlakuan tersebut dilakukan sebanyak 4 kali ulangan dengan pengaplikasian larva *C. pavonana* setiap perlakuan sebanyak 20 ekor. Sedangkan untuk rancangan penelitian, digunakan RAK (Rancangan Acak Kelompok), dikarenakan adanya keterbatasan serangga uji.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode celup daun oleh Abizar dan Prijono (2010). Cara-caranya antara lain yaitu, daun sawi segar yang bebas pestisida dipotong berukuran (4 x 4) cm dan dicelup satu persatu dalam masing-masing konsentrasi yang sudah ditentukan, hingga daun menjadi basah merata kemudian dikeringudarkan. Sedangkan untuk daun pada perlakuan kontrol dicelupkan dalam larutan aquades. Setiap potongan daun perlakuan dan daun kontrol diletakkan secara terpisah di dalam wadah kotak makan yang dialasi tissue. Selanjutnya di dalam wadah tersebut dimasukkan larva instar III *C. pavonana* sebanyak 20 ekor yang sudah

dipuaskan terlebih dahulu, selama 12 jam. Larva dibiarkan makan kemudian diamati mortalitasnya pada waktu yang telah ditentukan.

b. Insektisida Berbahan Aktif Abamectin

Pengujian daya racun pada insektisida abamectin, menggunakan konsentrasi rekomendasi juga, untuk dijadikan patokan dalam menentukan perlakuan. Untuk konsentrasi rekomendasi pada insektisida abamectin tersebut yakni sebesar 500 ppm. Penentuan konsentrasi dalam perlakuan ini, sama dengan pengujian pada bioinsektisida *B. bassiana* yakni meliputi konsentrasi rekomendasi, $\frac{1}{4}$ konsentrasi rekomendasi, $\frac{1}{2}$ konsentrasi rekomendasi, $\frac{3}{4}$ konsentrasi rekomendasi, 2 kali konsentrasi rekomendasi dan kontrol. Konsentrasi tersebut meliputi kontrol, 125, 250, 375, 500 dan 1000 ppm. Pengujian ini, juga dilakukan sebanyak 4 kali ulangan dengan rancangan penelitian yakni menggunakan RAK (Rancangan Acak Kelompok). Selain itu, pengujian dilakukan dengan menggunakan metode celup oleh Abizar dan Prijono (2010) yang cara-caranya sama dengan aplikasi bioinsektisida *B. bassiana*.

3.4.2 Uji Campuran *Beauveria bassiana* dengan Insektisida Berbahan Aktif Abamectin

Uji campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin dibuat kombinasi dengan konsentrasi formulasi masing-masing insektisida dalam kondisi *sublethal* yang dapat diketahui dari hasil pengujian sebelumnya. Konsentrasi *sublethal* merupakan konsentrasi yang berada dibawah nilai LC_{50} . Konsentrasi *sublethal* yang akan diaplikasikan pada masing-masing insektisida yakni terdapat pada nilai LC_{25} (Hasyim *et al.*, 2016) . Kemudian, pada masing-masing insektisida dalam konsentrasi *sublethal* tersebut dicampur. Setelah itu, campuran tersebut dibuat konsentrasi kembali untuk menentukan nilai LC_{50} campuran. Konsentrasi tersebut meliputi 250, 500, 1000, 2000, 4000 ppm serta kontrol. Pada pengujian campuran tersebut diulang sebanyak 4 kali dalam setiap perlakuan.

Formulasi campuran insektisida yang akan diuji terhadap larva *C. pavonana* sesuai dengan metode pencelupan Hamilton dan Attia (1977) dengan langkah kerja antara lain yaitu: a) Dibuat kombinasi campuran *B. bassiana* dan insektisida abamectin dengan konsentrasi formulasi masing-masing insektisida dalam kondisi

sublethal dari hasil pengujian secara tunggal. b) Formulasi campuran insektisida yang akan diuji dilarutkan dalam aquades, kemudian ditambah dengan perata agristik (konsentrasi 0,5 ml/l). Larutan agristik berfungsi sebagai perata atau perekat insektisida. Kemudian, untuk kontrol hanya menggunakan aquades dan larutan agristik. c) Setelah itu, ambil daun sawi bebas insektisida sebagai pakan. Daun tersebut dicelupkan ke dalam larutan campuran insektisida secara merata selama 10 detik kemudian ditiriskan dan selanjutnya dibiarkan kering di udara. d) Potongan daun sawi yang telah dikeringanginkan tersebut dimasukkan ke dalam cawan plastik yang telah diberi alas tissue. e) Pada cawan plastik tersebut dimasukkan 20 ekor larva *C. pavonana* instar III yang sebelumnya dipuasakan terlebih dahulu selama 12 jam. Selanjutnya dilakukan pengamatan mortalitas.

3.4.3 Pengujian Kompatibilitas Campuran *Beauveria bassiana* dengan Insektisida Abamectin

a. Pembuatan Media *Sabouraud Dextrose Agar Yeast* (SDAY)

Uji kompatibilitas berfungsi untuk mengetahui pengaruh insektisida berbahan aktif abamectin terhadap pertumbuhan spora dari jamur *B. bassiana*. Langkah pertama yakni membuat media *Sabouraud Dextrose Agar Yeast* (SDAY). Bahan yang dibutuhkan untuk membuat media SDAY antara lain, meliputi 20 gram agar, 40 gram dextrose, 2,5 gram pepton, 2,5 gram *yeast extract*. Bahan-bahan tersebut dicampur dan dilarutkan dalam 1000 ml aquades dan dipanaskan sampai dengan suhu 80°C. Media SDAY yang sudah jadi kemudian dituangkan pada botol media dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atmosfer (Astoni *et.al.*,2015). Selanjutnya, media SDAY dapat digunakan untuk perbanyak jamur *B. bassiana* serta uji kompatibilitas antara insektisida abamectin terhadap pertumbuhan *B. bassiana*.

b. Perbanyak Isolat jamur *B. bassiana*

Isolat jamur ini diperoleh dari larva *C. pavonana* yang sudah terinfeksi akibat aplikasi bioinsektisida *B. bassiana*. Isolat jamur tersebut akan diperbanyak sendiri pada media SDAY. Sebelum digunakan, media SDAY tersebut harus dicairkan dan ditambahkan kloramfenikol sebanyak 0,5 gram, kemudian diaduk hingga homogen. Setelah itu, media SDAY dituangkan

sebanyak ± 20 ml dalam cawan petri. Dalam proses perbanyakan, dilakukan dengan mengisolasi larva yang sudah terinfeksi dengan jamur *B. bassiana*. Sebelum dilakukan isolasi, larva tersebut disterilkan dengan natrium hipoklorit 1% selama 3 menit, kemudian dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali lalu dikeringkan di atas tissue steril. Setelah itu larva diisolasi pada media SDAY, lalu diinkubasi selama 3 hari. Kemudian dilakukan purifikasi untuk memperoleh biakan murni. Proses tersebut dilakukan di dalam *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC). Kultur murni jamur *B. bassiana* diinkubasi pada suhu $25\pm 1^\circ\text{C}$ dengan kelembaban $80\pm 1\%$ sampai didapatkan koloni yang memenuhi media (Yunisman, 2008; Astoni *et al.*, 2015).

c. Uji Kompatibilitas Campuran *B. bassiana* dengan Insektisida Abamectin

Uji kompatibilitas *B. bassiana* dengan insektisida abamectin menggunakan berbagai perlakuan konsentrasi sesuai dengan metode Alizadeh *et al.* (2007) yakni 0,25; 0,5; 0,75; 1 dan 2 kali konsentrasi anjuran. Sedangkan konsentrasi anjuran dari insektisida abamectin sebesar 500 ppm. Sehingga perlakuan konsentrasi insektisida abamectin yang digunakan untuk uji kompatibilitas adalah 125, 250, 375, 500, 1000 ppm serta kontrol. Percobaan tersebut dilakukan dengan menggunakan metode peracunan media. Pengujian tersebut, dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan.

Pengujian dilakukan dengan menyiapkan media SDAY yang sebelumnya disimpan di dalam kulkas yang sudah membeku. Kemudian media tersebut dicairkan dengan cara dipanaskan dan dilakukan pengukuran volume pada masing-masing perlakuan dalam erlenmeyer. Setelah itu ditambahkan insektisida sesuai dengan konsentrasi yang sudah ditentukan dalam perlakuan pada masing-masing erlenmeyer. Larutan SDAY sudah dapat digunakan dengan menuangkan larutan tersebut ke dalam cawan petri sebanyak ± 20 ml. Apabila media sudah memadat, maka dapat dilakukan perlakuan untuk percobaan ke-2 yakni menginokulasikan isolat dari jamur *B. bassiana* di bagian tengah cawan.

3.5 Pengamatan

Parameter yang diamati dalam percobaan ini terdiri atas:

3.5.1 Mortalitas larva *Crocidolomia pavonana*

Jumlah larva *C. pavonana* yang mati pada masing-masing perlakuan (tunggal dan campuran) dihitung pada interval waktu yakni 12, 24, dan 48 jam setelah perlakuan. Persentase mortalitas dihitung dengan rumus:

$$M (\%) = \frac{r}{n} \times 100 \%$$

M adalah Persentase banyaknya larva yang mati, r adalah Larva yang mati setelah perlakuan, n adalah Jumlah larva yang diuji.

Apabila pada perlakuan kontrol, terdapat larva *C. pavonana* yang mati maka harus dilakukan perhitungan mortalitas terkoreksi dengan syarat kematian larva *C. pavonana* pada perlakuan kontrol < 20%. Jika, kematian serangga $\geq 20\%$, maka penelitian harus diulang untuk mendapatkan akurasi perhitungan LC₅₀ dan LT₅₀. Berikut merupakan perhitungan mortalitas terkoreksi menurut rumus Abbott (1987):

$$MT = \frac{X-Y}{X} \times 100 \%$$

MT adalah persentase mortalitas terkoreksi dalam (%), X adalah jumlah larva *C. pavonana* yang hidup pada kontrol dan Y adalah jumlah larva *C. pavonana* yang hidup pada perlakuan.

3.5.2 Penentuan Nilai LC₅₀ dan LT₅₀

Berdasarkan data mortalitas larva *C. pavonana* maka dapat dilakukan analisis probit menggunakan program software Probit Analysis Hsin Chi, sehingga dapat diperoleh nilai LC₅₀ dan LT₅₀ yang dapat diketahui konsentrasi dan waktu yang dapat mematikan 50% serangga uji.

3.5.3 Nisbah Sinergistik (NS)

Setelah diperoleh data LC₅₀ dari aplikasi insektisida tunggal dan campurannya, maka dapat dilakukan perhitungan Nisbah sinergistik (NS) untuk menentukan adanya hubungan sinergisme dari campuran kedua insektisida

tersebut. Berikut perhitungan Nisbah Sinergistik (NS) dihitung dengan menggunakan rumus (Hamilton dan Attia, 1977):

$$NS = \frac{LC_{50} \text{ insektisida tunggal}}{LC_{50} \text{ insektisida campuran}}$$

Keterangan: NS>1 artinya campuran mempunyai efek sinergistik; NS=1 artinya netral (tidak mempunyai efek sinergistik); NS<1 artinya campuran mempunyai efek antagonistik.

3.5.4 Uji Kompatibilitas

a. Pertumbuhan Koloni Jamur *B. bassiana*

Pertumbuhan Koloni. Pengamatan pertumbuhan koloni jamur dilakukan dengan mengukur diameter vertikal dan horizontal menggunakan penggaris. Untuk mempermudah pengukuran diameter koloni, maka harus dibuat garis vertikal dan horizontal pada bagian bawah cawan petri. Pengukuran dilakukan setiap 24 jam selama 7 hari (Purnama *et al.*, 2003). Terdapat rumus dalam pengukuran diameter koloni jamur berdasarkan metode Suseno *et al.* (2016), sebagai berikut:

$$D = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

Keterangan: D adalah diameter jamur *B. bassiana*; d_1 adalah diameter vertikal koloni jamur *B. bassiana*; d_2 adalah diameter horizontal koloni jamur *B. bassiana*.

Penghambatan pertumbuhan koloni. Data yang sudah diperoleh dari perhitungan diameter koloni, kemudian digunakan untuk menghitung persentase penghambatan pertumbuhan koloni *B. bassiana* dengan menggunakan rumus Amutha *et al.* (2010), sebagai berikut:

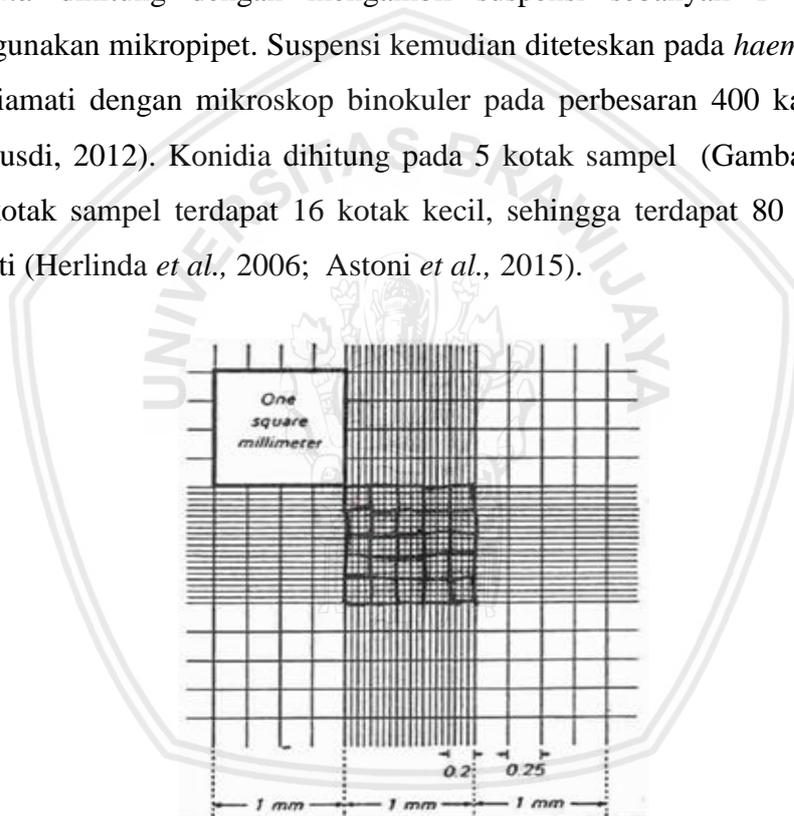
$$X = \frac{Y - Z}{Y} \times 100 \%$$

Keterangan: X adalah persentase penghambatan pertumbuhan; Y adalah diameter koloni jamur *B. bassiana* kontrol; Z adalah diameter koloni jamur *B. bassiana* dengan perlakuan.

b. Produksi Konidia Jamur *B. bassiana*

Produksi konidia. Diperlukan suspensi jamur *B. bassiana* untuk menghitung produksi konidia. Suspensi didapatkan dari pemanenan konidia jamur *B. bassiana* pada cawan petri setelah diinkubasi selama 7 hari. Konidia jamur dipanen dengan cara menambahkan 5 ml aquades steril dan 2 tetes minyak tween 80 yang diratakan pada seluruh permukaan cawan petri menggunakan stik L. Suspensi dari hasil panen dituangkan pada *fial film*.

Kerapatan konidia yang dihasilkan dari produksi konidia jamur *B. bassiana* dihitung dengan mengambil suspensi sebanyak 1 ml dengan menggunakan mikropipet. Suspensi kemudian diteteskan pada *haemocytometer* dan diamati dengan mikroskop binokuler pada perbesaran 400 kali (Trizelia dan Rusdi, 2012). Konidia dihitung pada 5 kotak sampel (Gambar 5) Setiap satu kotak sampel terdapat 16 kotak kecil, sehingga terdapat 80 kotak yang diamati (Herlinda *et al.*, 2006; Astoni *et al.*, 2015).



Gambar 6. Bidang Pandang *Haemocytometer* (Hansen, 2000)

Hasil dari pengamatan sporulasi kemudian dihitung berdasarkan metode perhitungan dari Herlinda *et al.* (2006), sebagai berikut:

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

Keterangan: C adalah kerapatan konidia per ml larutan; t adalah jumlah total konidia dalam kotak sampel yang diamati; n adalah jumlah kotak sampel

(5 kotak besar x 16 kotak kecil); 0,25 adalah faktor koreksi kotak sampel skala kecil pada *haemocytometer*.

Penurunan sporulasi. Persentase penurunan kemampuan jamur *B. bassiana* untuk membentuk konidia (sporulasi) dihitung dengan rumus menurut Trizelia dan Rusdi (2012):

$$S_r = \frac{S_1 - S_2}{S_1} \times 100 \%$$

Keterangan: S_r adalah persentase penurunan sporulasi; S_1 adalah jumlah konidia yang dihasilkan jamur *B. bassiana* kontrol; S_2 adalah jumlah konidia yang dihasilkan jamur *B. bassiana* dengan perlakuan.

c. Daya Kecambah Konidia Jamur *B. bassiana*

Daya kecambah konidia. Uji daya kecambah dilakukan dengan terlebih dahulu menambahkan 1 tetes media SDAY steril yang masih cair pada kaca preparat. Kemudian media SDAY pada kaca preparat diratakan hingga membentuk lapisan tipis dan dibiarkan memadat. Sebanyak 1 ml suspensi konidia hasil pemanenan diambil menggunakan mikropipet kemudian ditetaskan pada kaca preparat yang sudah terdapat lapisan media SDAY padat. Setelah itu, kaca preparat ditutup dengan kaca penutup. Kaca preparat kemudian dimasukkan ke dalam baki plastik steril yang telah diisi dengan tisu basah dan diinkubasi pada suhu $25 \pm 1^\circ\text{C}$ selama 24 jam. Jumlah konidia yang berkecambah dan tidak berkecambah dihitung menggunakan mikroskop binokuler pada perbesaran 400 kali. Konidia yang berkecambah ditandai dengan perubahan bentuk konidia dari bulat menjadi lonjong (Purnama *et al.*, 2003). Daya kecambah konidia jamur *B. bassiana* dihitung berdasarkan rumus menurut Purnama *et al.* (2003) sebagai berikut:

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

Keterangan: V adalah persentase konidia yang berkecambah; g adalah jumlah konidia yang berkecambah; u adalah jumlah konidia yang tidak berkecambah.

Penurunan daya kecambah konidia. Persentase penurunan daya kecambah konidia dihitung dengan metode perhitungan dari Trizelia dan Rusdi (2012) yakni sebagai berikut:

$$Mr = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \%$$

Keterangan: Mr adalah persentase penurunan daya kecambah, M1 adalah daya kecambah konidia jamur *B. bassiana* kontrol, M2 adalah daya kecambah konidia jamur *B. bassiana* dengan perlakuan.

d. Kompatibilitas Campuran *B. bassiana* dengan Insektisida Abamectin

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan kemudian dihitung dengan rumus oleh Alves *et al.* (1998) dalam Depieri *et al.* (2005) untuk menentukan nilai kompatibilitas, sebagai berikut:

$$T = \frac{\{20(PK) + 80(SP)\}}{100}$$

Keterangan: T adalah nilai kompatibilitas, PK adalah nilai relatif pertumbuhan koloni perlakuan dibandingkan dengan kontrol (%), SP adalah nilai relatif pertumbuhan sporulasi konidia perlakuan dibandingkan dengan kontrol (%).

Nilai kompatibilitas dibagi ke dalam kategori tingkat kesesuaian sebagai berikut: sangat toksik (0-30); toksik (31-45); kurang toksik (46-60); dan tidak toksik atau kompatibel (>60).

3.6 Analisis Data

Data persentase mortalitas dianalisa menggunakan *Analisis of Variance* (ANOVA) dan apabila hasil data yang diperoleh berbeda nyata, maka dianalisis dengan uji lanjutan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kesalahan 5%. Sedangkan nilai konsentrasi (LC₅₀) dan waktu (LT₅₀) untuk mematikan 50% serangga uji, dihitung menggunakan analisis probit dengan software Probit Analysis Hsin Chi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian mengenai efektifitas dan kompatibilitas campuran *Beauveria bassiana* dengan insektisida abamectin terhadap larva *Crocidolomia pavonana*, diperoleh hasil bahwa campuran kedua insektisida tersebut dalam kondisi *sublethal* memiliki sifat sinergis dan kompatibel. Adapun hasil pengujian dari beberapa parameter yang diuji adalah sebagai berikut :

4.1 Aktivitas *B. bassiana* dan Insektisida Abamectin terhadap Mortalitas Larva *C. pavonana*

Tingkat keefektifan suatu produk jamur entomopatogen maupun insektisida kimia ditentukan dari jumlah populasi larva *C. pavonana* yang mati setelah aplikasi pada waktu yang telah ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa mortalitas larva *C. pavonana* mengalami peningkatan secara signifikan dari awal hingga akhir pengamatan yakni dari pengamatan 12 - 48 jam setelah aplikasi (Tabel 1-2). Semakin tinggi konsentrasi insektisida yang diberikan menunjukkan persentase mortalitas dari serangga uji juga semakin besar. Menurut Riswanto (2009), pengaruh konsentrasi suatu insektisida dapat mempengaruhi tingkat kematian serangga.

Tabel 1. Persentase Mortalitas larva *C. pavonana* setelah Aplikasi Bioinsektisida *B. bassiana*

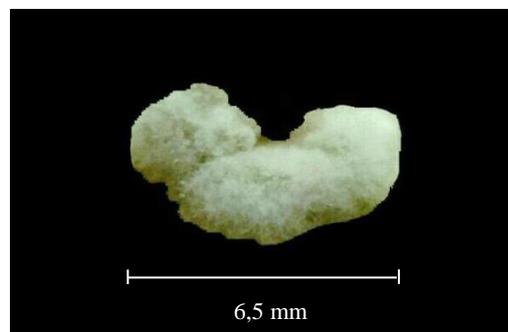
Perlakuan (ppm)	Mortalitas <i>C. pavonana</i> (%)		
	12 JSA ± SB	24 JSA ± SB	48 JSA ± SB
1250	0,00 ± 0,00 a	6,25 ± 0,50 a	20,00 ± 0,50 a
2500	1,25 ± 0,50 a	12,50 ± 0,50 b	31,30 ± 1,00 ab
3750	2,50 ± 0,58 ab	15,00 ± 1,00 bc	35,00 ± 1,40 b
5000	5,00 ± 0,00 bc	21,30 ± 0,50 c	48,80 ± 0,60 c
10000	6,25 ± 0,50 c	28,80 ± 0,58 d	63,80 ± 0,80 d

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%. JSA : Jam Setelah Aplikasi; SB : Simpangan Baku.

Berdasarkan Tabel 1 bahwa perbedaan pemberian konsentrasi bioinsektisida *B. bassiana* memberikan pengaruh terhadap mortalitas larva *C. pavonana* (Tabel Lampiran 1-3). Hal ini dapat dilihat bahwa pada pengamatan 12 JSA persentase mortalitas serangga uji yang diperoleh paling tinggi yaitu sebesar 6,25% dengan

pemberian konsentrasi sebesar 10000 ppm (Tabel 1). Sedangkan dengan pemberian konsentrasi yang sama pada pengamatan 48 JSA yaitu diketahui persentase mortalitasnya sebesar 63,8%. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, dapat diketahui bahwa reaksi *B. bassiana* dalam mematikan serangga uji, memiliki respon yang lambat dari setiap perlakuannya. Hal ini diduga disebabkan adanya proses infeksi *B. bassiana* pada larva membutuhkan waktu yang lama untuk hifa tumbuh dan berkembang. Proses infeksi bioinsektisida *B. bassiana* dimulai dari pelekatan spora pada kutikula, selanjutnya spora berkecambah melakukan penetrasi terhadap kutikula dan masuk ke dalam haemocoel (Untung, 2006; Purnomo, 2010).

Berdasarkan pendapat Ferron (1981) yang menyatakan bahwa penetrasi *B. bassiana* berlangsung selama 12-24 jam dengan bantuan enzim kitinase, lipase, amilase dan protease yang dikeluarkan hifa. Enzim-enzim tersebut mampu menghidrolisis kompleks protein di dalam integumen yang menyerang dan menghancurkan kutikula, sehingga hifa tersebut mampu menembus dan masuk serta berkembang di dalam tubuh serangga (Brady, 1979). Pada perkembangannya di dalam tubuh serangga, *B. bassiana* mengandalkan toksin yang mengandung *beauvericin*. Toksin tersebut yang menyebabkan terjadinya paralisis pada anggota tubuh serangga. Paralisis dapat menyebabkan serangga kehilangan koordinasi sistem gerak, sehingga gerakan serangga tidak teratur dan lama-kelamaan melemah, kemudian mengalami kelumpuhan total dan kematian. Toksin tersebut juga menyebabkan kerusakan jaringan terutama pada saluran pencernaan, otot, sistem saraf dan sistem pernafasan (Wahyudi, 2008).



Gambar 7. Larva *C. pavonana* yang terinfeksi jamur *B. bassiana*

Serangga yang mati akibat terinfeksi oleh *B. bassiana*, tubuhnya mengeras dan mengeluarkan hifa berwarna putih. Pada penelitian yang telah dilakukan, dihasilkan bahwa infeksi dari *B. bassiana* dapat mengeluarkan hifa berwarna putih pada seluruh bagian dari tubuh larva *C. pavonana* (Gambar 7). Menurut Prasasya (2008) bahwa infeksi *B. bassiana* dimulai dari bagian alat tambahan seperti antara segmen-segmen antena, antara segmen kepala dengan toraks, dan antara segmen toraks dengan abdomen. Setelah beberapa hari, seluruh permukaan tubuh serangga yang terinfeksi akan ditutupi oleh massa jamur yang berwarna putih yang biasa disebut “white bloom”. Reaksi keefektifan yang dimiliki oleh *B. bassiana* tersebut berbeda dengan insektisida abamectin.

Tabel 2. Persentase Mortalitas larva *C. pavonana* setelah Aplikasi Insektisida Abamectin

Perlakuan (ppm)	Mortalitas <i>C. pavonana</i> (%)		
	12 JSA ± SB	24 JSA ± SB	48 JSA ± SB
125	15,00 ± 0,50 a	28,80 ± 0,50 a	51,30 ± 0,60 b
250	18,80 ± 0,50 a	37,50 ± 1,00 b	66,30 ± 1,00 c
375	28,80 ± 0,60 b	55,00 ± 0,50 c	86,30 ± 0,50 c
500	35,00 ± 0,50 c	63,80 ± 0,50 c	96,30 ± 1,00 c
1000	43,80 ± 0,60 c	82,50 ± 0,50 d	100,00 ± 0,60 a

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%. JSA : Jam Setelah Aplikasi; SB : Simpangan Baku.

Berdasarkan pada Tabel 2. dapat diketahui bahwa pemberian insektisida abamectin yang sesuai taraf konsentrasi dapat memberikan pengaruh terhadap mortalitas larva *C. pavonana* (Tabel Lampiran 4-6). Tingginya mortalitas larva *C. pavonana* berbanding lurus dengan tingkat konsentrasi dari insektisida abamectin. Efektivitas pengujian sudah terlihat adanya pengaruh yaitu dari pengamatan 12 JSA dengan peningkatan kematian larva *C. pavonana* secara signifikan sesuai dengan bertambahnya konsentrasi (Tabel 2). Reaksi mortalitas larva *C. pavonana* dengan aplikasi insektisida abamectin tersebut, terbukti memiliki reaksi mematikan yang cepat jika dibandingkan dengan pengaplikasian *B. bassiana*. Pada waktu pengamatan 24 JSA pada aplikasi insektisida abamectin tersebut, sudah mencapai kematian sebesar 50% lebih dengan pemberian konsentrasi yang dimulai dari 375 hingga 1000 ppm (Tabel 2). Hal ini membuktikan bahwa insektisida abamectin memiliki toksisitas yang sangat tinggi. Berdasarkan hasil

penelitian Arfan *et al.* (2018) yakni insektisida abamectin lebih efektif dalam menekan perkembangan populasi larva *Liriomyza* sp. dibandingkan dengan perlakuan insektisida azadiractin dan dimehipo. Selain itu, menurut hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Hasyim, *et al.* (2016) menunjukkan bahwa insektisida berbahan aktif abamectin dalam mengendalikan *Spodoptera exigua* memiliki nilai LC_{50} yang paling rendah jika dibandingkan dengan ketiga jenis insektisida kimia lainnya seperti klorpirifos, sipermetrin dan metomil. Hal ini berarti bahwa insektisida abamectin memiliki daya racun yang paling tinggi.

Terdapat beberapa gejala yang ditimbulkan setelah aplikasi insektisida abamectin terhadap larva *C. pavonana*, antara lain yaitu gerak larva tidak beraturan, tidak lama kemudian larva kejang-kejang hingga pada waktu tertentu larva mengalami kematian. Kemampuan insektisida abamectin dalam menekan perkembangan larva *C. pavonana*, disebabkan oleh cara kerja dari insektisida abamectin 18 EC yang bekerja secara lambung dan sistemik (Reddy *et al.*, 2014). Adanya kombinasi racun yang terkandung dalam insektisida abamectin tersebut dapat diindikasikan menjadi faktor utama dalam menyebabkan mortalitas tinggi pada serangga uji. Penggunaan insektisida abamectin menyebabkan tidak berfungsinya beberapa sel-sel pada bagian pencernaan serangga, khususnya pada midgut (Aljedani, 2017). Selain itu, insektisida tersebut bekerja dengan cara menghambat transmisi syaraf sehingga menyebabkan terjadinya paralisis (Kola *et al.*, 2015).

4.2 Toksisitas *B. bassiana* dan Insektisida Abamectin terhadap Larva *C. pavonana*

Toksisitas atau daya racun merupakan kemampuan dari bahan aktif insektisida dalam merusak suatu jaringan, organ atau sistem tubuh pada serangga sehingga dapat menimbulkan kematian. Pendugaan nilai toksisitas suatu insektisida terhadap serangga hama dihitung dengan melihat nilai LC_{50} dan LT_{50} . Menurut Negara (2003) bahwa LC_{50} ialah konsentrasi yang dapat menyebabkan kematian 50% dari serangga hama yang diuji pada suatu waktu pengamatan tertentu, sedangkan LT_{50} ialah waktu (jam) yang dibutuhkan untuk mematikan 50% serangga uji. Berdasarkan hasil analisis, aplikasi *B. bassiana* dan insektisida abamectin terhadap larva *C. pavonana* dapat dilihat pada Tabel 3.

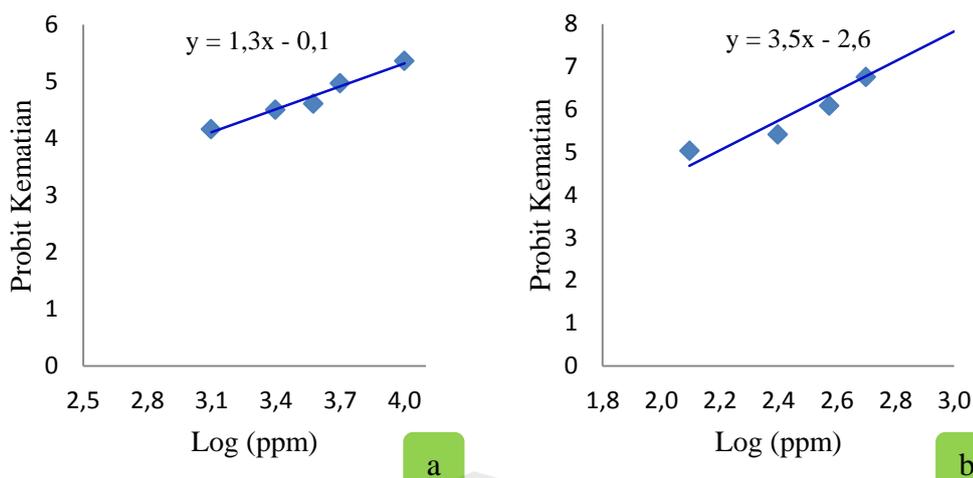
Tabel 3. Nilai LC₅₀ *B. bassiana* dan Insektisida Abamectin terhadap *C. pavonana*

Perlakuan	LC ₅₀ (ppm)	LC ₉₀ (ppm)	Persamaan Regresi	SE	Batas Acuan LC ₅₀ (%)	
					Bawah	Atas
BB	5779,0	51767,5	$y = 1,3x - 0,1$	0,23	4761,2	7533,0
ABA	154,2	359,6	$y = 3,5x - 2,6$	0,33	79,8	183,8

Keterangan : BB: *Beauveria bassiana*; ABA: Insektisida Abamectin; LC₅₀ : *Lethal Concentration* 50%; SE: *Slope Error*.

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa *B. bassiana* memiliki nilai LC₅₀ sebesar 5779 ppm dengan batas bawah sebesar 4761,2 ppm dan batas atas sebesar 7533 ppm. Sedangkan nilai LC₅₀ insektisida abamectin sebesar 154,2 ppm dengan batas bawah 79,8 ppm dan batas atas sebesar 183,8 ppm. Berdasarkan data-data tersebut dapat diketahui bahwa nilai LC₅₀ insektisida abamectin lebih kecil daripada *B. bassiana*. Hal ini berarti bahwa insektisida abamectin memiliki daya racun yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan *B. bassiana*. Semakin rendah nilai LC₅₀ berarti bahwa semakin tinggi toksisitas insektisida tersebut. Hasil dari penelitian tersebut, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Hasyim, *et al.* (2016) yakni insektisida berbahan aktif abamectin dalam mengendalikan hama *Spodoptera exigua* memiliki daya racun yang lebih tinggi daripada jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae*. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh membuktikan bahwa aplikasi insektisida kimia terhadap serangga hama lebih efektif jika dibandingkan dengan jamur entomopatogen.

Pada perhitungan toksisitas dari *B. bassiana* dan insektisida abamectin terdapat persamaan regresi (Gambar 8). Fungsi dari persamaan regresi yakni untuk mencari konsentrasi yang dapat digunakan untuk menentukan persentase kematian serangga uji. Nilai persamaan regresi pada *B. bassiana* yaitu $y = 1,3x - 0,1$. Dari persamaan tersebut, dapat diketahui koefisien dari variabel x yaitu sebesar 1,3. Hal tersebut memiliki arti bahwa setiap penambahan bioinsektisida *B. bassiana* sebanyak 1000 ppm akan menyebabkan mortalitas larva *C. pavonana* sebesar 1,3%. Sedangkan insektisida abamectin memiliki nilai persamaan regresi yakni $y = 3,5x - 2,6$, sehingga dapat diketahui koefisien dari variabel x yakni 3,5 yang memiliki arti bahwa setiap penambahan insektisida abamectin sebanyak 100 ppm akan menyebabkan mortalitas larva *C. pavonana* sebesar 3,5%.



Gambar 8. Grafik Hubungan Konsentrasi Insektisida Tunggal dengan Mortalitas Larva *C. pavonana*, a. Bioinsektisida *B. bassiana* b. Insektisida Abamectin

Penentuan tingkat toksisitas dari aplikasi *B. bassiana* maupun insektisida abamectin terhadap larva *C. pavonana* selain dapat diketahui melalui nilai LC_{50} juga dapat melalui nilai LT_{50} . Makna LT_{50} (*Median Lethal Time*) yakni hubungan antara waktu terhadap mortalitas dari serangga uji. Nilai tersebut menyatakan waktu yang diperlukan dalam menyebabkan mortalitas serangga uji sebesar 50% pada konsentrasi tertentu. Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui bahwa pengaruh banyaknya konsentrasi dari *B. bassiana* maupun insektisida abamectin berbanding terbalik dengan nilai LT_{50} . Hal ini berarti bahwa semakin tinggi konsentrasi insektisida yang diberikan maka semakin singkat waktu yang dibutuhkan untuk mematikan 50% larva *C. pavonana*.

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat nilai LT_{50} dari beberapa konsentrasi yang diujikan terhadap larva *C. pavonana*, yang mana pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa insektisida abamectin diperoleh waktu yang lebih cepat dalam mematikan larva *C. pavonana* jika dibandingkan dengan *B. bassiana*. Pada bioinsektisida *B. bassiana* yang diaplikasikan dengan konsentrasi 1250 ppm dapat diperoleh kematian serangga uji sebesar 50% yakni dengan waktu selama 111 jam 7 menit. Sedangkan untuk pemberian konsentrasi *B. bassiana* sebesar 10000 ppm maka diperoleh waktu kematian 50% serangga uji yaitu selama 37 jam 19 menit. Selain itu dalam aplikasi insektisida abamectin dengan konsentrasi sebesar 125 dapat mematikan 50% serangga uji selama 46 jam 37 menit. Sedangkan dengan

pemberian insektisida abamectin sebesar 1000 ppm dapat lebih cepat mematikan serangga uji 50% yakni dengan waktu 13 jam 23 menit.

Tabel 4. Nilai LT_{50} *B. bassiana* dan Insektisida Abamectin terhadap Larva *C. pavonana*

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	Nilai LT_{50} (Jam)	Regresi $y = a + bx$
BB	1250	111 J 07'	$y = 0,26 + 2,32 x$
	2500	71 J 41'	$y = 9,77 + 2,64 x$
	3750	67 J 38'	$y = 0,46 + 2,49 x$
	5000	49 J 33'	$y = 0,52 + 2,65 x$
	10000	37 J 19'	$y = 0,12 + 3,11 x$
ABA	125	46 J 37'	$y = 1,82 + 1,91 x$
	250	32 J 13'	$y = 1,65 + 2,23 x$
	375	20 J 30'	$y = 1,33 + 2,80 x$
	500	16 J 41'	$y = 1,09 + 3,21 x$
	1000	13 J 23'	$y = 1,36 + 3,28 x$

Keterangan : BB: *Beauveria bassiana*; ABA: Insektisida Abamectin ; LT_{50} : *Lethal Time 50%*

Berdasarkan pada nilai LT_{50} pada masing-masing konsentrasi (Tabel 4), maka dapat ditentukan nilai LT_{50} serangga uji pada nilai LC_{50} dari masing-masing jenis insektisida yakni *B. bassiana* dan insektisida abamectin. Pada bioinsektisida *B. bassiana* yang memiliki nilai LC_{50} sebesar 5779 ppm maka dapat diperoleh nilai LT_{50} yaitu sebesar 47,44 jam setelah aplikasi, yang berarti dalam konsentrasi *B. bassiana* sebesar 5779 ppm dapat mematikan 50% serangga uji larva *C. pavonana* diperlukan waktu 47 jam 44 menit. Sedangkan untuk insektisida abamectin dengan nilai LC_{50} sebesar 154,2 ppm maka dapat diperoleh nilai LT_{50} yakni selama 43,04 jam setelah aplikasi, yang berarti dalam konsentrasi insektisida abamectin sebesar 154,2 ppm dapat mematikan 50% serangga uji larva *C. pavonana* diperlukan waktu 43 jam 04 menit. Dari hasil nilai LT_{50} pada masing-masing insektisida tersebut, dapat diketahui bahwa nilai LT_{50} pada insektisida abamectin lebih kecil daripada *B. bassiana*. Hal ini berarti bahwa waktu kematian 50% larva *C. pavonana* yang paling cepat adalah dengan aplikasi insektisida abamectin pada konsentrasi 154,2 ppm. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Hasyim, *et al.* (2016) yakni insektisida abamectin memiliki waktu kematian 50% (LT_{50}) hama *Spodoptera exigua* yang lebih singkat jika dibandingkan dengan jamur *Metarhizium anisopliae*.

4.3 Pengaruh Campuran *B. bassiana* dengan Insektisitas Abamectin terhadap Mortalitas *C. pavonana*

Uji campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin dilakukan dengan menggunakan konsentrasi *sublethal*. Konsentrasi *sublethal* diperoleh dari nilai LC_{25} masing-masing insektisida. Nilai LC_{25} pada *B. bassiana* dan insektisida abamectin sebesar 1834,2 dan 99 ppm. Berikut hasil pengujian campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin pada konsentrasi *sublethal*.

4.3.1 Pengaruh Insektisida Campuran terhadap Mortalitas *C. pavonana*

Tabel 5. Persentase Mortalitas *C. pavonana* setelah Aplikasi Insektisida Campuran

Perlakuan (ppm)	Mortalitas <i>C. pavonana</i> (%)		
	12 JSA \pm SB	24 JSA \pm SB	48 JSA \pm SB
250	11,30 \pm 0,80 a	27,50 \pm 0,50 a	51,30 \pm 1,00 a
500	13,80 \pm 1,30 a	35,00 \pm 0,50 b	60,00 \pm 0,80 a
1000	20,00 \pm 0,50 ab	47,50 \pm 0,60 c	76,30 \pm 1,00 a
2000	30,00 \pm 0,50 bc	62,50 \pm 0,60 d	93,80 \pm 1,00 a
4000	37,50 \pm 1,00 c	72,50 \pm 0,80 d	100,00 \pm 0,60 a

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan taraf kesalahan 5%. JSA: Jam Setelah Aplikasi; SB : Simpangan Baku.

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa insektisida campuran *Beauveria bassiana* dengan insektisida kimia abamectin menunjukkan adanya pengaruh dalam mengendalikan hama *C. pavonana* pada pengamatan 12 dan 24 JSA (Tabel Lampiran 7-8). Hal ini berarti bahwa insektisida campuran tersebut memiliki sistem kerja yang efektif. Namun pada pengamatan 48 JSA diperoleh hasil yang tidak berbeda nyata. Hal ini disebabkan karena adanya kematian larva pada waktu itu, tidak signifikan antar perlakuannya.

Berdasarkan pada pengamatan pertama yakni dari 12 JSA sudah menunjukkan adanya peningkatan kematian yang signifikan hingga pada pengamatan terakhir yakni pada 48 JSA. Kematian larva *C. pavonana* selalu mengalami peningkatan hingga 100% pada pemberian konsentrasi 4000 ppm. Dengan adanya campuran insektisida kimia, dapat menyebabkan aplikasi *B. bassiana* lebih efektif jika dibandingkan dengan pengaplikasian secara tunggal. Dari berbagai penelitian membuktikan bahwa dalam pengendalian hama akan

memberikan hasil yang lebih baik bila menggunakan integrasi antara jamur entomopatogen dengan insektisida kimia (Quintela dan McCoy 1998, Serebrove *et al.* 2005, Purwar dan Sachen 2006, Saleem *et al.* 2012, Moorhouse *et al.* 1992, Pachamuthu *et al.* 1999).

4.3.2 Toksisitas Insektisida Campuran *B. bassiana* dengan Abamectin terhadap *C. pavonana*

Tabel 6. Nilai LC₅₀ Insektisida Campuran terhadap *C. pavonana*

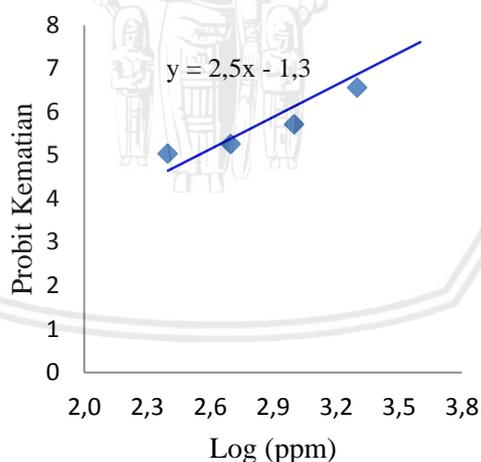
Perlakuan	LC ₅₀ (ppm)	LC ₉₀ (ppm)	Persamaan Regresi	SE	Batas Acuan LC ₅₀ (%)	
					Bawah	Atas
Campuran	349,3	1154,6	$y = 2,5x - 1,3$	0.21	149,6	439,2

Keterangan : LC₅₀ : *Lethal Concentration* 50%; SE: *Slope Error*

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa insektisida campuran memiliki nilai LC₅₀ sebesar 349,3 ppm dan LC₉₀ sebesar 1154,6 ppm dengan *slope error* sebesar 0,21. Dari pernyataan tersebut dapat dilihat bahwa nilai LC₅₀ insektisida campuran lebih kecil dari nilai LC₅₀ insektisida tunggal *B. bassiana* (Tabel 3). Hal ini berarti insektisida campuran tersebut memiliki daya toksisitas yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan aplikasi tunggal *B. bassiana*. Sedangkan jika dibandingkan dengan aplikasi tunggal insektisida abamectin (Tabel 3), insektisida campuran tersebut memiliki daya toksisitas yang rendah sebab nilai LC₅₀ insektisida tunggal abamectin lebih kecil dari campurannya. Akan tetapi hal tersebut bukan menjadi permasalahan yang utama. Jadi, produk insektisida campuran tergolong masih lebih efektif dalam mengendalikan atau mematikan serangga uji. Hal ini disebabkan karena pada campuran kedua insektisida tersebut, kandungan toksin yang berada pada insektisida abamectin mampu membantu jamur *B. bassiana* dalam mempercepat kematian serangga uji. Insektisida berbahan aktif abamectin ini merupakan formulasi dari isolat avermectin B1a sebesar > 80% dan B1b sebesar < 20% yang dihasilkan oleh bakteri tanah *Streptomyces avermitilis* (Lankas dan Gordon, 1989). Cara kerja dari kedua jenis bahan aktif insektisida yang diuji tersebut berbeda. Untuk insektisida abamectin bekerja secara sistemik dan saraf sedangkan *B. bassiana* bekerja dengan cara kontak. Dengan berbedanya cara kerja tersebut maka sistem kerja dari campuran insektisida tersebut akan dapat saling melengkapi.

Kandungan bahan aktif insektisida abamectin dapat langsung memberikan reaksi mematikan lebih cepat sebab bahan yang diaplikasikan sudah dalam bentuk formulasi dari hasil fermentasi bakteri *S. avermitilis*. Menurut Bahagiawati (2002) menyatakan bahwa infeksi serangga yang disebabkan oleh senyawa metabolit sekunder yang dimiliki bakteri entomopatogen dapat setara dengan reaksi infeksi oleh insektisida kimia sintetik. Sedangkan untuk *B. bassiana* masih membutuhkan serangkaian proses infeksi sehingga mampu mematikan serangga uji. Jadi dengan adanya campuran kedua jenis insektisida tersebut, mekanisme kerja dari *B. bassiana* dapat dipercepat oleh toksin yang dimiliki insektisida abamectin.

Terdapat beberapa kelebihan dari campuran kedua jenis insektisida berbeda, sebagaimana sesuai dengan pendapat Hasyim dan Azwana (2003) yang mengatakan bahwa jamur entomopatogen banyak digunakan untuk mengurangi dampak negatif penggunaan insektisida kimia. Oleh karena itu inovasi campuran antara jamur entomopatogen *B. bassiana* dan insektisida abamectin tersebut, penting untuk diterapkan dengan tujuan dapat mengurangi penggunaan insektisida kimia dan meningkatkan efikasi dari aplikasi produk jamur.



Gambar 9. Grafik Hubungan Konsentrasi Insektisida Campuran dengan Mortalitas Larva *C. pavonana*

Berdasarkan grafik di atas (Gambar 9) menunjukkan bahwa mortalitas larva *C. pavonana* setelah aplikasi produk insektisida campuran mengalami peningkatan yang signifikan dari konsentrasi yang rendah hingga tinggi. Pada aplikasi insektisida campuran ini diperoleh hasil regresi yakni $y = 2,5x - 1,3$ yang dapat diketahui koefisien dari variabel x sebesar 2,5. Hal ini memiliki arti bahwa

setiap penambahan insektisida campuran sebanyak 100 ppm akan menyebabkan mortalitas larva *C. pavonana* sebesar 2,5%. Peningkatan mortalitas yang signifikan tersebut, disebabkan adanya pemberian insektisida kimia dapat memberikan pengaruh yang efektif pada aplikasi jamur entomopatogen *B. bassiana*. Hal ini berarti bahwa produk campuran tersebut dapat memberikan respon kematian pada serangga uji dengan cepat.

Tabel 7. Nilai LT_{50} Insektisida Campuran terhadap *C. pavonana*

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	Nilai LT_{50} (Jam)	Regresi $y = a + bx$
Campuran	250	45 J 06'	$y = 1,24 + 2,27 x$
	500	36 J 29'	$y = 1,33 + 2,35 x$
	1000	25 J 56'	$y = 1,21 + 2,69 x$
	2000	18 J 25'	$y = 0,90 + 3,28 x$
	4000	15 J 24'	$y = 1,44 + 3,01 x$

Keterangan : LT_{50} : *Lethal Time* 50%

Penentuan toksisitas dari suatu produk insektisida, selain dapat ditentukan dari nilai LC_{50} (*Median Lethal Concentration*), juga dapat ditentukan melalui nilai LT_{50} (*Median Lethal Time*). Berdasarkan Tabel 7 dapat dilihat bahwa semakin tinggi konsentrasi insektisida yang diaplikasikan maka semakin rendah nilai LT_{50} yang diperoleh. Di dalam tabel menunjukkan pada saat insektisida campuran (*B. bassiana* dan abamectin) diaplikasikan dengan konsentrasi 250 ppm dapat diperoleh nilai LT_{50} selama 45 jam 06 menit. Hal ini berbeda jika konsentrasi insektisida campuran dinaikkan hingga 4000 ppm, maka diperoleh hasil nilai LT_{50} selama 15 jam 24 menit.

Berdasarkan ketentuan nilai LT_{50} dari masing-masing konsentrasi insektisida campuran yang diperoleh (Tabel 7), maka dapat ditentukan besarnya nilai LT_{50} dalam kondisi LC_{50} campurannya. Kematian larva *C. pavonana* sebesar 50% memiliki nilai LC_{50} sebesar 349,3 ppm. Dari nilai LC_{50} tersebut, maka dapat diperoleh lamanya waktu yang digunakan untuk mematikan 50% larva *C. pavonana* yakni sebesar 41 jam 58 menit. Waktu yang dibutuhkan untuk menyebabkan kematian serangga uji bervariasi, tergantung pada resistensi hama, sifat resistensi inang dan kondisi lingkungan mikro di tubuh inang (Pachamuthu dan Shripatt, 2000).

4.3.3 Sinergisitas Campuran Insektisida *B. bassiana* dengan Abamectin terhadap *C. pavonana*

Dalam menentukan tingkat keefektifan insektisida campuran terhadap insektisida tunggal *B. bassiana* yakni dapat diketahui melalui nisbah sinergistik. Adanya perhitungan nisbah sinergistik bertujuan untuk mengetahui sifat dari campuran kedua insektisida tersebut. Terdapat tiga kategori sifat dalam pengujian campuran suatu insektisida yakni meliputi sinergis, netral dan antagonis.

Tabel 8. Nilai LC_{50} jamur *B. bassiana* dan insektisida abamectin secara tunggal dan campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin terhadap larva *C. pavonana* serta nisbah sinergistik.

Perlakuan	LC_{50} (ppm)	NS
BB	5779,0	-
ABA	154,2	-
Campuran	349,3	16,54

Keterangan : ABA: Insektisida Abamectin; BB: *Beauveria bassiana*; NS: Nisbah Sinergistik

Berdasarkan hasil analisis menggunakan program software Hsin Chi dari *B. bassiana*, insektisida kimia abamectin serta campuran keduanya yang diuji terhadap larva *C. pavonana*, memiliki nilai LC_{50} yang berturut-turut yaitu 5779; 154,2 dan 349,3 ppm. Pada Tabel 8, dapat diketahui nilai nisbah sinergistik (NS) dari insektisida campuran terhadap bioinsektisida *B. bassiana* secara tunggal yakni sebesar 16,54. Hal ini berarti bahwa campuran kedua insektisida tersebut lebih efektif sebesar 16,54 kali lipat jika dibandingkan dengan pengaplikasian bioinsektisida *B. bassiana* secara tunggal. Dengan adanya peningkatan efikasi tersebut, membuktikan bahwa campuran jamur *B. bassiana* dengan insektisida abamectin pada konsentrasi *sublethal* memberikan efek sinergis. Menurut Hamilton dan Attia (1977) yaitu apabila nilai nisbah sinergistik (NS) lebih dari 1 maka campuran suatu insektisida mempunyai efek sinergis.

Apabila terdapat suatu pencampuran kedua insektisida yang memiliki cara kerja berbeda dengan keadaan substrat yang mencukupi, maka tidak akan saling mengganggu, tetapi saling bersinergi sehingga dapat memiliki efikasi yang tinggi (Okoh, 2006). Berdasarkan pernyataan tersebut, dapat diketahui pada hasil penelitian bahwa campuran kedua jenis insektisida tersebut dapat bersinergi dan

dapat meningkatkan keefektifan hingga 16,54 kali lipat jika dibandingkan dengan aplikasi *B. bassiana* secara tunggal (Tabel 8). Terdapat beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa jamur entomopatogen dapat dicampurkan dengan konsentrasi *sublethal* insektisida dan bersifat sinergis sehingga dapat meningkatkan mortalitas serangga, meminimalkan pencemaran lingkungan, dan meningkatkan kesehatan bagi manusia (Salama *et al.* 1984, Hiromori dan Nishigaki 1998). Selanjutnya Purwar dan Sachan (2006) mengatakan bahwa kombinasi cendawan entomopatogen dengan insektisida selektif lebih efektif mengendalikan hama sasaran jika dibandingkan dengan jamur entomopatogen yang diaplikasikan secara tunggal.

4.4 Kompatibilitas Campuran *B. bassiana* dengan Insektisida Abamectin

Adanya suatu teknik pencampuran antara bioinsektisida *B. bassiana* dengan insektisida abamectin, tentu dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan dari jamur *B. bassiana*. Oleh karena itu dibutuhkan uji lanjutan tentang kompatibilitas. Pengujian tersebut dilakukan karena adanya karakter pada jenis jamur terhadap insektisida kimia dapat memunculkan reaksi yang berbeda-beda. Umumnya, jamur yang berperan sebagai agens hayati mampu bertahan hidup dalam lingkungan yang tercemar insektisida dengan memanfaatkan metabolisme dalam tubuhnya. Salah satu parameter yang harus dilakukan pengamatan, dalam serangkaian uji kompatibilitas yakni diameter koloni, sporulasi dan perkecambahan konidia.

Berdasarkan Tabel 9, menunjukkan bahwa pertumbuhan koloni pada perlakuan kontrol hingga pemberian konsentrasi sebesar 1000 ppm memiliki reaksi tumbuh yang berbeda-beda setiap perlakuannya dari pengamatan ke-1 hingga 7 HSI. Hal ini dapat dikatakan bahwa adanya perlakuan pemberian insektisida abamectin pada media tumbuh jamur *B. bassiana* dengan berbagai konsentrasi dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan koloni jamur (Tabel Lampiran 10-16). Menurut Faraji *et al.* (2016) yakni setiap insektisida kimia berpotensi untuk mempengaruhi berbagai stadium perkembangan dari jamur entomopatogen termasuk pertumbuhan koloni. Selain itu menurut Fauziah dan Rohdiana (2016) yaitu pertumbuhan dan perkembangan jamur dapat dipengaruhi oleh konsentrasi bahan aktif dan sifat dasar kimia pestisida.

Tabel 9. Diameter Pertumbuhan Koloni Jamur *B. bassiana* pada Media SDAY yang telah Ditambah Insektisida Abamectin Sesuai Perlakuan

Konsentrasi (ppm)	Diameter Koloni (mm)						
	1 HSI±SD	% H	2 HSI±SD	% H	3 HSI±SD	% H	4 HSI±SD
0	3,10±0,25 d	0,00	5,90±1,11 d	0,00	9,10±1,51 d	0,00	14,50±0,65 e
125	2,90±0,48 cd	6,45	5,20±0,90 cd	11,86	7,70±0,75 cd	15,38	13,30±0,43 d
250	2,50±0,54 c	19,35	4,80±0,50 c	18,64	7,40±0,31 bc	18,68	11,60±0,52 c
375	1,80±0,46 b	41,94	3,60±0,75 b	38,98	6,90±1,76 bc	24,18	10,10±0,55 b
500	1,60±0,14 b	48,39	2,90±0,60 b	50,85	6,10±0,97 b	32,97	9,00±0,20 b
1000	0,50±0,35 a	83,87	0,50±0,35 a	91,53	1,30±0,24 a	85,71	2,80±0,12 a
Konsentrasi (ppm)	% H	5 HSI±SD	% H	6 HSI±SD	% H	7 HSI±SD	% H
0	0,00	18,10±2,75 de	0,00	20,00±2,04 c	0,00	22,50±1,70 cd	0,00
125	8,28	19,80±1,66 e	-9,40	22,10±1,84 d	-10,50	23,90±1,50 d	-6,20
250	20,00	17,00±1,22 cd	9,94	19,40±1,93 c	3,00	21,40±1,80 bc	4,90
375	30,34	15,40±0,95 bc	6,08	18,30±0,87 bc	8,50	20,80±0,70 bc	7,60
500	37,93	13,50±0,41 b	25,41	17,00±0,71 b	15,00	19,40±1,70 b	13,80
1000	80,69	6,20±0,70 a	65,75	7,60±0,52 a	62,00	11,10±1,40 a	50,70

Keterangan : HSI: Hari Setelah Inokulasi; SD: Standar Deviasi; %H: Persentase Hambatan

Pada pengamatan ke-7 HSI menunjukkan bahwa perlakuan insektisida abamectin pada semua taraf konsentrasi terhadap jamur *B. bassiana* diperoleh hasil berbeda nyata dengan perlakuan kontrol (Tabel Lampiran 16). Diameter koloni terbesar diperoleh pada pemberian konsentrasi sebesar 125 ppm dengan rata-rata panjang diameter sebesar 23,9 mm. Sedangkan diameter koloni terkecil ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi 1000 ppm yakni sebesar 11,1 mm (Tabel 9). Berdasarkan hasil penelitian tersebut dapat dikatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi insektisida yang dicampurkan pada media SDAY menunjukkan reaksi pertumbuhan dari jamur *B. bassiana* yang semakin terhambat. Akan tetapi, peningkatan pertumbuhan koloni jamur *B. bassiana* pada pemberian insektisida abamectin dengan konsentrasi 125 ppm dapat menunjukkan adanya respon dari tubuh jamur *B. bassiana* yang cukup baik. Hal ini dapat diartikan bahwa metabolisme dari tubuh jamur *B. bassiana* mampu memanfaatkan komponen dari bahan aktif insektisida sebagai sumber nutrisi sekunder. Menurut Gnanaprakasam *et al.* (2011) menyatakan bahwa formulasi bahan aktif insektisida dapat secara

langsung digunakan sebagai nutrisi untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi spora. Dari perhitungan diameter koloni dapat juga ditentukan persentase penghambatan dari pertumbuhan koloni terhadap perlakuan kontrol pada masing-masing perlakuan.

Berdasarkan pada Tabel 9 dapat diketahui bahwa persentase penghambatan dari perlakuan insektisida dengan konsentrasi 125 hingga 1000 ppm pada pengamatan 7 HSI diperoleh hasil berturut-turut yakni sebesar (-6,2%); 4,9%; 7,6%, 13,8% dan 50,7%. Semakin tinggi konsentrasi insektisida abamectin yang diberikan memberikan nilai penghambatan yang tinggi juga. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Clark *et al.* (1982) yakni penghambatan yang tinggi pada pertumbuhan jamur *B. bassiana* yaitu terdapat pada media yang diberi insektisida carbofuran dan azinphos methyl dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Selain itu menurut hasil penelitian Asi, *et al.* (2010) yakni insektisida abamectin dapat bereaksi kompatibel terhadap pertumbuhan koloni jamur *Metarhizium anisopliae* dengan penghambatan koloni sebesar 35% dan penghambatan tersebut lebih kecil jika dibandingkan dengan insektisida lainnya seperti curacron, match, proclaim, steward, cascade, pirate larvin, lannate dan lorsban. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat diketahui pada Tabel 9 bahwa penghambatan pertumbuhan koloni *B. bassiana* pada pengamatan 7 HSI yang di bawah 35 % yakni pada pemberian konsentrasi sebesar 125 hingga 500 ppm yang berarti dapat bersifat kompatibel. Sedangkan dalam pemberian insektisida dengan konsentrasi 1000 ppm, diduga bersifat toksik sebab penghambatan mencapai 50%.

Parameter perhitungan selanjutnya dalam menentukan nilai kompatibilitas yaitu perhitungan jumlah konidia atau sporulasi dan perkecambahan konidia. Pada hasil perhitungan jumlah konidia *B. bassiana* menunjukkan bahwa pemberian insektisida abamectin pada media pertumbuhan jamur *B. bassiana* dapat memberikan pengaruh terhadap jumlah sporulasi konidia dari jamur (Tabel Lampiran 17) Berdasarkan pada Tabel 10 menunjukkan bahwa jumlah sporulasi konidia yang paling banyak yakni pada pemberian konsentrasi insektisida abamectin sebanyak 125 ppm yakni sebesar $0,90 \times 10^8$ konidia/ml. Sedangkan untuk jumlah konidia terendah terdapat pada perlakuan insektisida 1000 ppm yakni sebesar $0,22 \times 10^8$ konidia/ml. Hal ini, menunjukkan bahwa semakin tinggi

pemberian konsentrasi insektisida abamectin dapat menyebabkan sporulasi jamur *B. bassiana* semakin berkurang. Menurut Rashid *et al.* (2010) menyatakan semua jenis insektisida kimia yang diuji dengan konsentrasi tertinggi dapat mengurangi sporulasi jamur secara signifikan.

Tabel 10. Jumlah Konidia Jamur *B. bassiana* pada 7 Hari Setelah Inokulasi

Konsentrasi (ppm)	Sporulasi Konidia ($\times 10^8$ konidia/ml) \pm SD	% Penurunan sporulasi
0	0,75 \pm 0,30 cd	0
125	0,90 \pm 0,18 d	-20
250	0,54 \pm 0,26 bc	28
375	0,42 \pm 0,14 ab	44
500	0,44 \pm 0,10 ab	41
1000	0,22 \pm 0,07 a	70

Keterangan : SD: Standar Deviasi

Banyaknya jumlah konidia pada perlakuan insektisida dengan konsentrasi 125 ppm sebanding dengan besar diameter koloninya. Hal ini berarti, semakin besar diameter koloni *B. bassiana* maka semakin banyak jumlah konidia yang dihasilkan. Selain itu, penurunan sporulasi dari perlakuan insektisida terhadap perlakuan kontrol dengan konsentrasi 125 ppm hingga 1000 ppm, secara berturut-turut yakni (-20)%, 28%, 44%, 41% dan 70% (Tabel 10). Adanya penurunan sporulasi yang berada dibawah 50% dapat digolongkan dalam kategori tidak toksik. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Asi, *et al.* (2010) bahwa penghambatan sporulasi jamur *Metarhizium anisopliae* oleh insektisida abamectin berkisar 40,11% dan tergolong tidak toksik atau bersifat kompatibel.

Dalam mengetahui tingkat keefektifan suatu jamur entomopatogen, maka perlu adanya pengujian daya kecambah atau bisa disebut dengan viabilitas. Pentingnya pengujian tersebut disebabkan karena jamur menginfeksi serangga melalui perkecambahan konidia yang merupakan langkah pertama dari proses infeksi (Oliveria *et al.*, 2003). Pada hasil perhitungan viabilitas atau daya kecambah konidia *B. bassiana* dari semua perlakuan menyatakan hasil yang tidak berbeda nyata (Tabel Lampiran 18). Nilai persentase daya kecambah dari masing-masing perlakuan yakni dari kontrol hingga konsentrasi 1000 ppm berturut-turut yaitu 25,45%, 26,70%, 24,39, 20,10%, 19,62% dan 19,02% (Tabel 11). Dari hasil

tersebut dapat dinyatakan bahwa antar perlakuan konsentrasi memiliki perbedaan hasil persentase perkecambahan yang tidak signifikan. Menurut Hall (1981) dan Er dan Gokce (2004) menyatakan bahwa perkecambahan konidia jamur lebih sensitif terhadap insektisida daripada pertumbuhan miselia jamur. Adanya perbedaan dalam pengamatan antara perkecambahan konidia dan pertumbuhan miselia diduga karena dalam masa inkubasi perkecambahan dinilai pada 1 hari setelah inokulasi sedangkan untuk pertumbuhan miselia diukur hingga 7 hari setelah inokulasi.

Tabel 11. Persentase Daya Kecambah Konidia Jamur *Beauveria bassiana* pada 7 Hari Setelah Inokulasi

Konsentrasi (ppm)	% Daya Kecambah Konidia \pm SD	% Penurunan Daya Kecambah
0	25,45 \pm 7,72 a	0
125	26,70 \pm 3,50 a	-4,91
250	24,39 \pm 14,30 a	4,17
375	20,10 \pm 7,37 a	21,02
500	19,62 \pm 4,76 a	22,91
1000	19,02 \pm 3,69 a	25,27

Keterangan : SD: Standar Deviasi

Berdasarkan Tabel 11 menunjukkan persentase penurunan daya kecambah pada masing-masing perlakuan dari 125 hingga 1000 ppm berturut-turut yaitu (-4,91)%, 4,17%, 21,02%, 22,91% dan 25,27%. Berdasarkan penelitian menurut Asi, *et al* (2010) yakni persentase penurunan viabilitas pada jamur *Metarhizium anisopliae* dan *Paecilomyces fumosoroseus* oleh insektisida abamectin dengan konsentrasi sesuai rekomendasi lapang yang masing-masing sebesar 41,60% dan 40,72% yang dapat bersifat toksik. Pada Tabel 11, terlihat penurunan daya kecambah dari masing-masing perlakuan terhadap kontrol jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan penurunan yang terjadi pada jamur *M. anisopliae* dan *P. fumosoroseus*. Hal ini dapat dinyatakan bahwa penurunan viabilitas atau daya kecambah *B. bassiana* oleh insektisida abamectin dapat bersifat tidak toksik atau kompatibel.

Semua pengujian untuk menentukan nilai kompatibilitas telah dilakukan dan telah diperoleh hasilnya. Dari penentuan nilai kompatibilitas dapat bertujuan

mengetahui kesesuaian dari pemberian insektisida abamectin yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan dari jamur *B. bassiana*. Terdapat kategori tingkatan kesesuaian dari campuran kedua insektisida tersebut yakni meliputi sangat toksik, toksik, kurang toksik dan tidak toksik atau kompatibel.

Tabel 12. Nilai Kompatibilitas Jamur *B. bassiana* pada 7 Hari Setelah Inokulasi

Konsentrasi (ppm)	Nilai Kompatibilitas	Kategori
125	117,24	Kompatibel
250	76,62	Kompatibel
375	63,29	Kompatibel
500	64,18	Kompatibel
1000	33,36	Toksik

Nilai kompatibilitas jamur *B. bassiana* terhadap insektisida abamectin (Tabel 12) diperoleh hasil dari masing-masing perlakuan yakni dari 125 hingga 1000 ppm secara berturut-turut yaitu 117,24; 76,62; 63,29; 64,18 dan 33,36. Dari semua perlakuan tersebut yang memiliki kategori kompatibel terdapat pada pemberian konsentrasi sebesar 125-500 ppm. Hanya perlakuan dengan pemberian konsentrasi insektisida sebesar 1000 ppm yang dapat bersifat toksik pada pertumbuhan dan perkembangan jamur *B. bassiana*. Menurut rumus oleh Alves, *et al.* (1998) dalam Depieri, *et al.* (2005) tentang mencari nilai kompatibilitas menunjukkan bahwa nilai kompatibilitas yang berada diatas 60 tergolong pada kategori tidak toksik atau kompatibel, sedangkan apabila nilainya berada dalam kisaran 31-40 maka tergolong dalam kategori toksik. Kategori kompatibilitas yang diperoleh, sesuai dengan perlakuan konsentrasi insektisida abamectin yang diberikan. Semakin rendah konsentrasi insektisida abamectin yang diberikan, maka semakin cepat jamur *B. bassiana* mendegradasi bahan aktif tersebut.

Abamectin merupakan jenis bahan aktif insektisida yang mudah terdegradasi. Menurut USDA (1996) menyatakan bahwa abamectin mempunyai sifat yang mudah terurai oleh udara, air, pH, degradasi mikroba dalam tanah dan ultraviolet yang terkandung dalam sinar matahari. Selain itu, menurut Hidayati *et al.* (2011), abamectin mempunyai sifat *half life* yakni kecepatan hilangnya residu abamectin yang meliputi, abamectin dapat cepat terdegradasi di dalam air dengan

memiliki waktu paruh 4 hari, sedangkan di dalam padatan, abamectin dapat terdegradasi dengan waktu paruh selama 2-4 minggu dan jika di dalam tanah, abamectin dapat terdegradasi dengan waktu paruh 2 minggu sampai 2 bulan. Berdasarkan percobaan yang dilakukan pada media padat SDAY, maka waktu degradasi bahan aktif tersebut oleh *B. bassiana* diperlukan selama 2-4 minggu. Semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk percobaan maka semakin banyak kandungan bahan aktif abamectin yang terdegradasi. Sedangkan hasil dari degradasi tersebut, dapat dimanfaatkan oleh jamur *B. bassiana* sebagai sumber nutrisinya. Menurut Fauziah dan Rohdiana (2016) menyatakan bahwa formulasi bahan aktif insektisida dapat memungkinkan untuk dimanfaatkan oleh jamur sebagai nutrisi dalam meningkatkan pertumbuhannya.

4.5 Pembahasan Umum

Integrasi antara jamur entomopatogen dan insektisida kimia merupakan salah satu teknik pengendalian hama yang tepat. Inovasi ini muncul dikarenakan jika dua jenis insektisida tersebut diaplikasikan secara tunggal, masih memiliki kekurangan. Kekurangan tersebut meliputi, dalam pengaplikasian jamur entomopatogen dianggap kurang efektif dalam mengendalikan hama tanaman. Sedangkan dalam pengaplikasian insektisida kimia dapat menimbulkan dampak negatif yang salah satunya menimbulkan resistensi pada hama dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu penting adanya integrasi antara jamur entomopatogen dengan insektisida kimia.

Integrasi jamur entomopatogen dengan insektisida kimia dapat menyatukan dua komponen yang berbeda sehingga meningkatkan efikasi dalam mengendalikan hama suatu tanaman serta dapat meminimalisir adanya dampak negatif akibat aplikasi insektisida kimia secara berlebihan. Penelitian oleh Salama *et al.* (1984) dan Hiromori dan Nishigaki (1998) menunjukkan bahwa jamur entomopatogen dapat dicampurkan dengan insektisida kimia pada konsentrasi *sublethal* dan bersifat kompatibel sehingga dapat meningkatkan mortalitas serangga, meminimalkan pencemaran lingkungan, dan meningkatkan kesehatan bagi manusia. Hal tersebut berarti, adanya integrasi kedua jenis insektisida dapat mengoptimalkan dalam pengendalian yang tepat.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan bahwa pencampuran jamur *B. bassiana* dengan insektisida abamectin pada konsentrasi *sublethal* diperoleh hasil yang sinergis. Reaksi insektisida campuran yang terjadi lebih efektif dalam mematikan hama *C. pavonana* jika dibandingkan dengan aplikasi jamur *B. bassiana* secara tunggal. Dari hasil penelitian menunjukkan nilai LC_{50} dari *B. bassiana* dan campuran secara berturut-turut sebesar 5779 dan 349,3 ppm. Semakin rendah nilai LC_{50} menunjukkan bahwa insektisida tersebut memiliki daya racun yang tinggi. Dari nilai LC_{50} tersebut, dapat diperoleh nisbah sinergistik dari campuran kedua insektisida terhadap bioinsektisida *B. bassiana* yakni sebesar 16,54. Jadi, hal ini berarti keefektifan insektisida campuran lebih besar 16,54 kali lipat jika dibandingkan dengan aplikasi *B. bassiana* secara tunggal. Hal ini dapat diketahui juga bahwa insektisida abamectin dapat berfungsi sebagai sinergis dari *B. bassiana* yang menyebabkan aplikasi bioinsektisida *B. bassiana* terhadap mortalitas *C. pavonana* semakin efektif.

Suatu campuran jamur entomopatogen dengan insektisida kimia dalam konsentrasi tertentu dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan dari jamur entomopatogen hingga pertumbuhannya terhambat dan menyebabkan tidak kompatibel atau bersifat toksik. Dalam hasil penelitian uji lanjutan menyatakan bahwa semua perlakuan insektisida abamectin yang diaplikasikan pada media pertumbuhan *B. bassiana* dapat diperoleh hasil yang kompatibel kecuali pada perlakuan dengan pemberian konsentrasi insektisida sebesar 1000 ppm yang menyebabkan toksik pada jamur tersebut. Nilai kompatibilitas dari perlakuan 125-1000 ppm secara berturut-turut yaitu 117,24; 76,62; 63,29; 64,18 dan 33,36. Hal ini menyatakan bahwa pemberian insektisida abamectin yang memiliki kesesuaian terhadap pertumbuhan dan perkembangan jamur yakni dengan konsentrasi sebesar 125-500 ppm. Akan tetapi perlakuan yang memberikan respon paling kompatibel terdapat pada konsentrasi 125 ppm. Hal ini berarti semakin rendah konsentrasi insektisida abamectin yang diberikan maka akan diperoleh nilai kompatibilitas yang semakin tinggi.

Berdasarkan hasil pengujian campuran yang menggunakan konsentrasi insektisida abamectin pada kondisi *sublethal* dengan nilai LC_{25} yakni sebesar 99 ppm, dapat terbilang dalam campuran tersebut tergolong kompatibel. Hal ini

disebabkan konsentrasi insektisida abamectin yang diberikan pada kondisi *sublethal*, memiliki nilai lebih kecil dari perlakuan dengan konsentrasi 125 ppm. Oleh karena itu dari rangkaian pengujian dalam penelitian ini diperoleh hasil bahwa campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin dalam kondisi *sublethal* dapat bersifat sinergis dan kompatibel.



V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian menyatakan bahwa insektisida berbahan aktif abamectin lebih efektif untuk mematikan larva *C. pavonana* jika dibandingkan dengan bioinsektisida *B. bassiana*. Campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin dalam kondisi *sublethal* dapat bersifat sinergis dan dapat meningkatkan efikasi sebesar 16,54 kali lipat jika dibandingkan dengan pengaplikasian *B. bassiana* secara tunggal. Campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin dapat bersifat kompatibel pada pemberian konsentrasi 125 hingga 500 ppm dengan nilai kompatibilitasnya berturut-turut yaitu 117,24; 76,62; 63,29 dan 64,18, sedangkan pada konsentrasi 1000 ppm insektisida abamectin yang diberikan diperoleh nilai kompatibilitas sebesar 33,36 sehingga memiliki pengaruh yang bersifat toksik, sedangkan untuk campurannya dengan konsentrasi insektisida abamectin pada kondisi *sublethal* dapat bersifat kompatibel.

5.2 Saran

Penelitian ini perlu dilakukan uji lanjutan dalam meningkatkan kualitasnya yakni mengenai uji lanjutan tentang keefektifan produk campuran antara *B. bassiana* dengan insektisida kimia abamectin dalam penerapannya pada kondisi lapangan sebab toksisitas yang tinggi secara *in vitro* dari suatu produk tidak akan selalu sama jika diaplikasikan di lapangan. Selain itu, dapat dilakukan juga pengujian tentang resistensi *C. pavonana* akibat pengaplikasian campuran *B. bassiana* dengan insektisida abamectin pada kondisi *sublethal*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, John. 1987. Agricultural Marketing Enterprises for the Developing World. Cambridge University Press. Melbourne. Australia.
- Abidin, A. F., Ekowati, N., Ratnaningtyas, N. I. 2017. Insecticide Compatibility to the Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. Scripta Biologica. 4 (4) : 273–279.
- Abizar dan Prijono. 2010. Aktivitas Insektisida Ekstrak Daun Dan Biji *Tephrosia vogelii* J. D. Hooker (Leguminosae) dan Ekstrak Buah *Piper cubeba* L. (Piperaceae) Terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Crambidae). J. HPT Tropika. 10 (1): 1–12.
- Akbar, S., Shoaib, F., Asifa, H., Hafiza, T. G., Akmal, M., Malik, M., Naeem, N. dan Khan, M. B. 2012. Compatibility of *Metarhizium anisopliae* with Different Insecticides and Fungicides. Departement of Agricultural Entomology. African J. of Microbiology Research. 6 (1): 3956-3960.
- Alizadeh, A., Samih, M. A., Khezri, M. dan Rish, R. S. 2007. Compatibility of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. With several pesticides. (www.ijpaes.com/admin/php/uploads/563_pdf.pdf, diunduh tanggal 30 Juni 2019).
- Aljedani, D. M. 2017. Effects of abamectin and deltamethrin to the foragers honeybee workers of *Apis mellifera jemenatica* (Hymenoptera: Apidae) under laboratory conditions. Saudi J. of Bio. Sci. 24 (5): 1007–1015.
- Alves, S. B., Monino, A., dan Almeida, J. E. M. 1998. Produtos fitossanitários e entomopatogênicos. São Paulo: Fealq.
- Amutha, M., Banu, J. G., Surulivelu, T., dan Gopalakrishnan, N. 2010. Effect of commonly used insecticides on the growth of white Muscardine fungus, *Beauveria bassiana* under laboratory conditions. J. Biopest. 3 (1): 143–146.
- Anderson, T. E. dan Roberts, D. W. 1983. Compatibility of *Beauveria bassiana* isolates with insecticide formulations used in *Colorado potato beetle* (Coleoptera: Chrysomelidae) control. J. Econ. Entomol. 76 : 1437-1441.
- Archana, M. R. dan Ramaswamy, K. 2012. Interactive Effect Of Entomopathogenic Fungi *Paecilomyces fumosoroseus* with Few Organophosphate And Pyrethroid Pesticides : An In Vitro Study. (<http://www.cibtech.org/jls.htm>, diunduh tanggal 30 Juni 2019).
- Arfan, Sudewi, S., Sataral, M., Sumarni, Rosiani, V., Mumfahida dan Soar, K. 2018. Efektivitas Insektisida dalam Menekan Perkembangan Populasi dan Serangan *Liriomyza* sp. pada Tanaman Bawang Merah Lokal Palu (*Allium cepa* L.X Wakegi Araki) Di Desa Guntarano Kecamatan Tanantovea Kabupaten Donggala. J. Agrotech. 8 (1): 23-28.

- Asi, M. R., Bashir, M. H., Afzal, M., Ashfaq, M. dan Sahi, S. T. 2010. Compatibility of Entomopathogenic Fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* with Selective Insecticides. Department of Agri. Entomology, University of Agriculture. Pakistan. Pak. J. Bot. 42 (6): 4207-4214.
- Astoni, M. A., Retno, D. P. dan Hagus, T. 2015. Uji Kompatibilitas Jamur Patogen Serangga *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) dengan Insektisida Nabati Nabati Ekstrak Daun Putri Malu. Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan. 3 (3).
- Awanis. 2013. Kombinasi Suhu Air dan Lama Perendaman pada *Hydrocooling* untuk Mempertahankan Kesegaran Sawi Hijau (*Brassica juncea*). Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Bahagiawati. 2002. Penggunaan *Bacillus thuringiensis* sebagai bioinsektisida. Jurnal Agrobio 5(1):21-28
- Barnett, H. L. 1972. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. London: Burges Publishing Company.
- Brady, B. L. K. 1979. Pathogenic fungi and bacteria. Common Wealth Agriculture Bureaux. England.
- Cheung, P. Y. K. dan Gula, E. A. 1982. In vivo events associated with entomopathology of *Beauveria bassiana* for the corn earworm (*Heliothis zea*) fungal pathogen. J. Invertebr. Pathol. 39: 303-313.
- Clark, R. A., Casagrande, R. A., dan Wallace, D. B. 1982. Influence of pesticides on *Beauveria bassiana* a pathogen of the Colorado potato beetle. Environmental Entomology. 11: 67-70.
- Deciyanto, S. dan Indrayani, I. G. A. A. 2009. Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* : Potensi dan Prospeknya dalam Pengendalian Hama Tungau. J. Perspektif. 8 (2): 65-73.
- Depieri, R. A., Martinez, S. S. dan Menezes. 2005. Compatibility Of The Fungus *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deuteromycetes) with of Neem Seeds and Leaves and The Emulsible Oil. Neotropical Ent. 34 (4): 601-606.
- Dibyantoro, L. H., Gunawan, O. S., Soeriaatmadja, R. E., Sulastrini, I. dan Suparman, M. 1994. Deteksi Residu Pestisida pada Wortel dan Seledri di Beberapa Sentra Produksi. Di Jawa Barat dan Jawa Tengah. Bul. Penel. Hort. 27 (1): 89-98.
- Edi, S. dan Julistia, B. 2010. Budidaya Tanaman Sayuran. Jambi : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP).
- Elawati, N. E., Pujiyanto, S. dan Kusdiyantini, E. 2018. Karakteristik dan Sifat Kinetika Enzim Kitinase Asal Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana*. Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia. 5 (1).
- Elzinga, R. J. 1978. Fundamental of Entomology. New Delhi: Prentice Hall of India Private Limited.

- Endiansyah, F. R. 2017. Pengaruh Insektisida Mipc terhadap Perkembangan Populasi Wereng Batang Coklat dan Kompatibilitasnya dengan Jamur *Beauveria bassiana*. Thesis. Universitas Brawijaya. Malang.
- Er, M. K. dan Gokce, A. 2004. Effects of selected pesticides used against glasshouse tomato pests on colony growth and conidial germination of *Paecilomyces fumosoroseus*. J. Biol. Contr. 31 (3): 398-404.
- Espingel-Ingroff, A. 2001. Mechanism of resistance to antifungal agents: Yeasts and filamentous Fungi. Rev. Iberoam Micol. 25: 101-106.
- Faraji, S., Shadmehri, A. D. dan Mehrvar, A. 2016. Compatibility of entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* *Metarhizium anisopliae* with Some Pesticides. Journal of Entomological Society of Iran. 36 (2): 137-146.
- Fauziah, F. dan Rohdiana. 2016. Kompatibilitas jamur Entomopatogenik *Paecilomyces fumosoroseus* dengan Beberapa Bahan Aktif Pestisida Secara *In Vitro*. Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung. Jurnal Agro. 3 (2).
- Feng, M., Chen, G. B. dan Ying, S. H. 2004. Trials of *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces fumosoroseus*, and imidacloprid for management of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleurodidae) on greenhouse grown lettuce. Biocontr. Sci dan Technol. 14: 531-544.
- Ferron, P. 1978. Biological control of insect pests by entomogenous fungi. Ann. Rev. Entomol. 23: 409-442.
- Ferron, P. 1981. Pest Control by The Fungi *Beauveria* and *Metarhizium*. In H.D.Burges (Ed). Microbial Control of Pest and Plant Diseases 1970-1980. First ed. London: Academic Press.
- Gabriel B. P. dan Riyatno. 1989. *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sor: Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikasinya. Jakarta: Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan, Departemen Pertanian.
- Gnanaprakasam, A. R., Sundaram, J., Stephen, Samuel, D., Baskar, K. dan Vincent, S. 2011. Compatibility of entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin isolated from Pulney hills, Western Ghats of Tamil Nadu with insecticides and fungicides. ([http://www.eliirpublisher.com/articles/1350647775_40%20\(2011\)%205563-5567.pdf](http://www.eliirpublisher.com/articles/1350647775_40%20(2011)%205563-5567.pdf) diunduh 30 Juni 2019).
- Hall, R. A. 1981. Laboratory studies on the effects of fungicides, acaricides and insecticides on the entomopathogenic fungus, *Verticillium lecanii*. Entomol. Exp.dan Appl. 29 (1): 39-48.
- Hamilton, J. T. dan Attia, F. I. 1977. Effect of mixtures of *Bacillus thuringiensis* and pesticide *xylostella* and the parasite *Thyraeella collaris*. J. Econ. Entomol. 70 (1): 146-148.
- Hansen, P. J. 2000. Use of a Hemocytometer. Departement of Animal Sciences. University of Florida.
- Haryanto, E., Suhartini, T., dan Rahayu, E. 2001. Sawi dan Selada. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Hasyim, A. dan Azwana. 2003. Patogenisitas isolat *Beuveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin dalam mengendalikan hama penggerek bonggol pisang. *Cosmopolites sordidus* Germar. J. Hort. 13 (2).
- Hasyim, A., Setiawati, W., Hudayya, A. dan Luthfy. 2016. Sinergisme Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* Dengan Insektisida Kimia untuk Meningkatkan Mortalitas Ulat Bawang *Spodoptera exigua*. J. Hort. 26 (2): 257-266.
- Herlinda, S., Utama, M. D., Pujiastuti, Y., dan Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beuveria bassiana* (Bals.) Akibat Subkultur dan Pengayaan Media, serta Virulensinya terhadap Larva *Plutella xylostella* (Linn). J. HPT Tropika. 6 (2): 70-78.
- Hidayati, Y. A., Benito, Tb. dan Kurnani, A. 2011. Reduksi Abamectin pada Cacing Tanah (*Lumbricus rubellus*) melalui proses Pengolahan Tepung Cacing. 11 (1): 13-16.
- Hiromori, H. dan Nishigaki, J. 1998. Joint action of an entomopathogenic fungus (*Metarhizium anisopliae*) with synthetic insecticides against the Scarab beetle, *Anomala cuprea* (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae. Appl. Entomol. Zool. 33: 77-84.
- Humber, R. A. 2005. Entomopathogenic Fungal Identification. *USDA-ARS Plant Protection Research Unit*. Ithaca.
- Kalshoven, L. E. G. 1981. The Pest of Crops in Indonesia. Revised and Translated By P.A. Van der laan. Jakarta: PT. Ichtiar Baru-Van Hoeve.
- Kalshoven, L. E. G. 1981. Pest Control by The Fungi *Beuveria* and *Metarhizium* In H.D.Burges (Ed). Microbial Control of Pestand Plant Diseases 1970-1980. First ed. London: Academic Press.
- Kary, N. E. dan Alizadeh. 2011. Effects of Sub-Culturing on Genetic and Physiological Parameters in Different *Beuveria bassiana* Isolates. Journal of invertebrate pathology. 145: 62-67.
- Kola, V. S. R., Renuka, P., Madhav, M. S. dan Mangrauthia, S. K. 2015. Key enzymes and proteins of crop insects as candidate for RNAi based gene silencing. Front. Physiol. 6 (119): 1-15.
- Lankas, G. R. dan Gordon, L. R. 1989. Toxicology in W.C. Campbell (ed.): Ivermectin and Abamectin. Springer-Verlag, NY.
- Legwails, M. M., David C. M., Baone C. K. dan Motshwari, O. 2014. Effectiveness of Cypermethrin Against Diamontback Moth (*Plutella xylostella* L.) Eggs and Larvae on Cabbage under Bostwana Conditions. African Journal of Agricultural Research. 9 (51): 3704-3710.
- Loria, R., Galaini, S., dan Roberts, D. W. 1983. Survival of inoculum of the entomopathogenic fungus *Beuveria bassiana* as influenced by fungicides. Environ. Entomol. 12: 1724-1726.
- Meister, R. T. (ed.). 1992. Farm Chemicals Handbook '92. Meister Publishing Company, Willoughby, OH.

- Moekasan, T. K. dan Basuki, R. S. 2007. Status Resistensi *Spodoptera exigua* Hubn. pada Tanaman Bawang Merah Asal Kabupaten Cirebon, Brebes, dan Tegal terhadap Insektisida yang umum digunakan Petani di Daerah Tersebut. *J. Hort.* 17 (4): 343-354.
- Moorhouse, E. R., Gillespie, A. T., Sellers, E. K. dan Charnley, A. K. 1992. Influence of fungicides and insecticides on the entomogenous fungus *Metarhizium anisopliae*, a pathogen of vine weevil *Otiiorhynchus sulcatus*. *Biocontrol. Sci. Tech.* 2: 49-58.
- National Bureau of Agricultural Insect Resources. 2013. Insects In Indian Agroecosystems Resources. <http://www.nbair.res.in/insectpests/Crocidolomia-pavonana.php>. (Diunduh, 6 Mei 2019).
- Negara, A. 2003. Penggunaan Analisis Probit untuk Penggunaan Tingkat Kepekaan Populasi *Spodoptera exigua* terhadap Deltametrin di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Informatika Pertanian.* 12.
- Neves, P. M. O. J., Edson, H., Paulo, T. T. dan Alcides, M. 2001. Compatibility of Entomopathogenic Fungi with Neonicotinoid Insecticides. *Neotropical Entomology.* 30 (2): 263.
- Okoh, A. I. 2006. Biodegradation alternative in the clean up of petroleum hydrocarbon pollutants. *Biotechnol and Molecular Biology Review.* 1 (2): 38-50
- Pachamuthu, P. dan Shripatt. 2000. In vivo study on combined toxicity of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) strain ESC-1 with sublethal doses of chlorpyrifos, propetamphos, and cyfluthrin against *German cockroach* (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Econ. Entomol.* 93 (1): 60-70.
- Pachamuthu, P., Kamble, S. T. dan Yuen, G. 1999. Virulence of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) strain ESC-1 to *German cockroach* (Dictyoptera: Blattellidae) and its compatibility with insecticides. *J. Econ. Entomol.* 92: 340-346.
- Pfeifer, K. 1993. Abamectin Avert Prescription Treatment 310. U.S. Environmental Protection Agency, California. 71 hlm.
- Prasasya, A. A. 2008. Uji Efikasi Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* Balsamo dan *Metarhizium anisopliae* (Metch). Sorokin Terhadap Mortalitas Larva *Phragmatoecia castanae* Hubner. (Skripsi). Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 53 hlm.
- Pratami, G. D., Raffiudin, R. dan Samudra, I. M. 2016. Karakteristik Morfologi Tiga Genus Serangga Penggerek (Lepidoptera: Pyraloidea). *J.HPT Tropika.* 16 (2): 155 –164.
- Prayogo dan Tantawizal. 2015. Efikasi Biopestisida *Beauveria bassiana* Pada Kepik Cokelat. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2015 . Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Hlm. 284-295.

- Prayogo, Y., Afandi, A., Puspitarini, R. D. dan Rachmawati, R. Q. 2017. Penambahan Senyawa Kitin untuk Meningkatkan Virulensi Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* dalam Membunuh Serangga Hama. Buletin Palawija. 15 (1): 32-44.
- Prijono, D. dan Hassan, E. 1992. Life Cycle and Demography of *Crocidolomia binotalis* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) on Broccoli in the Laboratory. Indonesian Journal of Tropical Agriculture. 4: 18-24.
- Purnama, P. C., Nasiti S. C. dan Situmorang, J. 2003. Uji Patogenesitas Jamur *Beauveria bassiana* pada *Aphis craccivora*.. Jurnal Bio smart. 5 (2): 81-88.
- Purnomo, H. 2010. Pengantar Pengendalian Hayati. [http://books.cendawanentomopatogen Beauveria.co.id](http://books.cendawanentomopatogen.Beauveria.co.id). Diunduh 7 Juli 1019.
- Purwar, J. P. dan Sachan, G. C. 2006. Synergistic effect of entomogenous fungi on some insecticides against Bihar hairy caterpillar *Spilarctia oblique* (Lepidoptera: Arctiidae). Microbiol. Res. 161 (1): 38-42.
- Quintela, D. E. dan McCoy, C. W. 1998. Synergistic effect of imidacloprid and two entomopathogenic fungi on the behavior and survival of larvae of *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae) in soil. J. Econ. Entomol. 91: 110-112.
- Ramdhania, D., Achmad dan Noor, F. H. 2015. Pertumbuhan Radial dan Produksi Biomassa Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* pada berbagai Media. Tesis. Fakultas Kehutanan IPB. Jurnal Silvikultur Tropika. 6 (1): 55-58.
- Reddy, D. S., Nagaraj, R., Latha, M. P. dan Chowdary, R. 2014. Comparative evaluation of novel acaricides against two spotted spider mite. *Tetranychus urticae* Koch. infesting cucumber (*Cucumis sativus*) under laboratory and green house conditions. The Bioscan. 9 (3): 1001-1005.
- Riswanto, 2009. Uji Efektifitas Peptisida Nabati Terhadap Hama *Spodoptera litura* (Lepidoptera:Noctuidae) Pada Tanaman Tembakau (*Nicotiana tabacum* L). Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara: Medan.
- Salama, H. S., Foda, M. S., Zaki, F. N. dan Moawad, S. 1984. Potency of combinations of *Bacillus thuringiensis* and chemical insecticides on *Spodoptera littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 77: 885-890.
- Saleem, A., Shoab, F., Asifa, H., Hafiza T. G., Muhammad, A., Muhammad, N. M., Muhammad, N. dan Muhammad, B. K. 2012. Compatibility of *Metarhizium anisopliae* with different insecticides and fungicides. African Journal of Microbiology Research. 6 (17): 3956-3962.
- Sari, N. J. 2002. Biologi *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae) pada Pakan Alami dan Pakan Sembuatan. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

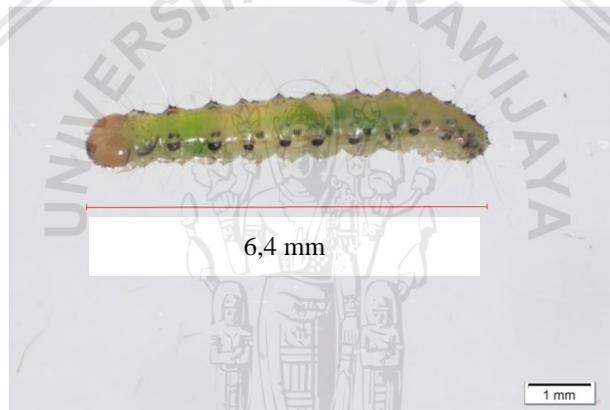
- Sastrosiswojo, S. dan Setiawati, W. 1992. Biologi and control of *Crocidolomia binotalis* Zell. (Lepidoptera: Pyralidae) in Indonesia. Di dalam: Talekar NS, editor Diamond Moth and Other crucifer Pests. Proceedings of the Second International workshop; 1990 Dec 10-14; Tainan. Taiwan (TW) AVRDC. Hlm. 81-87.
- Sastrosiswojo, S. 1987. Perpaduan Pengendalian secara Hayati dan Kimiawi Hama Ulat Daun Kubis (*Plutella xylostella* L. Lep: Yponomeutidae) pada Tanaman Kubis. Disertasi. Fakultas Pasca Sarjana UNPAD. Bandung.
- Sastrosiswojo, S., Koestoni, T. dan Sukwida, A. 1989. Status Resistensi *Plutella xylostella* L. Strain Lembang terhadap Beberapa Jenis Insektisida Golongan Organofosfat, Pyretroid Sintetik dan Benzoil Urea. Bul. Penel. Hort. 18 (1): 85-93.
- Serebrove, V. V., Khodyrev, V. P., Gerber, O. N. dan Tsvetkova, V. P. 2005. Perspectives of combined use of entomopathogenic fungi and chemical insecticides against Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). Mikologi I Fitopatologiya. 39 (3): 89-98.
- Setiawati, W., Hasyim, A., Hudayya, A. dan Shepard, B. M. 2014. Evaluation of shade nets and nuclear polyhedrosis virus (SeNPV) to control *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on shallot in Indonesia. AAB Bioflux 2014. 6 (1): 88-97.
- Soeriatmadja., R. E., Dabyantoro A. L. H. dan Sulastrini, I. 1993. Residu Insektisida pada Tanaman Sayuran di Sentra Produksi Tanaman Sayuran Dataran Rendah Provinsi DT I Jawa Tengah dan DI Yogyakarta. Bul. Penel. 25 (3): 72-78.
- Soetopo, D. dan Indrayani, I. 2007. Status Teknoogi dan Prospek *Beauveria bassiana* Untuk Pengendalian Serangga Hama Tanaman Perkebunan Yang Ramah Lingkungan. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat. Malang. 18 hlm.
- Steinhaus, E. A. 1949. Principles of Insect Pathology. New York: McGraw Hill Book Co.
- Surahmat, E. C. dan Prijono, D. 2002. Gangguan Biologi pada *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae) Akibat Perlakuan dengan Ekstrak Biji *Aglaiia odoratissima* Blume (Meliaceae). J. Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika. 2 (2): 35-41.
- Suseno, S. M., Edy ,B. M. S. dan Riwanti, B. 2016. Respon *Cylindrocladium* sp. terhadap Fungisida Berbahan Aktif Metiram Secara In Vitro. Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara.
- Tantawizal, A. I. dan Yusmani, P. 2015. Potensi Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin Untuk Mengendalikan Hama Boleng *Cylas formicarius* F. pada Tanaman Ubi jalar. Buletin Palawija. No. 29.
- Toronto Research Chemicals. 2016. <https://www.trc-canada.com/product-detail/?CatNum=A794665>. (Diunduh 30 Juli 2019)

- Trizelia dan Rusdi, R. 2012. Kompatibilitas Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill (Deuteromycotina: Hyphomycetes) dengan Minyak Serai Wangi. J. HPT Tropika. 12 (1): 78-84.
- Trizelia. 2005. Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* Bals. Vuill. (Deuteromycotina: Hyphomycetes): Keragaman Genetik, Karakteristik Fisiologis dan Virulensinya terhadap *Crocidolomia pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae). Online: <http://repository.ipb.ac.id>. (Diunduh 3 Mei 2019).
- Uhan, T. S. 1993. Kehilangan Hasil Penen Kubis karena Ulat Krop Kubis (*Crocidolomia binotalis* Zell) dan Cara Pengendaliannya. J. Hort. 3 (2): 22-26.
- Untung, K. 2006. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu (edisi kedua). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Villani, M. G., Krueger, S. R. dan Nyrop, J. P. 1992. A case study of the impact of the soil environment on insect/pathogen interactions: Scarabs in turfgrass. In: use of pathogens in Scarab pest management. Jackson (Eds.): Glare T.R. dan TA. Intercept, Hampshire. Hlm. 111-126.
- Wahyudi, P. 2008. Enkapsulasi propagul jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* menggunakan alginat dan pati jagung sebagai produk Mikoinsektisida. Jurnal Ilmu kefarmasian Indonesia. 6 (2): 51-56.
- Wang, H. Y., Yang, Y., Su, J. Y., Shen, J. L., Gao, C. F. dan Zhu, Y. C. 2008. Assesment of the Impact of Insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Pang et Wang) (Hymenoptera: Mymaridae), an Egg Parasitoid of the Rice Planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). Crop Protection. 27: 514-522.
- Weintraub, P. G. 1999. Effects of cyromazine and abamectin on the leafminer, *Liriomyza huidobrensis* and its parasitoid, *Diglyphus isaea* in celery. Ann. Ap. Biol. 135 (3): 547-554.
- Yunisman. 2008. Uji Kompatibilitas Jamur *Beauveria bassiana* dengan Ekstrak Air Daun Sirsak (*Annona muricata*; Annonaceae) untuk Pengendalian Hama *Crocidolomia pavonana* F (Lepidoptera: Pyralidae). Working Paper. Fakultas Pertanian. Universitas Andalas.

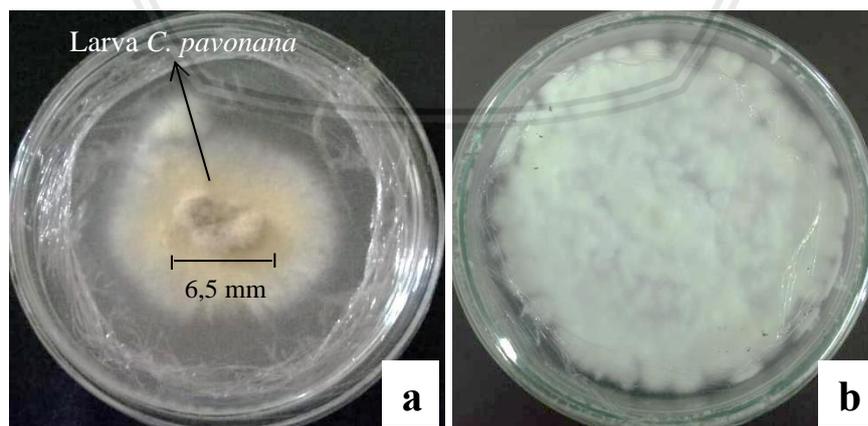
LAMPIRAN



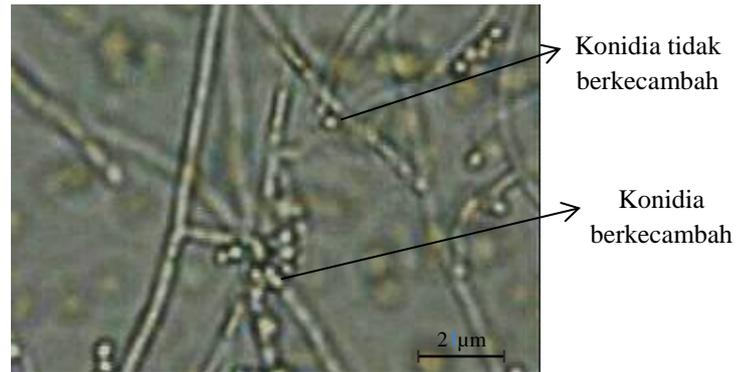
Gambar Lampiran 1. (a) Penanaman dan Pemanenan Sawi Bebas Insektisida (b) Rangkaian Proses Rearing di Sangkar



Gambar Lampiran 2. Larva *Crocidolomia pavonana*



Gambar Lampiran 3. (a) Hasil isolasi *B. bassiana* pada serangga uji yang terinfeksi selama 3 HSI (b) Jamur *B. bassiana* full plate hasil dari purifikasi 14 HSI



Gambar Lampiran 4. Gambar Mikroskopis Jamur *B. bassiana* pada Perlakuan Kontrol dengan Perbesaran 40x10

Konsentrasi (ppm)	Gambar Spora (4 HSI)	Konsentrasi (ppm)	Gambar Spora (4 HSI)
0		375	
125		500	
250		1000	

Gambar Lampiran 5. Pertumbuhan Spora *B. bassiana* pada Masing-masing Perlakuan di Cawan Petri

Tabel Lampiran 1. Analisis Ragam Persentase Mortalitas *C. pavonana* 12 Jam Setelah Aplikasi Bioinsektisida *B. bassiana*

Sumber	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5 %	1%	
Kelompok	3	0,11	0,04	0,98	<i>ns</i>	3,49	5,95	0,434
Perlakuan	4	1,05	0,26	6,94	**	3,26	5,41	0,004
Galat	12	0,45	0,04					
Total	19	1,61						

Tabel Lampiran 2. Analisis Ragam Persentase Mortalitas *C. pavonana* 24 Jam Setelah Aplikasi Bioinsektisida *B. bassiana*

Sumber	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5 %	1%	
Kelompok	3	0,08	0,03	0,78	<i>ns</i>	3,49	5,95	0,529
Perlakuan	4	1,86	0,47	14,08	**	3,26	5,41	0,000
Galat	12	0,40	0,03					
Total	19	2,34						

Tabel Lampiran 3. Analisis Ragam Persentase Mortalitas *C. pavonana* 48 Jam Setelah Aplikasi Bioinsektisida *B. bassiana*

Sumber	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5 %	1%	
Kelompok	3	0,22	0,07	2,06	<i>ns</i>	3,49	5,95	0,160
Perlakuan	4	2,15	0,54	15,35	**	3,26	5,41	0,000
Galat	12	0,42	0,03					
Total	19	2,78						

Tabel Lampiran 4. Analisis Ragam Persentase Mortalitas *C. pavonana* 12 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Abamectin

Sumber	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5 %	1%	
Kelompok	3	0,06	0,02	1,35	<i>ns</i>	3,49	5,95	0,304
Perlakuan	4	2,21	0,55	37,23	**	3,26	5,41	0,000
Galat	12	0,18	0,01					
Total	19	2,45						

Tabel Lampiran 5. Analisis Ragam Persentase Mortalitas *C. pavonana* 24 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Abamectin

Sumber	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5 %	1%	
Kelompok	3	0,07	0,02	1,74	<i>ns</i>	3,49	5,95	0,212
Perlakuan	4	1,76	0,44	33,14	**	3,26	5,41	0,000
Galat	12	0,16	0,01					
Total	19	1,99						

Tabel Lampiran 6. Analisis Ragam Persentase Mortalitas *C. pavonana* 48 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Abamectin

Sumber	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5 %	1%	
Kelompok	3	0,05	0,02	0,67	<i>ns</i>	3,49	5,95	0,585
Perlakuan	4	1,29	0,32	13,28	**	3,26	5,41	0,000
Galat	12	0,29	0,02					
Total	19	1,63						

Tabel Lampiran 7. Analisis Ragam Persentase Mortalitas *C. pavonana* 12 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Campuran

Sumber	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5 %	1%	
Kelompok	3	0,08	0,03	0,44	<i>ns</i>	3,49	5,95	0,732
Perlakuan	4	2,25	0,56	9,02	**	3,26	5,41	0,001
Galat	12	0,75	0,06					
Total	19	3,08						

Tabel Lampiran 8. Analisis Ragam Persentase Mortalitas *C. pavonana* 24 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Campuran

Sumber	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5 %	1%	
Kelompok	3	0,07	0,02	1,74	<i>ns</i>	3,49	5,95	0,212
Perlakuan	4	1,76	0,44	33,14	**	3,26	5,41	0,000
Galat	12	0,16	0,01					
Total	19	1,99						

Tabel Lampiran 9. Analisis Ragam Persentase Mortalitas *C. pavonana* 48 Jam Setelah Aplikasi Insektisida Campuran

Sumber	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5 %	1%	
Kelompok	3	0,16	0,05	2,03	<i>ns</i>	3,49	5,95	0,163
Perlakuan	4	0,24	0,06	2,30	<i>ns</i>	3,26	5,41	0,118
Galat	12	0,31	0,03					
Total	19	0,71						

Tabel Lampiran 10. Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni *B. bassiana* 1 Hari Setelah Inokulasi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		P-value	
					5 %	1%		
Perlakuan	5	18,84	3,77	24,12	**	2,77	4,25	0,000
Galat	18	2,81	0,16					
Total	23	21,66						

Tabel Lampiran 11. Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni *B. bassiana* 2 Hari Setelah Inokulasi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		P-value	
					5 %	1%		
Perlakuan	5	75,64	15,13	27,27	**	2,77	4,25	0,000
Galat	18	9,98	0,55					
Total	23	85,62						

Tabel Lampiran 12. Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni *B. bassiana* 3 Hari Setelah Inokulasi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		P-value	
					5 %	1%		
Perlakuan	5	144,18	28,84	24,66	**	2,77	4,25	0,000
Galat	18	21,05	1,17					
Total	23	165,23						

Tabel Lampiran 13. Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni *B. bassiana* 4 Hari Setelah Inokulasi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		P-value	
					5 %	1%		
Perlakuan	5	342,68	68,54	82,76	**	2,77	4,25	0,000
Galat	18	14,91	0,83					
Total	23	357,58						

Tabel Lampiran 14. Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni *B. bassiana* 5 Hari Setelah Inokulasi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		P-value	
					5 %	1%		
Perlakuan	5	465,51	93,10	41,46	**	2,77	4,25	0,000
Galat	18	40,42	2,25					
Total	23	505,93						

Tabel Lampiran 15. Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni *B. bassiana* 6 Hari Setelah Inokulasi

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		P-value
					5 %	1%	
Perlakuan	5	525,58	104,52	48,96 **	2,77	4,25	0,000
Galat	18	38,42	2,13				
Total	23	561,00					

Tabel Lampiran 16. Analisis Ragam Persentase Diameter Koloni *B. bassiana* 7 Hari Setelah Inokulasi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		P-value
					5 %	1%	
Perlakuan	5	410,83	82,17	36,98 **	2,77	4,25	0,000
Galat	18	40,00	2,22				
Total	23	450,83					

Tabel Lampiran 17. Analisis Ragam Persentase Sporulasi *B. bassiana* 7 Hari Setelah Inokulasi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		P-value
					5 %	1%	
Perlakuan	5	479,05	96,81	6,44 **	2,77	4,25	0,001
Galat	18	267,92	14,88				
Total	23	746,97					

Tabel Lampiran 18. Analisis Ragam Persentase Persentase Daya Kecambah *B. bassiana* 7 Hari Setelah Inokulasi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung	F-tabel		P-value
					5 %	1%	
Perlakuan	5	224,11	44,82	0,73 ns	2,77	4,25	0,606
Galat	18	1100,92	61,16				
Total	23	1325,02					