



**UJI TOKSISITAS SENYAWA DESTRUKSIN DARI BEBERAPA
ISOLAT *Metarhizium anisopliae* TERHADAP
ULAT GRAYAK *Spodoptera litura* F.**

SKRIPSI

Oleh:
Shinta Sawa Assabila
NIM. 171510701056

**PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2021**



**UJI TOKSISITAS SENYAWA DESTRUKSIN DARI BEBERAPA
ISOLAT *Metarhizium anisopliae* TERHADAP
ULAT GRAYAK *Spodoptera litura* F.**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Proteksi Tanaman (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Pertanian

Oleh:

**Shinta Sawa Assabila
NIM. 171510701056**

Dosen Pembimbing Skripsi:

Ir. Sigit Prastowo, M.P

**PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2021**

PERSEMBAHAN

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta Ibu Siti Maesaroh dan Bapak Sirot Judin atas semua ketulusan serta kasih sayang yang tak terhingga, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini hingga mendapat gelar Sarjana Pertanian;
2. Seluruh Guru SD hingga SMA, dan segenap dosen Fakultas Pertanian Universitas Jember, khususnya di Program Studi Proteksi Tanaman yang telah memberikan ilmu, pengalaman dan fasilitas selama saya menempuh pendidikan S1;
3. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember;
4. Dinas Pendidikan Kabupaten Banyuwangi yang telah memberikan beasiswa.

MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah : 5-6)

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Q.S. Al-Baqarah : 286)

“Do the things you think you can't do”

(Eleanor Roosevelt)

“Life too mysterious for you to take it too seriously”

(Mary Engelbreit)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shinta Sawa Assabila

NIM : 171510701056

Menyatakan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “**Uji Toksisitas Senyawa Destruksin dari Beberapa Isolat *Metarhizium anisopliae* Terhadap Ulat Grayak *Spodoptera litura* F.**” adalah benar-benar hasil karya penulis sendiri, kecuali jika pengutipan substansi disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya tulis plagiasi. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Agustus 2021

Yang menyatakan

Shinta Sawa Assabila
NIM . 171510701056

SKRIPSI

**UJI TOKSISITAS SENYAWA DESTRUKSIN DARI BEBERAPA
ISOLAT *Metarhizium anisoliae* TERHADAP
ULAT GRAYAK *Spodoptera litura* F.**

Oleh:

Shinta Sawa Assabila

NIM. 171510701056

Pembimbing

Dosen Pembimbing Skripsi: Ir. Sigit Prastowo, M.P.
NIP. 196508011990021001

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “**UJI TOKSISITAS SENYAWA DESTRUKSIN DARI BEBERAPA ISOLAT *Metarhizium anisopliae* TERHADAP ULAT GRAYAK *Spodoptera litura* F.**” telah diuji dan disahkan pada:

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Skripsi,

Ir. Sigit Prastowo, M.P.
NIP. 196508011990021001

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Ir. Wagiyana, M.P.
NIP. 196108061988021001

Nanang Tri Haryadi, S.P., M.Sc.
NIP. 198105152005011003

**Mengesahkan,
Dekan,**

Prof. Dr. Ir. Soetriono, M.P.
NIP. 196403041989021001

RINGKASAN

UJI TOKSISITAS SENYAWA DESTRUKSIN DARI BEBERAPA ISOLAT *Metarhizium anisopliae* TERHADAP ULAT GRAYAK *Spodoptera litura* F.; SHINTA SAWA ASSABILA, 171510701056; Program Studi Proteksi Tanaman; Fakultas Pertanian; Universitas Jember.

Spodoptera litura F. atau ulat grayak merupakan salah satu hama *polyfag* atau menyerang lebih dari 2 tanaman inang. Serangan hama ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) pada tanaman mengakibatkan kerugian sebesar 40%. Teknologi pengendalian dengan pestisida kimia yang digunakan untuk pengendalian dapat meninggalkan residu pada tanah dan lingkungan. Hal tersebut yang menjadi bahan pertimbangan dalam melakukan pengendalian secara hayati yang ramah lingkungan, pengendalian hayati dapat menggunakan Agen Pengendali Hayati seperti *Metarhizium anisopliae*. *M. anisopliae* dapat menghasilkan metabolit sekunder sebagai pengendalian hama. Metabolit yang bersifat toksin dan dapat membunuh hama salah satunya yaitu senyawa destruksin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui toksisitas dari senyawa destruksin dari beberapa isolate *M. anisopliae* terhadap *S. litura*. Isolat tersebut merupakan koleksi dari Bapak Ir. Sigit Prastowo, M.P di Laboratorium Teknologi Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman, Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan tersebut terdiri dari A= Senyawa destruksin dari isolat *M. anisopliae* asal Kalimantan Timur (Balairiam), B= Senyawa destruksin dari isolat *M. anisopliae* asal asal Madura, C= Senyawa destruksin dari isolat *M. anisopliae* asal Jember, D= Senyawa destruksin dari isolat *M. anisopliae* asal Situbondo dan K= Kontrol. Semua perlakuan dalam penelitian ini menggunakan konsentrasi 1000 ppm. Variabel pengamatan yang digunakan adalah mortalitas larva *S. litura*, toksisitas dan kemampuan makan larva. Kematian larva dari hasil mortalitas ditentukan perlakuan yang paling toksik dan kemudian dilanjutkan dengan uji toksisitas dengan menggunakan isolat tersebut.

Uji toksisitas dilakukan untuk menentukan nilai LC_{50} dan LT_{50} , konsentrasi yang digunakan untuk uji toksisitas yaitu 300, 600, 900, 1200 dan 1500 ppm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa destruksin yang diuji mempunyai mortalitas yang berbeda, presentase tertinggi berasal dari isolat asal Kaltim (Balairiam) sebesar 50%. Nilai LC_{50} diketahui mencapai konsentrasi 1245,15 ppm ($Y = 0,042x + 6$) mampu membunuh 50% larva *S. litura*. Nilai LT_{50} konsentrasi yang memiliki waktu paling cepat untuk membunuh 50% larva *S. litura* yaitu 1500 ppm selama 5,07 hari. Pemberian senyawa destruksin tidak berpengaruh terhadap kemampuan makan larva *S. litura* dengan pakan daun jarak kepyar.

SUMMARY

TOXICITY TESTS OF DESTRUXIN COMPOUNDS FROM SOME *Metarhizium anisopliae* ISOLATES AGAINST THE ARMYWORM OF *Spodoptera litura* F.; SHINTA SAWA ASSABILA, 171510701056; Plant Protection Study Program; Faculty of Agriculture; University of Jember.

Spodoptera litura F. or armyworm is a pest *polyphagous* or attacks more than 2 host plants. Armyworm (*Spodoptera litura* F.) on plants resulted in a loss of 40%. Control technology with chemical pesticides used for control can leave residues on the soil and the environment. This is a consideration in carrying out environmentally friendly biological control, biological control can use Biological Control Agents such as *Metarhizium anisopliae*. *M. anisopliae* can produce secondary metabolites as pest control. Metabolites that are toxic and can kill pests, one of which is a destruxin compound. This study aims to determine the toxicity of the destruxin compound from several isolates of *M. anisopliae* against *S. litura*. The isolate is a collection of Mr. Ir. Sigit Prastowo, MP at the Laboratory of Plant Pest Organism Control Technology, Plant Protection Study Program, Faculty of Agriculture, University of Jember.

This study used a non-factorial completely randomized design (CRD) with 5 treatments and 3 replications. The treatments consisted of A= destruxin compound from isolate *M. anisopliae* from East Kalimantan (Balairiam), B= Destruxin compound from isolate *M. anisopliae* from Madura, C= Destruxin compound from isolate *M. anisopliae* from Jember, D= Destruxin compound from isolates of *M. anisopliae* from Situbondo and K= Control. All treatments in this study used a concentration of 1000 ppm. The observation variables used were mortality of larvae *S. litura*, toxicity and feeding ability of larvae. The mortality of larvae from mortality results was determined by the most toxic treatment and then continued with toxicity tests using these isolates. Toxicity tests were carried out to determine the LC values₅₀ and LT₅₀, the concentrations used for the toxicity test were 300, 600, 900, 1200 and 1500 ppm.

The results showed that the tested destruxin compounds had different mortality, the highest percentage came from isolates from East Kalimantan

(Balairiam) by 50%. The LC_{50} value is known to reach a concentration of 1245,15 ppm ($Y = 0,042x + 6$) capable of killing 50% of *S. litura* larvae. The LT_{50} concentration value which has the fastest time to kill 50% of *S. litura* larvae is 1500 ppm for 5,07 days. The administration of destruxin compounds did not affect the feeding ability of *S. litura* larvae with castor bean leaves.



PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Yang senantiasa melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Uji Toksisitas Senyawa Destruksin dari Beberapa Isolat *Metarhizium anisoliae* Terhadap Ulat Grayak *Spodoptera litura* F.”**. Skripsi ini diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana pada Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Keberhasilan selama penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Soetriono, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
2. Ir. Syaifuddin Hasjim, M.P. selaku Koordinator Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. Nanang Tri Haryadi, S.P., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa.
4. Ir. Sigit Prastowo, M.P. selaku Dosen Pembimbing Skripsi (DPS) untuk waktu, arahan, bimbingan, motivasi dan kesabaran selama penyusunan skripsi ini.
5. Ir. Wagiyana, M.P. selaku Dosen Penguji I dan Nanang Tri Haryadi, S.P., M.Sc. selaku Doen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran demi menyempurnakan penyusunan skripsi ini.
6. Kedua orang tua tercinta Ibu Siti Maesaroh dan Bapak Sirot Judin yang telah memberikan do'a, kasih sayang, dorongan, serta semangat secara moral dan materi mulai dari awal hingga terselesaikannya skripsi ini mendapat gelar Sarjana Pertanian.
7. Dinas Pendidikan Kabupaten Banyuwangi yang telah memberikan beasiswa selama masa studi sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
8. Keluarga Iman Rejo yang memberikan do'a, dukungan dan semangat secara moral dan materi untuk menyelesaikan skripsi ini.

9. Sahabat-sahabat saya Yesy Ayu Nengtiyas, Afi Azimatun Najakhah, Hadi Susanto, Luckyta Anjasari dan Slamet Fauzi yang selalu membantu, memberi semangat, motivasi dan dukungan penuh untuk menyelesaikan skripsi ini.
10. Tim Metar Hadi, Fitriana dan Adinda atas dukungan, kerjasama dan bantuan selama penelitian.
11. Keluarga besar PBC (Program Banyuwangi Cerdas) yang menjadi rekan dalam berbagi, bertukar pikiran dalam membentuk pribadi yang lebih baik.
12. Keluarga besar IMHPT sebagai tempat berproses, telah memberikan ilmu dan pengetahuan berorganisasi serta kekeluargaan.
13. Keluarga besar Proteksi Tanaman 2017 atas kenangan, kebersamaan, suka duka selama perkuliahan.
14. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
15. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, for just being me all times.*

Semoga karya ilmiah tertulis ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan penulis menyadari bahwa karya ilmiah ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengucapkan mohon maaf dan terima kasih jika ada kritik dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun selalu penulis harapkan untuk perbaikan selanjutnya.

Jember, Agustus 2021

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN	iv
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	ix
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Ulat Grayak <i>S. litura</i>	5
2.2 Cendawan Entomopatogen <i>M. anisopliae</i>	6
2.3 Senyawa Destruksin	7
2.4 Hipotesis	9
BAB 3. METODE PENELITIAN	10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	10
3.2 Persiapan Penelitian	10
3.2.1 Alat.....	10
3.2.2 Bahan	10
3.3 Rancangan Percobaan	10
3.4 Prosedur Penelitian	11
3.4.1 Persiapan Bahan Penelitian.....	11
3.4.2 Pembuatan Media Czapek-DOX Broth	11
3.4.3 Persiapan Isolat <i>M. anisopliae</i>	11
3.4.7 Uji Toksisitas Senyawa Destruksin terhadap Ulat Grayak	12
3.5 Variabel Pengamatan	12
3.5.1 Mortalitas Ulat Grayak (<i>S. litura</i> F.).....	12

3.5.2 Toksisitas Senyawa Destruksin	13
3.5.3 Kemampuan Makan Ulat Grayak (<i>S. litura</i> F.)	13
3.6 Analisis Data	14
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Hasil	15
4.1.1 Mortalitas Larva <i>S. litura</i>	15
4.1.2 Toksisitas Aplikasi Senyawa Destruksin <i>M. anisopliae</i> Terhadap Larva <i>S. litura</i>	17
4.1.3 Pengaruh Aplikasi Senyawa Destruksin Terhadap Kemampuan Makan <i>S. litura</i>	20
4.2 Pembahasan	22
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Kesimpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Larva <i>S. litura</i> (Sumber: Fattah dan Ilyas, 2016).....	5
Gambar 4.1	a. <i>S. litura</i> tanpa aplikasi; b. <i>S. litura</i> yang terserang senyawa destruksin; c. <i>S. litura</i> yang terserang dan gagal menjadi pupa.	15
Gambar 4.2	Pengaruh aplikasi senyawa destruksin dari beberapa isolat <i>M. anisopliae</i> terhadap presentase mortalitas larva <i>S. litura</i>	16
Gambar 4.3	Rata-rata mortalitas larva <i>S. litura</i> dari beberapa isolat pada pengamatan hari ke-7 setelah perlakuan	17
Gambar 4.4	Grafik regresi analisis probit LC ₅₀ senyawa destruksin terhadap <i>S. litura</i>	18
Gambar 4.5	Grafik regresi analisis probit LT ₅₀ senyawa destruksin pada konsentrasi 1200 ppm.....	19
Gambar 4.6	Grafik regresi analisis probit LT ₅₀ senyawa destruksin pada konsentrasi 1500 ppm.....	20
Gambar 4.7	Pengaruh senyawa destruksin terhadap kemampuan makan larva <i>S. litura</i>	21

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Mortalitas Larva <i>S. litura</i> pada Hari ke-2.....	29
Lampiran 2. Tabel Mortalitas Larva <i>S. litura</i> pada Hari ke-3.....	29
Lampiran 3. Tabel Mortalitas Larva <i>S. litura</i> pada Hari ke-4.....	30
Lampiran 4. Tabel Mortalitas Larva <i>S. litura</i> pada Hari ke-5.....	31
Lampiran 5. Tabel Mortalitas Larva <i>S. litura</i> pada Hari ke-6.....	32
Lampiran 6. Tabel Mortalitas Larva <i>S. litura</i> pada Hari ke-7.....	33
Lampiran 7. Data Perhitungan LC ₅₀ Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam)	34
Lampiran 8. Data Perhitungan LT ₅₀ Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam) Konsentrasi 300 ppm.....	34
Lampiran 9. Data Perhitungan LT ₅₀ Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam) Konsentrasi 600 ppm.....	36
Lampiran 10. Data Perhitungan LT ₅₀ Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam) Konsentrasi 900 ppm.....	37
Lampiran 11. Data Perhitungan LT ₅₀ Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam) Konsentrasi 1200 ppm.....	38
Lampiran 12. Data Perhitungan LT ₅₀ Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam) Konsentrasi 1500 ppm.....	40
Lampiran 13. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-1.....	41
Lampiran 14. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-2.....	43
Lampiran 15. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-3.....	43
Lampiran 16. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-4.....	44
Lampiran 17. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-5.....	44
Lampiran 18. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-6.....	45
Lampiran 19. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-7.....	45
Lampiran 20. Dokumentasi.....	46

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hama *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) atau ulat grayak merupakan salah satu hama *polyfag* atau menyerang lebih dari 2 tanaman inang, diantaranya yaitu kedelai, tembakau, sawi, kubis, kacang tanah, kentang, cabai dan tanaman sayuran lainnya (Hastuti dkk., 2017). Serangan hama ulat grayak (*S. litura*) pada tanaman mengakibatkan kerugian sebesar 40% (Prayogo dkk., 2005). Menurut Fattah dan Ilyas (2016), kerusakan akibat serangan ulat grayak dapat ditentukan oleh tingkat populasi hama, fase perkembangan hama, fase pertumbuhan tanaman serta jenis varietas yang ditanam. Teknologi pengendalian hama yang kurang mengalami kemajuan juga termasuk salah satu faktor kehilangan hasil, selain itu pestisida kimia yang digunakan untuk pengendalian secara kimia dapat meninggalkan residu pada tanah dan lingkungan. Faktor-faktor tersebut yang menjadi bahan pertimbangan dalam melakukan pengendalian secara hayati yang ramah lingkungan (Indriyani, 2017). Pengendalian secara hayati dapat dilakukan dengan penggunaan berbagai macam mikroorganisme, diantaranya yaitu menggunakan agen pengendali hayati (virus, bakteri, dan jamur) atau musuh alami (Sopialena, 2018). Pengendalian *S. litura* akhir-akhir ini menggunakan potensi Agens Pengendali Hayati (APH).

Teknik pengendalian secara terintegrasi dengan mengutamakan lingkungan sehat sangat dianjurkan, salah satunya dengan menggunakan APH (Agens Pengendali Hayati) atau dengan meningkatkan peran serangga sebagai musuh alami (Kartohardjono, 2011). Agen hayati tersebut dapat bersifat predator, parasit, parasitoid dan patogen. Pemanfaatan patogen-patogen seperti entomopatogen untuk mengendalikan hama lebih bersifat spesifik dan memiliki efek samping yang kecil dibandingkan dengan penggunaan pestisida kimia. Pengendalian hayati memiliki tujuan yang positif untuk mengurangi dampak negatif dari penggunaan pestisida kimia dalam mengendalikan organisme pengganggu tanaman. Salah satu entomopatogen yang potensial dalam

mengendalikan OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) yaitu cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin.

M. anisopliae merupakan salah satu dari 90 genus dan 700 spesies cendawan entomopatogen terhadap beberapa ordo serangga diantaranya yaitu Coleoptera, Lepidoptera, Homoptera, Hemiptera dan Isoptera. Cendawan *M. anisopliae* dapat hidup di dalam tanah sehingga dapat menjadi sumber infeksi potensial bagi serangga inangnya. Cendawan *M. anisopliae* dapat mengalami dormansi (tidak aktif) apabila belum menemukan inang yang akan diinfeksi, cendawan entomopatogen dengan hama atau inang dapat terjadi peluang infeksi apabila adanya kesamaan habitat antara keduanya (Thakur and Sandhu, 2010). Cendawan ini dapat melakukan penetrasi ke dalam tubuh inang melalui 2 cara yaitu tekanan mekanik dan bantuan toksin yang dikeluarkan cendawan tersebut (Hasyim dkk., 2016). Toksin yang dikeluarkan oleh *M. anisopliae* tersebut merupakan metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai pengendalian OPT.

Metabolit sekunder merupakan senyawa organik hasil metabolisme yang secara tidak langsung terlibat dalam proses siklus hidup suatu organisme secara normal. Metabolisme sekunder pada umumnya di proses pada akhir pertumbuhan organisme yang berupa sisa-sisa metabolisme, sehingga perlu dibuang karena sudah tidak dibutuhkan untuk organisme tersebut. APH (Agen Pengendali Hayati) memiliki tingkat pengendalian yang tinggi atau rendah dalam mengendalikan suatu OPT dipengaruhi oleh hasil metabolisme sekunder yang sudah tidak dibutuhkan oleh organisme (Soesanto, 2014). Metabolisme sekunder tersebut dapat berupa antibiotika, enzim, hormon dan toksin. Salah satu metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *M. anisopliae* adalah senyawa destruksin (Soesanto, 2014).

Senyawa destruksin adalah senyawa metabolit sekunder yang dikeluarkan oleh cendawan *M. anisopliae* yang bersifat racun. Senyawa destruksin terdiri dari asam α -valin, metal-alanin, dan β -alanin. Senyawa destruksin dikelompokkan menjadi enam bentuk yakni destruksin A, B, C, E, dan desmethyldestruksin B atau B₂ (Nuraini, 2016). Senyawa destruksin diproduksi terus-menerus oleh cendawan *M. anisopliae* selama berada di dalam tubuh larva atau inang sehingga dapat

mengganggu sistem imun pada serangga dan lama kelamaan serangga mengalami kematian. Selain mengganggu sistem imun pada serangga, senyawa destruksin yang beracun juga menyebabkan kerusakan pada sistem dan jaringan pencernaan, sehingga serangga kehilangan nafsu makan dan lama kelamaan akan mati (Indrayanti dkk., 2017).

Cendawan *M. anisopliae* pada umumnya lebih cenderung berkembang dan dimanfaatkan untuk pengendalian hama *Spodoptera exigua*, *Nezara Viridula*, *Leptocorisa acuta*, *Leptocorisa oratorius*, *Nilaparvata lugens*, *Oryctes rhinoceros* dan hama-hama lain (Setiawan, 2016). Perbanyakan cendawan *M. anisopliae* dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai media, salah satunya yaitu dengan menggunakan media PDA, media jagung maupun media cair. Penggunaan cendawan *M. anisopliae* sudah banyak dilakukan untuk pengendalian berbagai hama dan memiliki efektivitas yang tinggi, akan tetapi penggunaan senyawa destruksin yang dihasilkan oleh *M. anisopliae* masih belum banyak dikembangkan di Indonesia. Selain itu, dalam pengaplikasian APH tidak hanya dapat dilakukan secara langsung, akan tetapi dapat menggunakan senyawa metabolit turunannya yang bersifat toksik. Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian uji toksisitas senyawa destruksin dari cendawan *M. anisopliae* terhadap *S. litura*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang dilakukan, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana toksisitas senyawa destruksin dari beberapa isolat *M. anisopliae* yang dihasilkan dari perbanyakan media cair terhadap *S. litura*?
2. Bagaimana kemampuan makan *S. litura* setelah aplikasi senyawa destruksin dari beberapa isolat *M. anisopliae*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah penelitian di atas terdapat tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui toksisitas senyawa destruksin dari beberapa isolat *M. anisopliae* yang dihasilkan dari perbanyakan media cair terhadap *S. litura*
2. Untuk mengetahui kemampuan makan *S. litura* setelah aplikasi senyawa destruksin dari beberapa isolate *M. anisopliae*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan referensi dan informasi bagi para pelajar, mahasiswa, petani maupun masyarakat tentang toksisitas senyawa destruksin cendawan *M. anisopliae* dari beberapa isolat terhadap ulat grayak (*S. litura* F.), sehingga dapat menjadi sumber ilmiah dan sebagai dasar pertimbangan untuk pengendalian ramah lingkungan terhadap *S. litura*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ulat Grayak *S. litura*

S. litura merupakan hama membahayakan karena dapat menyerang tanaman pada semua fase pertumbuhan. Menurut Al Amin dkk. (2016), *S. litura* dapat menghasilkan telur sekitar 25-500 butir yang diletakkan pada bagian daun tanaman.



Gambar 2.1. Larva *S. litura* (Sumber: Fattah dan Ilyas, 2016).

Siklus hidup hama *S. litura* dimulai dari telur yang diletakkan oleh imago dalam bentuk kluster yang mengandung sekitar 350 butir dan ditutupi oleh bulu-bulu halus. Warna telur berubah menjadi coklat dan membesar seperti telur ikan ketika hamper menetas, telur menetas menjadi larva berkisar 3-5 hari. Larva yang baru menetas akan memakan epidermis daun yang ditempati untuk telur dan berkelompok. Kemudian larva tersebut akan menyebar dengan menggunakan benang yang keluar dari mulutnya untuk berpindah ke tanaman lain. Stadium larva yang terdiri dari 5 instar berkisar 20-46 hari. Larva instar terakhir akan masuk ke dalam tanah dan menjadi larva yang tidak aktif (Pre pupa) dan berwarna coklat, stadium pupa berkisar 7-11 hari. Pupa yang berada di dalam tanah akan berubah menjadi imago dengan bentuk serangga kupu-kupu, siklus hidup *S. litura* mulai dari telur hingga imago berkisar 30-60 hari (Fattah dan Ilyas, 2016).

Hama *S. litura* adalah salah satu hama yang memiliki kisaran inang lebih dari 2 tanaman, bahkan *S. litura* juga menyerang gulma. Menurut Marwoto dan Suharsono (2008), kehilangan hasil akibat serangan hama *S. litura* mencapai kisaran 80% bahkan hingga mengalami gagal panen. *S. litura* memiliki telur

berwarna coklat kekuningan dan berbentuk hampir bulat. Ulat yang baru menetas berwarna hijau muda, bagian sisi coklat tua atau coklat kehitaman. Larva ulat grayak mempunyai warna yang bervariasi, memiliki kalung seperti bulan sabit berwarna hitam pada bagian segmen abdomen keempat dan kesepuluh. Larva ulat grayak bergantung pada ketersediaan makanan dan menyebar dengan menggunakan benang sutra dari mulutnya (Marwoto dan Suharsono, 2008).

Gejala serangan hama *S. litura* larva yang masih muda merusak daun dan meninggalkan sisa-sisa epidermis dan tulang daun, larva instar lanjut merusak tulang daun bahkan menyerang polong (Marwoto dan Suharsono, 2008). *S. litura* memiliki siklus hidup berkisar antara 30-60 hari. Lama stadium telur berkisar antara 2-4 hari, stadium larva berlangsung selama 20-46 hari yang terdiri dari 5 instar, serta stadium pupa berlangsung sekitar 8-11 hari (Al Amin dkk., 2016). Larva bersembunyi di dalam tanah pada siang hari dan kemudian akan menyerang tanaman pada malam hari atau ketika intensitas cahaya matahari rendah. Upaya pengendalian untuk hama *S. litura* masih banyak dilakukan dengan menggunakan insektisida yang tidak aman untuk lingkungan, pengendalian hama *S. litura* dapat dilakukan dengan ramah lingkungan, salah satunya dengan menggunakan jamur entomopatogen *M. anisopliae*.

2.2 Cendawan Entomopatogen *M. anisopliae*

M. anisopliae merupakan cendawan yang mempunyai hifa bersekat, pada media PDA 14 hari memiliki miselium berwarna putih pada bagian tepi koloni dengan konidiafor berwarna kuning kehijauan, konidiafor kemudian akan membentuk spora dan berubah warna menjadi hijau kekuningan atau hijau tua (Novianti, 2017). Menurut Prayogo dkk. (2005), *M. anisopliae* memiliki bentuk bulat silinder dengan ukuran $9,94 \times 3,96 \mu\text{m}$, miselium bersekat, berdiameter $1,98\text{-}2,97 \mu\text{m}$. konidiafor tersusun tegak serta bercabang yang dipenuhi dengan konidia. Konidia yang dimiliki oleh *M. anisopliae* bersel satu dan berwarna hialin. Kelebihan dalam penggunaan entomopatogen *M. anisopliae* sebagai pengendali hama yaitu kapasitas reproduksi tinggi, bersifat selektif, mudah diproduksi, kemungkinan resistensi kecil, mampu membentuk spora yang tahan lama di alam

dan dalam kondisi yang tidak menguntungkan. Mekanisme *M. anisopliae* dalam menginfeksi hama yaitu masuk melalui kutikula dan menerobos ke dalam tubuh, kemudian miselia akan tumbuh di dalam tubuh hama dan menyerang jaringan, pada fase ini disebut dengan fase parasitik. Setelah terserang, maka hama akan mati dengan ciri-ciri mengeras dan kaku, akan tetapi *M. anisopliae* akan tetap berkembang dengan membentuk konidia baru diatas hama yang sudah mati, pada fase ini disebut dengan fase saprofitik (Ahmad, 2004).

Menurut Teja dan Rahman (2016), suhu dapat mempengaruhi pertumbuhan konidia, pada suhu yang berkisar 25° C, 30° C dan 35° C konidia akan mengalami pertumbuhan. Sedangkan pada suhu 40° C-45° C tidak terjadi pertumbuhan konidia. Suhu yang optimal untuk pertumbuhan konidia *M. anisopliae* yaitu 35° C. Menurut Widiyanti dan Muyadihardja (2004), menyatakan bahwa *M. anisopliae* menghasilkan cyclopeptida, destruksin A, B, C, D, E dan desmethyldestruxin B⁹ sehingga memiliki aktifitas larvisidal. Destruksin dapat membunuh serangga dengan menghambat sekresi cairan tubulus malphigi sehingga dapat menghambat proses pencernaan serangga dan penekanan respon pertahanan serangga yang mengakibatkan berkurangnya pergerakan (Golo *et al.*, 2014).

2.3 Senyawa Destruksin

Destruksin merupakan senyawa mikotoksin siklopepsipectida yang dihasilkan oleh cendawan *M. anisopliae* dengan melakukan isolasi dari media kultur yang berpotensi sebagai insektisida alami (Sree and Padmaja, 2008). *M. anisopliae* dapat menghambat saluran pencernaan pada bagian usus tengah larva yang terinfeksi akibat senyawa destruksin yang dikeluarkan oleh cendawan tersebut. Senyawa destruksin memiliki efek pada organel sel target (mitokondria, retikulum endoplasma serta membrane nukleus) yang menyebabkan kelainan fungsi lambung tengah, tubulus malphigi, *hemocyt* dan jaringan otot (Widiyanti dan Muyadihardja, 2004). Destruksin juga dapat menghambat atau mengurangi aktivasi hemositik (sel respon imun) yang disebabkan oleh β 1,3-glukan (Huxham *et al.*, 1989). Menurut Samuels *et al.* (1988), senyawa destruksin dapat

menyebabkan paralisis tetanik awal yang dikaitkan dengan depolarisasi otot dengan membuka langsung saluran Ca^{2+} pada membran. Destruksin dapat memblokir aktivitas ATPase serta menekan ketahanan tubuh serangga, selain itu juga dapat menghambat sintesis RNA, DNA dan protein (Sree and Padmaja, 2008). Menurut Sabbour (2015), pengaplikasian senyawa destruksin pada hama mengakibatkan berkurangnya jumlah telur secara signifikan.

Menurut Golo *et al.* (2014), destruksin adalah depsipepsida siklik yang dihasilkan dari cendawan *M. anisopliae* dan diasumsikan pada virulensi jamur entomopatogen. Salah satu sifat senyawa destruksin yaitu antifeedant yang dapat menyebabkan serangga mengalami nafsu makan yang menurun. *M. anisopliae* menghasilkan metabolit sekunder utama berupa destruksin A dan destruksin B dalam konsentrasi tinggi dibandingkan dengan jenis destruksin lain (Nowak *et al.*, 2020). Menurut Ravindra *et al.* (2016), destruksin A dan E terbukti toksik dan memiliki sifat insektisida terhadap hama serangga. Jumlah dan jenis destruksin yang dihasilkan bergantung pada strain jamur serta jenis inang serangga yang terinfeksi, senyawa destruksin akan membusuk setelah kematian inang. Sharif *et al.* (2010), mengatakan bahwa senyawa toksin dari cendawan *M. anisopliae* yang diaplikasikan terhadap hama penggerek daun menunjukkan mortalitas antara 30-60%. Menurut Sabbour and Shaurub (2018), dalam penelitiannya menunjukkan bahwa LC_{50} dengan konsentrasi 300 ppm mampu menyebabkan kematian 65% larva *S. litura* setelah 96 jam aplikasi destruksin.

Efek destruksin menyebabkan kelumpuhan tetanik, penghambatan sekresi DNA dan RNA pada sel serangga, penghambatan sekresi cairan tubulus malpighi dan penekanan respon pertahanan serangga (Golo *et al.*, 2014). Menurut Liu *et al.* (2004), senyawa destruksin terdiri dari lima asam amino yaitu prolin, isoleusin, methyl-valin, methyl-alanin dan beta alanin, setiap jenis destruksin yang dihasilkan memiliki rantai kimia yang berbeda. Destruksin A memiliki rantai kimia ($\text{C}_{29}\text{H}_{47}\text{O}_7\text{N}_5$) dan destruksin B memiliki rantai kimia $\text{C}_{25}\text{H}_{42}\text{O}_6\text{N}_4$. Destruksin dapat diklasifikasikan tergantung pada sifat dari rantai pentanoic dan ke sub-series yang sesuai dengan perbedaan pola substitusi asam amino (Ravindra *et al.*, 2016). Aktivitas enzim hidrolitik dan suhu diduga mempengaruhi

dekomposisi senyawa destruksin (Skrobek *et al.*, 2008). Untuk mengetahui struktur senyawa bioaktif yang terkandung dalam senyawa destruksin dapat dilakukan dengan metode analisis HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*) yang memiliki tujuan untuk identifikasi dan kuantifikasi senyawa (Annisa dkk., 2020).

2.4 Hipotesis

H0 = Aplikasi senyawa destruksin dari cendawan *M. anisopliae* tidak toksin terhadap ulat grayak *S. litura*.

H1 = Aplikasi senyawa destruksin dari cendawan *M. anisopliae* toksin terhadap ulat grayak *S. litura*.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman, program studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Penelitiann dilakukan pada bulan Oktober-selesai.

3.2 Persiapan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan untuk penelitian diantaranya yaitu petridish, tabung reaksi, shaker, beaker glass, stamper dan mortar, microtube, neraca elektrik, mikropipet, pinset, erlenmayer, gelas ukur, strirrer dan magnetic strirrer, kertas saring Whatmann no. 1, haemocytometer dan alat-alat lain yang diperlukan dalam penelitian.

3.2.2 Bahan

Bahan yang dibutuhkan untuk penelitian diantaranya yaitu media PDA, cendawan *M. anisopliae*, alcohol 70%, spriritus, aquades steril, ulat grayak *S. litura*, media Czaspék-DOX Broth, bactopectone, larutan karbon tertrasklorida CCl_4 , ekstraksi senyawa destruksin.

3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdapat 5 perlakuan dengan 3 ulangan. Perlakuan yang dibuat sebagai berikut:

A = Aplikasi metabolit sekunder dari isolat Kalimantan Timur dengan konsentrasi 1000 ppm

B = Aplikasi metabolit sekunder dari isolat Madura dengan konsentrasi 1000 ppm

C = Aplikasi metabolit sekunder dari isolat Jember dengan konsentrasi 1000 ppm

D = Aplikasi metabolit sekunder dari isolat Situbondo dengan konsentrasi 1000 ppm

E = Tidak diaplikasikan metabolit sekunder

Penelitian dilakukan dengan uji perlakuan pakan dengan 3 kali ulangan sehingga jumlah seluruh percobaan yaitu terdapat 15 percobaan dan pada masing-masing ulangan terdapat 10 ekor *Spodoptera litura* F.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Bahan Penelitian

Ulat grayak (*S. litura*) diperoleh dengan cara mencari telur di lahan kedelai yang dikumpulkan dan dipelihara pada toples yang diberi daun kedelai. Larva *S. litura* yang digunakan yaitu larva instar 3 dengan ciri-ciri memiliki panjang tubuh 8-15 mm dengan lebar 0,5-0,6 mm, pada bagian kiri dan kanan abdomen terdapat garis zigzag berwarna putih dan bulatan hitam sepanjang tubuh dan warna tubuhnya menjadi hijau kehitam-hitaman pada bagian abdomen dan terdapat gari hitam yang melintang. Larva akan ditempatkan di dalam toples yang berdiameter 12 cm dengan perlakuan uji pakan. Uji pakan dilakukan dengan mencelupkan daun jarak kepyar sebanyak 3 gram ke dalam larutan destruksin selama 20 detik, kemudian dikeringanginkan dan dimasukkan ke dalam toples dan dimasukkan 10 ekor ulat grayak.

3.4.2 Pembuatan Media Czapek-DOX Broth

Langkah pembuatan media Czapek-DOX Broth dilakukan dengan menimbang bubuk Czapek-DOX Broth menggunakan timbangan elektrik sebanyak 35,01 gram dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berukuran 1000 ml. Selanjutnya menambahkan aquades ke dalam Erlenmeyer yang berisi bubuk Czapek-DOX Broth, kemudian dipanaskan dan diaduk selama \pm 20 menit hingga berwarna lebih bening dari sebelumnya. Setelah itu, memindahkan media ke dalam Erlenmeyer yang berukuran 100 ml dan ditutup dengan aluminium foil yang kemudian disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121⁰ C selama 30 menit dan media siap digunakan.

3.4.3 Persiapan Isolat *M. anisopliae*

Isolate jamur *Metarhizium anisopliae* berasal dari cadaver uret *Oryctes rhinoceros* yang berasal dari beberapa daerah koleksi dari Bapak Ir. Sigit Prastowo, M.P. Pembiakan jamur *M. anisopliae* dilakukan pada media PDA.

Isolate *M. anisopliae* yang digunakan dalam penelitian yaitu isolat yang berasal dari Kalimantan Timur (Balerian), Madura, Jember dan Situbondo.

3.4.6 Isolasi Senyawa Destruksin dari Media Cair

Media cair yang digunakan sebagai perbanyakan yaitu media yang berasal dari Czapek-DOX Broth. Biakan *M. anisopliae* dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 100 ml yang berisi media cair, kemudian digojok dengan orbital shaker dengan kecepatan 150 rpm selama 10-14 hari. Setelah itu, media cair disaring menggunakan kertas saring whatman no. 1 sebanyak 3 lapis. Hasil penyaringan kemudian dicampur karbon tetraklorida (CCl₄) dengan perbandingan 1:1. Setelah itu dimasukkan pada corong pemisah dan dibiarkan selama 12 jam, kemudian campuran tersebut akan membentuk 2 lapisan bening dan keruh. Lapisan yang bening diambil dan kemudian di sentrifugasi untuk mendapatkan ekstrak senyawa destruksin. Setelah ekstrak senyawa destruksin didapatkan, maka kemudian diaplikasikan pada ulat grayak.

3.4.7 Uji Toksisitas Senyawa Destruksin terhadap Ulat Grayak

Penelitian dilakukan dengan uji pakan untuk mengetahui mortalitas, kemudian uji toksisitas dilakukan dengan mengambil perlakuan yang paling toksik dari perlakuan tersebut. Laju konsentrasi yang digunakan untuk mortalitas yaitu 1000 ppm. Konsentrasi yang digunakan untuk uji toksisitas pada penelitian ini yaitu 300, 600, 900, 1200 dan 1500 ppm. Setiap perlakuan menggunakan 10 ekor serangga uji, pengamatan dilakukan selama 7 hari dengan interval pengamatan 24 jam sekali.

3.5 Variabel Pengamatan

3.5.1 Mortalitas Ulat Grayak (*S. litura*)

Perhitungan mortalitas dilakukan dengan mengamati daya infeksi kemampuan pengendali hayati dalam mematikan hama *S. litura*. Parameter pengamatan dilakukan dengan cara menghitung tingkat mortalitas larva dan pengamatan dilakukan setiap hari dengan cara menghitung jumlah larva yang mati akibat daya toksisitas senyawa destruksin cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae*. Mortalitas dapat dihitung dengan rumus:

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

Keterangan: n = Ulat yang mati

N = Jumlah hama yang diamati

3.5.2 Toksisitas Senyawa Destruksin

Menurut Musyahadah dkk. (2015), toksisitas merupakan kemampuan suatu bahan kimia untuk menimbulkan kerusakan atau keracunan. Toksisitas pada umumnya dinyatakan dengan nilai yang dikenal sebagai dosis atau konsentrasi untuk mematikan hewan uji yaitu LD (*Lethal Dose*) atau LC (*Lethal Concentration*). Toksisitas senyawa destruksin dari *M. anisopliae* terhadap ulat grayak *S. litura* ditetapkan berdasarkan LC₅₀ yaitu konsentrasi toksin dapat membunuh 50% larva *S. litura*. Semakin kecil nilai LC₅₀ maka semakin efektif untuk membunuh serangga uji. Apabila presentase mortalitas pada kontrol berkisar antara 5-20%, maka data harus dikoreksi dengan rumus berikut:

$$\text{Mortalitas terkoreksi} = \frac{M_p - M_k}{100 - M_k} \times 100\%$$

Keterangan : M_p = Mortalitas larva uji

M_k = Mortalitas larva kontrol

3.5.3 Kemampuan Makan Ulat Grayak (*S. litura* F.)

Kemampuan makan ulat grayak diamati dengan pemberian makan selama 24 jam, kemudian menimbang berat daun sebelum dimakan dan sesudah dimakan oleh ulat grayak. Sebelum daun dan larva dimasukkan ke dalam toples, daun ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui bobot awal daun. Setelah 24 jam, sisa daun perlakuan dan kontrol ditimbang untuk mengetahui berat daun yang dikonsumsi oleh ulat (Lestari dkk., 2014). Penghambatan makan berdasarkan bobot daun yang dimakan dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$PM = \frac{B_k - B_p}{B_k} \times 100\%$$

Keterangan : PM = Penghambatan Makan (%)

B_k = Bobot daun kontrol yang dimakan

B_p = Bobot daun perlakuan yang dimakan

3.6 Analisis Data

Analisis data hasil mortalitas dan penghambatan makan menggunakan analisis ANOVA taraf 5%. Apabila terdapat perbedaan yang nyata, maka dapat dilanjutkan dengan uji DMRT 5%. Analisis yang digunakan untuk toksisitas senyawa destruksin yaitu dengan analisis probit (Finney,1971) menggunakan program software SPSS.



BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Mortalitas Larva *S. litura*

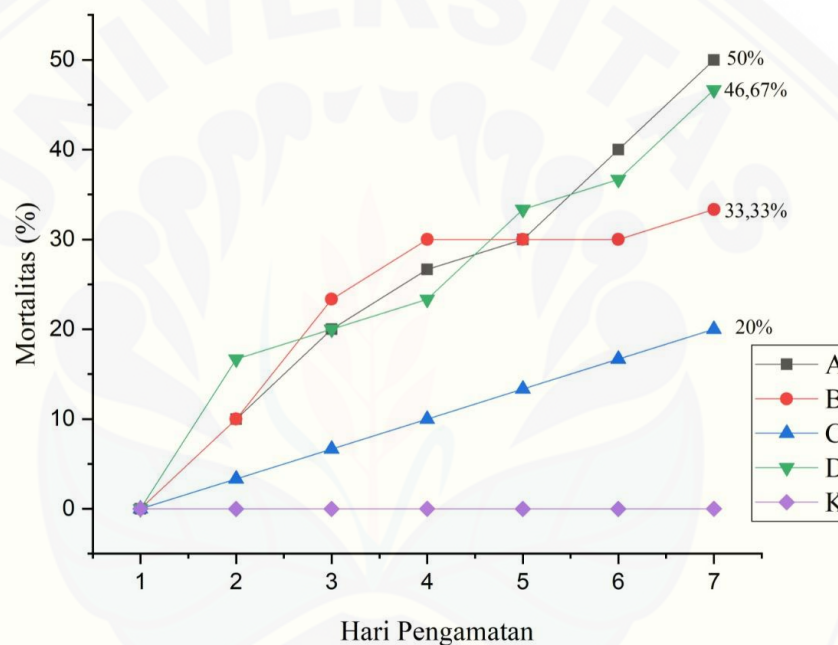
Mortalitas atau kematian larva ulat grayak yang disebabkan oleh senyawa destruksin mengalami gejala pergerakan lambat yang disebabkan oleh kelumpuhan otot dan mengalami kerusakan pada kutikula yang disebabkan oleh kerusakan jaringan akibat senyawa destruksin. Gambar (a) merupakan larva *S. litura* instar 3 tanpa aplikasi senyawa destruksin dan tidak mengalami gejala. Gambar (b) merupakan larva *S. litura* yang mengalami gejala kerusakan pada kutikula yang disebabkan oleh senyawa destruksin dan gambar (c) merupakan larva *S. litura* yang mengalami kegagalan menjadi pupa akibat destruksin.



Gambar 4.1 a. *S. litura* tanpa aplikasi; b. *S. litura* yang terserang senyawa destruksin; c. *S. litura* yang terserang dan gagal menjadi pupa.

Hasil analisis sidik ragam anova menunjukkan bahwa aplikasi senyawa destruksin dari jamur entomopatogen *M. anisopliae* dari beberapa isolat yang berbeda berpengaruh nyata terhadap presentase mortalitas larva *S. litura* ($F_{hitung(4;10)} = 5,67$; $F_{tabel(5\%)} = 3,48$). Jumlah kematian larva *S. litura* pada setiap harinya mengalami peningkatan dan ada kalanya tidak bertambah di setiap perlakuan, pada perlakuan A yaitu isolat *M. anisopliae* yang berasal dari Kaltim (Balerian) diperoleh presentase mortalitas tertinggi pada hari ke-7 dengan presentase sebesar 50,00%, kemudian perlakuan D (isolat *M. anisopliae* asal Situbondo) dengan presentase mortalitas 46,67% dan isolat B (isolat *M.*

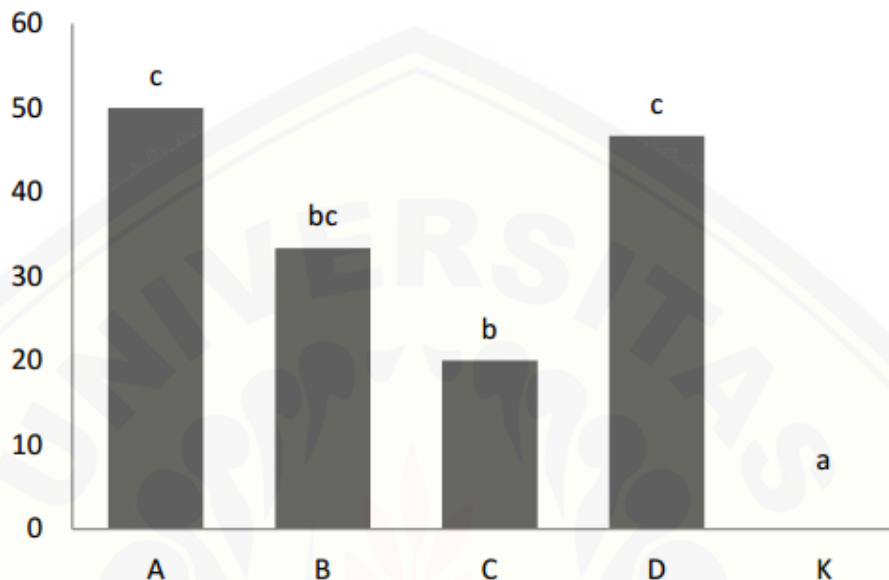
anisopliae asal Madura) dengan presentase mortalitas 33,33% . Konsentrasi yang digunakan pada semua perlakuan yaitu 1000 ppm, perlakuan yang memiliki presentase mortalitas terendah yaitu perlakuan C yaitu isolat *M. anisopliae* yang berasal dari Jember dengan presentase 20% (Gambar 4.2). Hasil pengamatan pada perlakuan kontrol tidak terdapat kematian pada larva sehingga presentase mortalitasnya yaitu 0%. Hasil pengamatan presentase mortalitas disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.2 Pengaruh aplikasi senyawa destruksin dari beberapa isolat *M. anisopliae* terhadap presentase mortalitas larva *S. litura*.

Berdasarkan hasil pengujian sidik ragam anova mortalitas larva *S. litura* menunjukkan bahwa pada hari ke- 4 dan 5 adanya perbedaan nyata dan pada hari ke 6 dan 7 menunjukkan adanya perbedaan sangat nyata. Hasil uji lanjut pada pengamatan hari ke-4 dan ke-5 menunjukkan bahwa perlakuan A, B dan D berpengaruh terhadap perlakuan K dan tidak berpengaruh pada perlakuan C. pada hari ke-6 menunjukkan bahwa perlakuan A tidak berpengaruh terhadap perlakuan B dan perlakuan D, akan tetapi berpengaruh pada perlakuan C dan K. Pada hari ke-7 menunjukkan bahwa perlakuan A dan D tidak berpengaruh terhadap

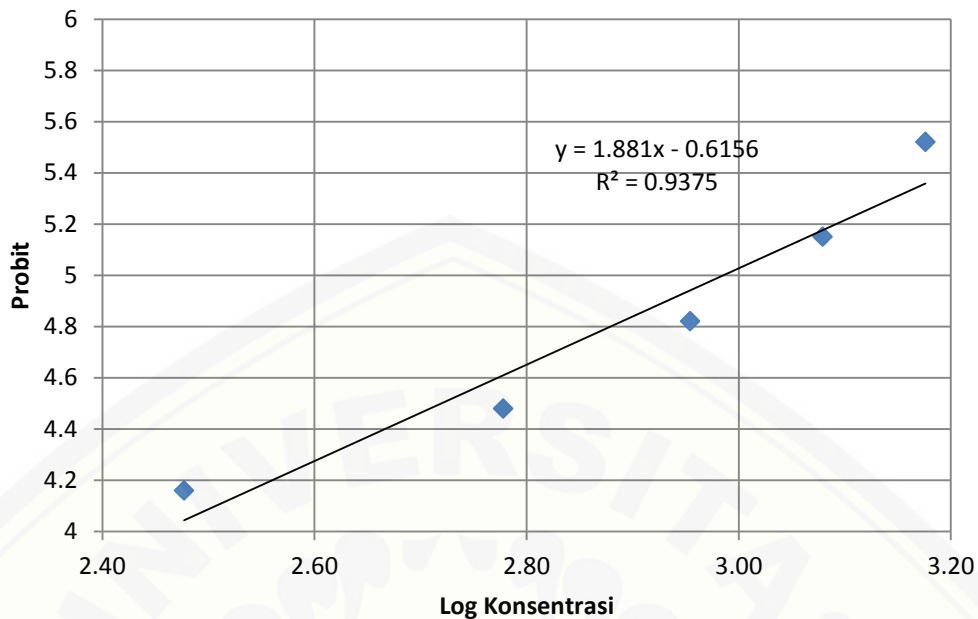
perlakuan B, akan tetapi berpengaruh pada perlakuan C dan K. Presentase mortalitas larva *S. litura* dari beberapa isolat pada pengamatan hari ke-7 setelah perlakuan disajikan dalam bentuk gambar sebagai berikut:



Gambar 4.3 Rata-rata mortalitas larva *S. litura* dari beberapa isolat pada pengamatan hari ke-7 setelah perlakuan

4.1.2 Toksisitas Aplikasi Senyawa Destruksin *M. anisopliae* Terhadap Larva *S. litura*

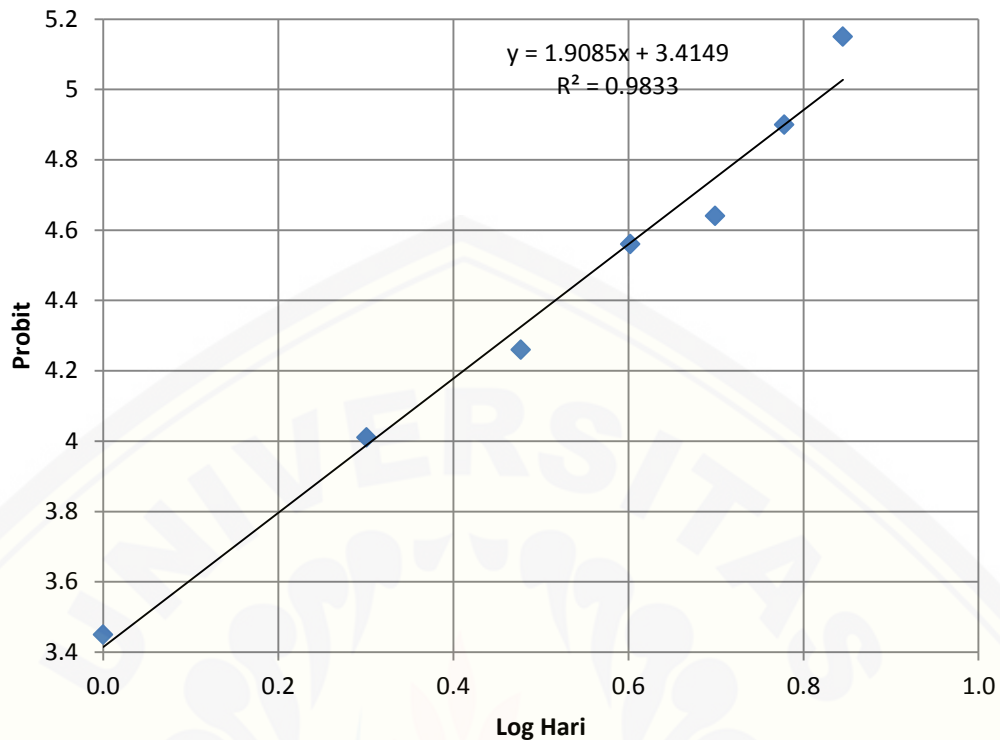
Toksisitas senyawa destruksin dapat diketahui dengan hasil mortalitas yang paling tinggi dan uji toksisitas dapat diukur berdasarkan nilai LC_{50} dan LT_{50} . Semakin kecil nilai LC_{50} maka semakin efektif untuk membunuh serangga uji atau tingkat toksisitas aplikasi senyawa destruksin semakin tinggi. Sebaliknya, apabila semakin besar nilai LC_{50} maka semakin kecil nilai toksisitas aplikasi senyawa destruksin. Nilai LC_{50} untuk mengetahui tingkat konsentrasi yang efektif membunuh 50% larva *S. litura* dapat dianalisis menggunakan analisis probit. Probit merupakan suatu metode analisis pengujian yang digunakan untuk menilai daya racun (toksisitas) dan dapat menduga besarnya dosis yang efektif melalui penentuan konsentrasi kematian dari suatu bahan atau senyawa kimia (Kumalasari dkk., 2015). Berikut merupakan grafik regresi yang menunjukkan nilai LC_{50} :



Gambar 4.4 Grafik regresi analisis probit LC_{50} senyawa destruksin terhadap *S. litura*

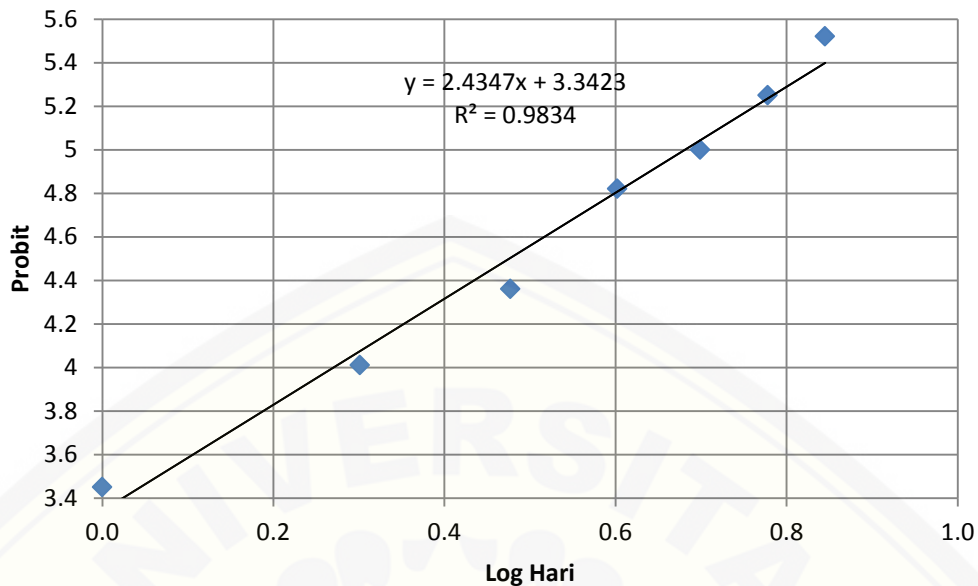
Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa persamaan regresi analisis probit LC_{50} yaitu $Y = 1,881x - 0,6156$ yang menunjukkan bahwa setiap kenaikan konsentrasi 1,881 ppm maka akan meningkatkan mortalitas larva *S. litura* sebesar 0,61%. Nilai determinasi yang diperoleh sebesar 0,937 atau 93,7% yang menunjukkan bahwa konsentrasi senyawa destruksin mempengaruhi 93,7% mortalitas larva *S. litura* dan sisanya sebesar 6,3% dipengaruhi oleh faktor lain. Berdasarkan persamaan regresi tersebut dapat diketahui bahwa konsentrasi senyawa destruksin terhadap larva *S. litura* memiliki nilai LC_{50} atau konsentrasi toksin yang dapat menyebabkan kematian 50% larva *S. litura* yaitu sebesar 967,101 ppm dengan persamaan regresi $Y = 1,881x - 0,6156$.

LT_{50} (*Lethal Time*) merupakan waktu yang dibutuhkan senyawa atau bahan kimia untuk membunuh 50% larva serangga uji. Semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk membunuh serangga uji. Semakin singkat waktu serangga uji mengalami kematian maka semakin toksik senyawa kimia yang diaplikasikan. Berikut merupakan grafik regresi yang menunjukkan LT_{50} pada konsentrasi 1200 ppm dan 1500 ppm:



Gambar 4.5 Grafik regresi analisis probit LT_{50} senyawa destruksin pada konsentrasi 1200 ppm

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa persamaan regresi analisis probit LT_{50} pada konsentrasi 1200 ppm yaitu $Y = 1,9085x + 3,4149$ yang menunjukkan bahwa setiap bertambahnya waktu 1,908 hari maka akan meningkatkan mortalitas larva *S. litura* sebesar 3,41%. Nilai determinasi yang diperoleh yaitu sebesar 0,983 atau 98,3% yang menunjukkan bahwa pada konsentrasi 1200 ppm senyawa destruksin mampu mempengaruhi 98,3% durasi kematian larva *S. litura* dan sisanya sebesar 1,7% dipengaruhi oleh faktor lain. Berdasarkan persamaan regresi tersebut diketahui bahwasanya nilai LT_{50} atau waktu yang dibutuhkan untuk membunuh 50% serangga uji pada konsentrasi 1200 ppm memiliki nilai 6,77 hari, yang artinya bahwa pada waktu 6,77 hari dengan konsentrasi 1200 ppm mampu untuk membunuh 50% larva *S. litura*.



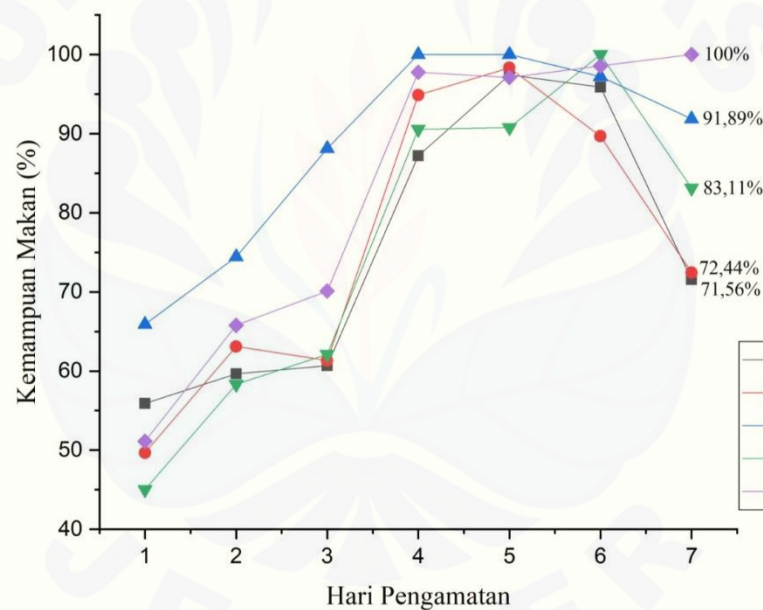
Gambar 4.6 Grafik regresi analisis probit LT_{50} senyawa destruksin pada konsentrasi 1500 ppm

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat diketahui bahwa persamaan regresi analisis probit LT_{50} pada konsentrasi 1500 ppm yaitu $Y = 2,4347x + 3,3423$ yang menunjukkan bahwa setiap bertambahnya waktu 2,434 hari maka akan meningkatkan mortalitas larva *S. litura* sebesar 3,34%. Nilai determinasi yang diperoleh yaitu 0,983 atau 98,3% yang menunjukkan bahwa pada konsentrasi 1500 ppm senyawa destruksin mampu mempengaruhi 98,3% durasi kematian dan sisanya sebesar 1,7% dipengaruhi oleh faktor lain. Berdasarkan persamaan regresi tersebut dapat diketahui bahwa nilai LT_{50} pada konsentrasi 1500 ppm yaitu 4,8 hari, yang artinya pada 4,8 hari dengan konsentrasi 1500 ppm mampu untuk membunuh 50% larva *S. litura*.

4.1.3 Pengaruh Aplikasi Senyawa Destruksin Terhadap Kemampuan Makan *S. litura*

Presentase kemampuan makan larva *S. litura* dapat diukur dengan melihat sebelum dan sesudah aplikasi atau setelah 1 x 24 jam. Hasil pengamatan pada menunjukkan bahwa aplikasi senyawa destruksin tidak mengalami penurunan terhadap presentase kemampuan makan larva *S. litura*. Aktivitas makan larva *S.*

litura menunjukkan bahwa aktivitas makan tertinggi terlihat pada perlakuan K dengan presentase 100% pada hari ke-7 dan aktivitas makan terendah terlihat pada perlakuan A dengan presentase 71,56%. Akan tetapi, perlakuan yang memiliki rata-rata tertinggi yaitu pada perlakuan C dengan rerata 88,22%. Berdasarkan hasil pengujian sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi senyawa destruksin terhadap larva *S. litura* tidak berpengaruh nyata terhadap kemampuan makan larva *S. litura* ($F_{hitung(4,30)} = 0,70$; $F_{tabel(5\%)} = 2,69$). Hasil pengamatan pada setiap harinya dapat diketahui bahwa pada hari ke-7 mengalami penurunan kemampuan makan kecuali pada perlakuan kontrol. Hasil pengamatan presentase kemampuan makan *S. litura* pada setiap harinya disajikan dalam bentuk grafik sebagai berikut:



Gambar 4.7 Pengaruh senyawa destruksin terhadap kemampuan makan larva *S. litura*

Berdasarkan hasil uji ragam sidik anova pengaruh aplikasi destruksin terhadap kemampuan makan larva *S. litura* menunjukkan bahwa pada hari ke-1 adanya perbedaan nyata. Pada pengamatan hari ke-1 menunjukkan bahwa perlakuan C berpengaruh terhadap perlakuan B, D dan K, akan tetapi tidak berpengaruh terhadap perlakuan A.

4.2 Pembahasan

Hasil penelitian yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa senyawa destruksin dari beberapa isolat cendawan entomopatogen *M. anisopliae* memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menginfeksi larva *S. litura*. Senyawa destruksin merupakan senyawa siklik depsipeptida yang diproduksi oleh jamur entomopatogen *M. anisopliae* yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati serta kemudahan dalam mengkulturkan jamur ini secara *in vitro* (Samuels, 1998). Aplikasi senyawa destruksin terhadap larva *S. litura* yang telah dilakukan menunjukkan adanya efek yaitu kematian pada larva. Kematian atau mortalitas larva *S. litura* diperoleh dari hasil pengamatan setiap harinya, dari hasil mortalitas tersebut dapat dilihat kemampuan senyawa destruksin dalam membunuh larva *S. litura*. Setiap perlakuan yang diaplikasikan menunjukkan bahwa pada setiap hari menunjukkan mortalitas yang berbeda-beda (Gambar 4.2). Aplikasi senyawa destruksin dapat menyebabkan kelumpuhan otot, pada dosis yang rendah serangga akan pulih dan pada dosis yang tinggi akan mengalami kematian (Sree *et al.*, 2008).

Hasil mortalitas larva *S. litura* dapat dilihat pada Gambar 4.2 yang menunjukkan bahwa mortalitas atau kematian larva *S. litura* dimulai pada hari ke-2 dan pada hari selanjutnya mengalami kenaikan. Hal ini diduga bahwa destruksin dapat diserap cepat oleh serangga dalam waktu 24 jam dan memiliki efek pada pertumbuhan dan perkembangan serangga (Amiri *et al.*, 1999). Hu *et al.* (2007), juga menyebutkan dalam penelitiannya bahwa aplikasi destruksin A, B dan E terhadap serangga uji mengalami kematian setelah 48 jam perlakuan. Gejala larva yang terinfeksi oleh senyawa destruksin yaitu pergerakan lambat yang disebabkan oleh kelumpuhan pada sel otot akibat destruksin yang kemudian lama-kelamaan akan mati. Efek destruksin lainnya yaitu dapat melemahkan pertahanan kekebalan tubuh, merusak sistem otot serta mempengaruhi ekskresi dan menyebabkan kesulitan makan dan mobilitas atau pergerakan serangga yang terinfeksi (Fei Yi *et al.*, 2012). Hal ini sesuai dengan Kershaw *et al.* (1999), yang menyatakan bahwa efek destruksin pada ordo Lepidoptera menyebabkan kelumpuhan otot karena depolarisasi otot yang bergantung pada kalsium selaput.

Larva *S. litura* yang terserang juga mengalami gejala seperti gangguan pada kutikula yang diduga dapat mengakibatkan kegagalan pada proses pergantian kulit larva. Hal ini sesuai dengan Trizelia dkk. (2013), yang menyatakan bahwa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *M. anisopliae* dan bersifat toksik dapat merusak secara langsung fungsi utama tubuh larva terutama fungsi hormon (hormon pergantian dan pembentukan kulit). Senyawa destruksin yang dihasilkan *M. anisopliae* yang dapat membunuh serangga inang dengan merangsang atau memacu terjadinya kerusakan jaringan, kehilangan struktural membran dan kemudian mengalami dehidrasi (Trizelia dkk., 2013). Larva yang terserang oleh destruksin dan tidak terjadi kematian maka akan mengalami kegagalan menjadi pupa, hal ini diduga karena aplikasi pada konsentrasi rendah kurang efektif dalam membunuh larva. Kershaw *et al.*(1999), menyatakan bahwa senyawa destruksin pada konsentrasi rendah tidak efektif untuk menginfeksi serangga uji. Serangga yang terinfeksi akan bertahan, tetapi akan gagal menjadi pupa (larva akan tetap aktif tetapi warnanya akan berubah menjadi hitam karena melanisasi). Larva yang gagal menjadi pupa selain warnanya berubah menjadi hitam, tekstur tubuh menjadi lebih mudah rusak apabila tersentuh. Sedangkan larva yang akan menjadi pupa pada kontrol memiliki warna coklat kehitaman dan memiliki tekstur tubuh yang normal.

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa presentase mortalitas tertinggi terdapat pada perlakuan A (isolat *M. anisopliae* asal Kaltim) sebesar 50%. Setiap perlakuan yang berasal dari isolat yang berbeda memiliki tingkat mortalitas yang berbeda pula. Masing-masing isolat berasal dari rhizosfer tanah yang berbeda sehingga tingkat infeksi atau patogenesitasnya juga berbeda untuk menginfeksi serangga uji. Perbedaan mortalitas salah satunya dapat disebabkan oleh produksi senyawa destruksin yang dihasilkan setiap isolat berbeda. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi destruksin yang dihasilkan dari isolat asal Kaltim memiliki jumlah yang lebih tinggi dibandingkan dengan isolat asal Madura, Jember dan Situbondo. Hal tersebut sesuai dengan Sree *et al.* (2008) yang menyatakan bahwa jumlah produksi destruksin yang dihasilkan dari *M. anisopliae* berpengaruh dengan virulensi, semakin sedikit

produksi destruksin maka semakin rendah virulensi. Sree *et al.* (2008), juga menyatakan dalam penelitiannya bahwa jumlah destruksin A yang dihasilkan dari galur M-19 lebih tinggi dibandingkan dengan galur M-10, sedangkan jumlah destruksin B yang dihasilkan dari galur M-10 lebih tinggi dibandingkan dengan galur M-19 dan hasil mortalitas juga menunjukkan bahwa galur M-19 memiliki virulensi yang lebih tinggi untuk membunuh larva dibandingkan dengan galur M-10. Produksi destruksin yang rendah kemungkinan disebabkan oleh laju pertumbuhan miselium yang lambat.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan analisis probit dapat dilihat pada Gambar 4.4 diperoleh nilai LC_{50} dan LT_{50} yang digunakan untuk konsentrasi senyawa destruksin. Uji toksisitas dilakukan dengan melihat nilai mortalitas tertinggi, kematian tertinggi diperoleh dari perlakuan A (isolat *M. anisopliae* asal Kaltim). Berdasarkan nilai LC_{50} dari senyawa destruksin isolat asal Kaltim dapat diketahui bahwa pada konsentrasi 967,10 ppm ($Y = 1,881x - 0,6156$) dapat membunuh 50% larva *S. litura*. Hal ini juga dapat dilihat juga dari hasil pengamatan setiap harinya, pada perlakuan A (isolat asal Kaltim) dengan konsentrasi 1000 ppm mampu mencapai mortalitas sebesar 50% pada hari ke-7 setelah aplikasi. Hal ini diperkuat oleh Kartina dkk. (2019), pada konsentrasi rendah senyawa aktif belum mampu mempengaruhi sistem fisiologis maupun perilaku dari larva *S. litura*. Mekanisme kerja suatu senyawa aktif dapat dipengaruhi oleh konsentrasi, fase pertumbuhan dan jenis serangga target.

Toksitas senyawa destruksin dapat diketahui melalui nilai LT_{50} berdasarkan Gambar 4.5 dan 4.6 dapat diketahui bahwa semakin rendah nilai LT_{50} maka semakin toksik perlakuan yang digunakan untuk menginfeksi larva *S. litura*. Nilai LT_{50} yaitu waktu yang dibutuhkan untuk membunuh 50% larva *S. litura*. Konsentrasi 1500 ppm menunjukkan nilai LT_{50} sebesar 4,8 hari, yang mana aplikasi dengan konsentrasi tersebut membutuhkan waktu selama 4,8 hari untuk dapat membunuh 50% larva *S. litura*. Waktu tersebut merupakan nilai LT_{50} yang paling rendah dan waktu yang paling singkat untuk membunuh larva. Hasil penelitian Pal *et al.* (2007), menyatakan bahwa destruksin dapat membunuh 70% *Drosophila melanogaster* dalam waktu 5 hari. Perbedaan untuk setiap konsentrasi

memiliki nilai LT_{50} yang berbeda, semakin rendah konsentrasi maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk membunuh larva *S. litura*. Hal tersebut sesuai dengan Kartina dkk., (2019), yang menyatakan bahwa kematian larva yang terbilang lambat diduga karena konsentrasi yang diberikan rendah sehingga senyawa yang bersifat toksik akan bekerja secara perlahan dalam menginfeksi.

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan uji sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi senyawa destruksin tidak berpengaruh nyata terhadap kemampuan makan larva *S. litura*. Kemampuan makan larva *S. litura* dapat dilihat pada Gambar 4.7 yang menunjukkan bahwa kenaikan grafik yang dimulai pada hari ke-1, yang menandakan bahwa tidak terdapat penghambatan makan setelah aplikasi destruksin. Namun, pada hari ke-4 pada perlakuan C, D dan K tidak mengalami kenaikan, kemudian pada hari ke-5 hanya perlakuan D yang mengalami kenaikan. Semua perlakuan pada hari ke-6 mengalami penurunan kecuali pada perlakuan kontrol. Penurunan makan tersebut diduga karena aktivitas kinerja otot pencernaan terganggu akibat senyawa destruksin, selain itu senyawa destruksin juga mempunyai sifat antifeedant yang dapat menghambat makan larva *S. litura*. Hu *et al.* (2007), menyatakan bahwa potensi antifeedant yang terkandung dalam destruksin adalah fenomena umum sehingga serangga akan mengalami pengurangan makan setelah perlakuan dengan destruksin. Setelah hari ke-6 larva akan memasuki instar 5 yang ditandai dengan proses pergantian kulit, namun pada proses ini mengalami gangguan yang disebabkan potensi antifeedant destruksin. Hu *et al.* (2007), menjelaskan bahwa potensi antifeedant destruksin berkaitan erat dengan umur serangga uji, setiap instar larva yang berbeda menunjukkan perilaku makan yang berbeda. Larva instar yang lebih muda pada umumnya lebih rentan, sedangkan instar yang lebih tua dapat menanggung kelaparan yang lebih lama. Menurut Amiri *et al.* (1999), larva yang mengalami kelaparan dapat menunda molting atau pergantian kutikula dan mengakibatkan kelainan lain yang secara kumulatif mengganggu perkembangan larva dan metamorphosis yang berujung pada kelainan bentuk serta imago yang tertunda.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan:

1. Senyawa destruksin isolat *M. anisopliae* asal Kalimantan Timur dengan mampu membunuh larva *S. litura* sebesar 50% dengan nilai LC_{50} mencapai 967,10 ppm ($Y = 1,881x + 0,6156$), sedangkan nilai LT_{50} yaitu perlakuan dengan konsentrasi 1200 ppm dengan waktu 6,77 hari ($Y = 1,9085x + 3,4149$) dan nilai LT_{50} dengan konsentrasi 1500 ppm dengan waktu 4,8 hari ($Y = 2,4347x + 3,3423$).
2. Aplikasi senyawa destruksin pada berbagai konsentrasi tidak berpengaruh terhadap kemampuan makan larva *S. litura* dengan pakan daun jarak kepyar..

5.2 Saran

Untuk lebih meningkatkan efektivitas dari perlakuan yang telah dilakukan, diperlukan adanya konsentrasi yang lebih tinggi serta disarankan untuk hasil penelitian yang telah dilakukan perlu diteliti lagi agar lebih mengetahui kandungan senyawa destruksin baik dari segi kuantitas maupun kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

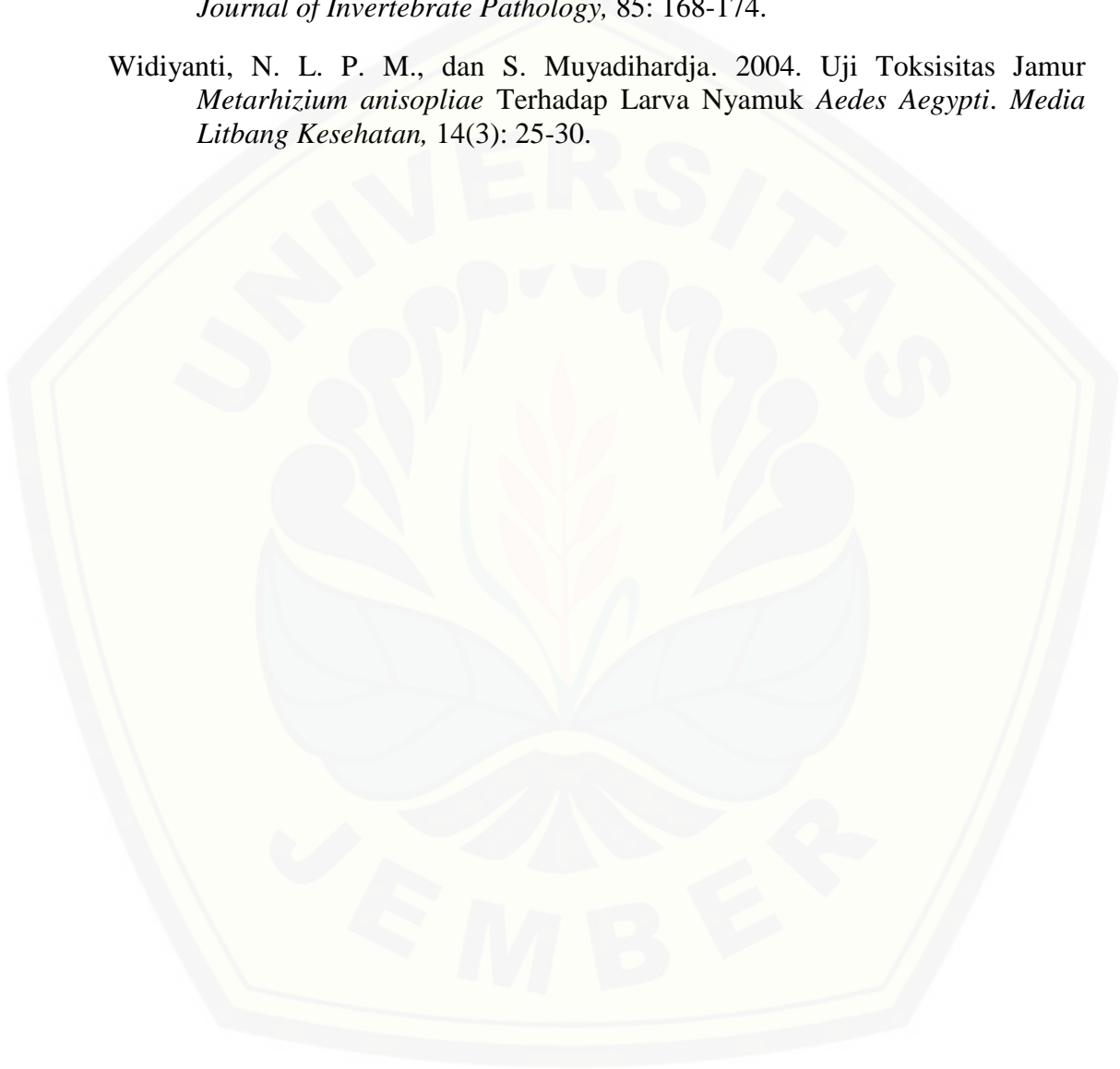
- Ahmad, Reza Zainuddin. 2004. Cendawan *Metarhizium anisopliae* sebagai Pengendali Hayati Ektoparasit Caplak dan Tungau pada Ternak. *WARTAZOA*, vol. 14(2): 73-78.
- Al Amin, Z., T. Wardhani, dan S. Pratamaningtyas. 2016. Pengaruh Metode Maserasi Jazzar Dan Balafif dalam Memperoleh Ekstrak Air Daun Mindi (*Melia Azedarach L.*) Sebagai Insektisida Botani Pada Ulat Grayak (*Spodoptera litura F.*). *Agrika*, 10(2): 110-121.
- Amiri, B., L. Ibrahim and T. M. Butt. 1999. Antifeedant Properties of Destruxins and their Potential Use with the Entomogenous Fungus *Metarhizium anisopliae* for Improved Control of Crucifer Pests. *Biocontrol Science and Technology*, 9: 487- 498.
- Annisa, S., I. Musfiroh dan L. Indriati. 2020. Perbandingan Metode Analisis Instrumen HPLC dan UHPLC : *Article Review*. *Farmaka*, 17(3): 189-197.
- Fattah, A. dan A. Ilyas. 2016. Siklus Hidup Ulat Grayak (*Spodoptera litura*, F) dan Tingkat Serangan pada Beberapa Varietas Unggul Kedelai di Sulawesi Selatan. Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian.
- Fei Yi, C. Zhou, Q. Hu and M. Hu. 2012. The Joint Action of Destruxins and Botanical Insecticides (Rotenone, Azadirachtin and Paeonolum) Against the Cotton Aphid, *Aphis gossypii* Glover . *Molecules*, 17: 7533-7542.
- Golo, P.S., D.R. Gardner, M.M. Grilley, J.Y. Takemoto, S.B. Krasnoff, M.S. Pires, E. K.K. Fernandes, V.R.E.P. Bittencourt, and D.W. Roberts. 2014. Production of Destruxins from *Metarhizium* spp. Fungi in Artificial Medium and in Endophytically Colonized Cowpea Plants. *PLOS ONE*, 9(8): 1-9.
- Han, P., J. Fan, Y. Liu, A.G.S. Cuthbertson, S. Yan, B.L. Qiu and S. Ren. 2014. RNAi-Mediated Knockdown of Serine Protease Inhibitor Genes Increases the Mortality of *Plutella xylostella* Challenged by Destruxin A. *PLOS ONE*, 9(5): 1-16.
- Hastuti, D., T.B. Rusbana dan J.N. Hidayatullah. 2017. Pengaruh Lama Penyimpanan Jamur *Metarhizium anisopliae* Terhadap Mortalitas Ulat Grayak (*Spodoptera litura F.*) di Laboratorium. *Jurnal Agroekotek*, 9(1): 17-27.
- Hasyim, A., W. Setiawati, A. Hudayya dan Luthfy. 2016. Sinergisme Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* dengan Insektisida Kimia untuk Meningkatkan Mortalitas Ulat Bawang *Spodoptera exigua*. *Jurnal Hortikultura*, 26(2): 257-266.

- Hu, Q.B., S.X. Ren, X.C. An and M. H. Qian. 2007. Insecticidal activity influence of destruxins on the pathogenicity of *Paecilomyces javanicus* against *Spodoptera litura*. *J. Appl. Entomol*, 131(4): 262–268.
- Huxham, I.M., A.M. Lackie, and N.J. McCorkindale. 1989. Inhibitory Effects Of Cyclodepsipeptides, Destruxins, from The Fungus *Metarhizium Anisopliae*, On Cellular Immunity In Insects. *Journal of Insect Physiology*, 35(2): 97-105.
- Indrayanti, D.R., I.B. Damayanti, N. Setiati dan B. Priyono. 2017. Mortalitas dan Kerusakan Jaringan pada Setiap Gejala Infeksi Larva *Oryctes rhinoceros* L. Akibat Perlakuan Cendawan *Metarhizium anisoplia*. *Life Science*, 6(1): 9-17.
- Indrayani, IGAA. 2017. Potensi Jamur *Metarhizium anisopliae* (METSCH.) Sorokin untuk Pengendalian Secara Hayati Hama Uret Tebu *Lepidiodia stigma* (Coleoptera:Scarabaeidae). Laporan Teknis Kegiatan Penelitian Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat.
- Indrayani, IG.A.A. dan H. Prabowo. 2010. Pengaruh Komposisi Media Terhadap Produksi Konidia Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 2(2): 88–94.
- Kartina, Shulkipli, Mardhiana dan S. Egra. 2019. Potensi Ekstrak Karamunting (*Melastoma malabathricum* L.) sebagai Insektisida Nabati untuk Mengendalikan Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.). *Agrotekma*, 4(1): 28-41.
- Kartohardjono, Arifin. 2011. Penggunaan Musuh Alami Sebagai Komponen Pengendalian Hama Padi Berbasis Ekologi. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian*, vol. 4(1): 29-46.
- Kershaw, M.J., E.R. Moorhouse, R. Bateman, S.E. Reynolds and A.K. Charnley. 1999. The Role of Destruxins in the Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* for Three Species of Insect. *Journal of Invertebrate Pathology*, 74: 213–223.
- Lestari, M.S., T. Himawann, A.L. Abadi, dan R. Retnowati. 2014. Potensi Ekstrak *Piper methysticum* (Piperaceae) sebagai Insektisida Botani untuk Pengendalian Hama *Plutella xylostella*. *Sains dan Matematika*, 3(1): 26-32.
- Liu, C-M., S-S Huang and Y-M Tzeng. 2004. Analysis of Destruxins Produced from *Metarhizium anisopliae* by Capillary Electrophoresis. *Journal of Chromatographic Science*, 42:140-144.

- Marwoto dan Suharsono. 2008. Strategi dan Komponen Teknologi Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada Tanaman Kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(4): 131-136.
- Musyahadah, N., N. Hariyani dan M. Hendra. 2015. Uji Efektifitas Ekstrak Daun Tigaron (*Crateva Religiosa* G. Forst.) Terhadap Mortalitas Ulat Grayak (*Spodoptera Litura* F.) (Lepidoptera: Noctuidae) di Laboratorium. *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi FMIPA Unmul*, 1 (1): 1-7.
- Novianti, Dewi. 2017. Efektivitas Beberapa Media untuk Perbanyakkan Jamur *Metarhizium anisopliae*. *Sainmatika*, vol. 14(2): 81-88.
- Nowak, M., P. Bernat, J. Mrozinska, and S. Rozalska. 2020. Acetamidrid Affects Destruxins Production but Its Accumulation in *Metarhizium* sp. Spores Increases Infection Ability of Fungi. *Toxins*, 12(587): 1-14.
- Nugroho, Bayu Aji. 2013. *Pengenalan dan Pengendalian Hama Ulat Grayak pada Tanaman Kapas*. BBPPTP Surabaya: Surabaya.
- Nuraini, Indah. 2016. Keefektifan Cendawan *Metarhizium anisopliae* Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* pada Medium Serbuk Gergaji dengan Kadar Air Berbeda. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.
- Pal, S., R.J. St. Leger and L.P. Wu. 2007. Fungal Peptide Destruxin A Plays a Specific Role in Suppressing the Innate Immune Response in *Drosophila melanogaster*. *The Journal Of Biological Chemistry*, 282(12): 8969–8977.
- Prayogo, Y., W. Tengkan, dan Marwoto. 2005. Prospek Cendawan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* Untuk Mengendalikan Ulat Grayak *Spodoptera litura* pada Kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(1): 19-26.
- Ravindran, K., K.S. Akutse, S. Sivaramkrishnan and L. Wang. 2016. Determination and characterization of destruxin production in *Metarhizium anisopliae* Tk6 and formulations for *Aedes aegypti* mosquitoes control at the field level. *Toxicon*.
- Sabbour, M.M. 2015. Laboratory and Store Efficacy of Nano-Extracted Destruxin from *Metarhizium anisopliae* Against Indian Meal Moth *Plodia interpunctella* (Lepidoptera-Pyralidae). *Journal of Nanoscience and Nanoengineering*, 1(3): 142-147.
- Sabbour, M.M. and E.S.H. Shaurub. 2018. Evaluations Of *Metarhizium Anisopliae* and Two Destruxin Against Cotton Leaf Worm *Spodoptera Littoralis* (Lepidoptera: Noctuidae) Under Laboratory and Field Conditions. *Bioscience Research*, 15(2): 1028-1033.

- Samuels, R.I. 1998. A Sensitive Bioassay for Destruxins, Cyclodepsipeptides from the Culture Filtrates of the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. *An. Soc. Entomol*, 27(2): 229-135.
- Setiawan, Beni. 2016. Pengaruh Temperatur terhadap Pertumbuhan Isolat *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin dan Virulensinya terhadap Ulat Hongkong (*Tenebrio molitor* L.). Skripsi. Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Sharif, M.M., A.R. Hadizadeh, and M.A.T. Ghanbary. 2010. Evaluating Toxicity of Extracted Destruxin from *Metarhizium anisopliae* Against Citrus Leafminer, *Phyllocnistis citrella*. *American Journall of Enviromental Science*, 6(4): 379-382.
- Skrobek, A., F.A. Shah, and T.M. Butt. 2008. Destruxin Production By The Entomogenous Fungus *Metarhizium anisopliae* In Insects and Factors Influencing Their Degradation. *BioControl*, 53: 361-373.
- Soesanto, Loekas. 2014. Metabolit Sekunder Agensia Pengendali Hayati: Terobosan Baru Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Perkebunan. Fakultas Pertanian Universitas Jendral Soedirman.
- Sopialena. 2018. *Pengendalian Hayati dengan Memberdayakan Potensi Mikroba*. Samarinda: Mulawarman University Press.
- Sree, K.S. and V. Padmaja. 2008. Destruxin from *Metarhizium anisopliae* Induces Oxidative Stress Effecting Larval Mortality of the Polyphagous Pest *Spodoptera litura*. *J. Appl. Entomol*, 132: 68-78.
- Sree, K.S., V. Padmaja and Y. L. N. Murthy. 2008. Insecticidal activity of destruxin, a mycotoxin from *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales), against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) larval stages. *Pest Management Science*, 64: 119-125.
- Tanada, Y., and H.K. Kaya. 1993. *Insect Pathology*. Tokyo: Academic Press.
- Teja, K.N.P.C. and S.J. Rahman. 2016. Characterisation and Evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin Strains for Their Temperature Tolerance. *Mycology An International Journal on Fungal Biology*, vol. 7(4): 171-179.
- Thakur, R. and S.S. Sandhu. 2010. Distribution, Occurrence and Natural Invertebrate Hosts of Indigenous Entomopathogenic Fungi of Central India. *Indian Journal of Microbiology*, 50: 89-96.
- Trizelia, Nurbailis dan D. Ernawati. 2013. Virulensi Berbagai Isolat Jamur Entomopatogen *Metarhizium* spp. Terhadap Hama Penggerek Buah Kakao *Conopomorpha cramerella* Snell. (Lepidoptera: Gracillariidae). *Jurnal HPT Tropika*, 13(2): 151-158.

- Tobing, S.S.L., Marheni dan Hasanuddin. 2015. Uji Efektivitas *Metarhizium anisopliae* Metch. dan *Beauveria bassiana* Bals. terhadap Ulat Grayak (*Spodoptera litura* F.) pada Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.) di Rumah Kassa. *Jurnal Agroteknologi*, 4(1): 1659-1665.
- Wang, C., A. Skrobek dan T. M. Butt. 2004. Investigations On The Destruxin Production of The Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 85: 168-174.
- Widiyanti, N. L. P. M., dan S. Muyadihardja. 2004. Uji Toksisitas Jamur *Metarhizium anisopliae* Terhadap Larva Nyamuk *Aedes Aegypti*. *Media Litbang Kesehatan*, 14(3): 25-30.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-2

Perlakuan	Ulangan			Jumlah (ekor)	Rata-Rata (Ekor)
	1	2	3		
A	10	10	10	30	10.00
B	0	0	30	30	10.00
C	10	0	0	10	3.33
D	10	30	10	50	16.67
K	0	0	0	0	0.00

Tabel Analisis Sidik Ragam Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-2

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel 5%	Notasi
Perlakuan	506.6667	4	126.6667	1.357143	0.31562	3.47805	ns
Error	933.3333	10	93.33333				
Total	1440	14					

Lampiran 2. Tabel Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-3

Perlakuan	Ulangan			Jumlah (ekor)	Rata-Rata (Ekor)
	1	2	3		
A	10	20	30	60	20.00
B	10	20	40	70	23.33
C	10	0	10	20	6.67
D	10	40	10	60	20.00
K	0	0	0	0	0.00

Tabel Analisis Sidik Ragam Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-3

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel 5%	Notasi
Perlakuan	1226.667	4	306.6667	2.3	0.130149	3.47805	ns
Error	1333.333	10	133.3333				
Total	2560	14					

Lampiran 3. Tabel Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-4

Perlakuan	Ulangan			Jumlah (ekor)	Rata-Rata (Ekor)
	1	2	3		
A	10	30	40	80	26.67
B	30	20	40	90	30.00
C	10	0	20	30	10.00
D	10	40	20	70	23.33
K	0	0	0	0	0.00

Tabel Analisis Sidik Ragam Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-4

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel 5%	Notasi
Perlakuan	1906.667	4	476.6667	3.575	0.046529	3.47805	*
Error	1333.333	10	133.3333				
Total	3240	14					

Tabel Uji Lanjut DMRT Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-4

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata + DMRT	Simbol
K	0.00	21.01	a
C	10.00	31.95	ab
D	23.33	45.84	b
A	26.67	49.53	b
B	30.00		b

Lampiran 4. Tabel Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-5

Perlakuan	Ulangan			Jumlah (ekor)	Rata-Rata (Ekor)
	1	2	3		
A	10	30	50	90	30.00
B	30	20	40	90	30.00
C	10	0	30	40	13.33
D	30	40	30	100	33.33
K	0	0	0	0	0.00

Tabel Analisis Sidik Ragam Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-5

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel 5%	Notasi
Perlakuan	2440	4	610	3.98	0.034838	3.47805	*
Error	1533.333	10	153.3333				
Total	3973.333	14					

Tabel Uji Lanjut DMRT Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-5

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata + DMRT	Simbol
K	0.00	22.53	a
C	13.33	36.88	ab
A	30.00	54.14	b
B	30.00	54.52	b
D	33.33		b

Lampiran 5. Tabel Mortalitas Larva *S.litura* pada Hari ke-6

Perlakuan	Ulangan			Jumlah (ekor)	Rata-Rata (Ekor)
	1	2	3		
A	30	40	50	120	40.00
B	30	20	40	90	30.00
C	10	0	40	50	16.67
D	30	40	40	110	36.67
K	0	0	0	0	0.00

Tabel Analisis Sidik Ragam Mortalitas Larva *S.litura* pada Hari ke-6

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel 5%	Notasi
Perlakuan	3240	4	810	6.075	0.009568	3.47805	**
Error	1333.333	10	133.3333				
Total	4573.333	14					

Tabel Uji Lanjut DMRT Mortalitas Larva *S.litura* pada Hari ke-6

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata + DMRT	Simbol
K	0.00	21.01	a
C	16.67	38.62	ab
B	30.00	52.51	bc
D	36.67	59.53	bc
A	40.00		c

Lampiran 6. Tabel Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-7

Perlakuan	Ulangan			Jumlah (ekor)	Rata-Rata (Ekor)
	1	2	3		
A	50	40	60	150	50.00
B	30	30	40	100	33.33
C	10	10	40	60	20.00
D	40	50	50	140	46.67
K	0	0	0	0	0

Tabel Anallisis Sidik Ragam Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-7

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel 5%	Notasi
Perlakuan	5066.667	4	1266.667	13.57143	0.000476	3.47805	**
Error	933.3333	10	93.33333				
Total	6000	14					

Tabel Uji Lanjut DMRT Mortalitas Larva *S. litura* pada Hari ke-7

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata + DMRT	Simbol
K	0	17.58	a
C	20.00	38.37	b
B	33.33	52.16	bc
D	46.67	65.80	c
A	50.00		c

Tabel Rangkuman Hasil Analisis Sidik Ragam Mortalitas Larva *S. litura*

Parameter Pengamatan (HSA)	F Hitung Tiap Perlakuan
Mortalitas hari ke 1 (%)	0ns
Mortalitas hari ke 2 (%)	1.36ns
Mortalitas hari ke 3 (%)	2.3ns
Mortalitas hari ke 4 (%)	3.57*
Mortalitas hari ke 5 (%)	3.98*
Mortalitas hari ke 6 (%)	6.08**
Mortalitas hari ke 7 (%)	13.57**

Keterangan: (ns) tidak berbeda nyata; (*) berbeda nyata; (**) berbeda sangat nyata.

Lampiran 7. Data Perhitungan LC₅₀ Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam)

Konsentrasi	Log (ppm)	Probit	Mortalitas (%)
300	2.48	4.16	20
600	2.78	4.48	30
900	2.95	4.82	43.33
1200	3.08	5.15	56.67
1500	3.18	5.52	70

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	1.07805	1.07805	45.00013	0.006760107
Residual	3	0.07187	0.023957		
Total	4	1.14992			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	-0.61558	0.81413	0.75612	1	3.20650765	1.97534	-	1.97534
Log (ppm)	1.880976	0.28039	6.70821	0.00676	0.98862130	2.77333	0.98862	2.77333

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.968246
R Square	0.9375
Adjusted R Square	0.916667
Standard Error	0.154779
Observations	5

Intercept -0.6156 b
 Log (ppm) 1.8810 a

persamaan $y = ax + b$
 $5 = 1.881x - 0.6156$
 $x = 2.9854719$
 LC50 = antilog (x) 967.10111 ppm

Lampiran 8. Data Perhitungan LT_{50} Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam) Konsentrasi 300 ppm

		Confidence Limits					
Probabi lity	95% Confidence Limits for Hari			95% Confidence Limits for $\log(\text{Hari})^a$			
	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimat e	Lower Bound	Upper Bound	
PRO BIT	.010	2.280	.000	4.218	.358	-45.092	.625
	.020	2.784	.000	4.711	.445	-37.043	.673
	.030	3.160	.000	5.068	.500	-31.938	.705
	.040	3.476	.000	5.365	.541	-28.098	.730
	.050	3.756	.000	5.631	.575	-24.975	.751
	.060	4.012	.000	5.879	.603	-22.318	.769
	.070	4.251	.000	6.118	.629	-19.990	.787
	.080	4.477	.000	6.355	.651	-17.906	.803
	.090	4.693	.000	6.595	.671	-16.011	.819
	.100	4.901	.000	6.845	.690	-14.269	.835
	.150	5.865	.000	8.567	.768	-7.086	.933
	.200	6.765	.025	17.276	.830	-1.604	1.237
	.250	7.646	3.650	10856.618	.883	.562	4.036
	.300	8.535	5.770	197173005.545	.931	.761	8.295
	.350	9.450	6.755	2277663508.21	.975	.830	12.357
	.400	10.409	7.449	17180704647.8	1.017	.872	16.235
	.450	11.430	8.034	98815425097.5	1.058	.905	19.995
	.500	12.532	8.576	50001983134	1.098	.933	23.699
	.550	13.740	9.106	254359446379	1.138	.959	27.405
	.600	15.087	9.645	148973212832	1.179	.984	31.173
	.650	16.619	10.211	117041003151	1.221	1.009	35.068
	.700	18.401	10.823	1.493E+39	1.265	1.034	39.174
	.750	20.540	11.508	4.033E+43	1.313	1.061	43.606
	.800	23.214	12.305	3.474E+48	1.366	1.090	48.541
	.850	26.775	13.287	1.967E+54	1.428	1.123	54.294
	.900	32.041	14.615	3.414E+61	1.506	1.165	61.533
	.910	33.462	14.953	1.914E+63	1.525	1.175	63.282
	.920	35.076	15.327	1.519E+65	1.545	1.185	65.181
	.930	36.941	15.749	1.863E+67	1.568	1.197	67.270
	.940	39.141	16.232	4.010E+69	1.593	1.210	69.603
	.950	41.811	16.800	1.836E+72	1.621	1.225	72.264
	.960	45.181	17.491	2.454E+75	1.655	1.243	75.390
	.970	49.699	18.377	1.710E+79	1.696	1.264	79.233
	.980	56.412	19.619	2.197E+84	1.751	1.293	84.342
	.990	68.879	21.742	2.479E+92	1.838	1.337	92.394

a. Logarithm base = 10.

Lampiran 9. Data Perhitungan LT_{50} Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam) Konsentrasi 600 ppm

		Confidence Limits					
		95% Confidence Limits for Hari			95% Confidence Limits for $\log(\text{Hari})^a$		
	Probability	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT	.010	1.918	.001	3.346	.283	-3.066	.525
	.020	2.349	.004	3.755	.371	-2.381	.575
	.030	2.672	.011	4.046	.427	-1.947	.607
	.040	2.944	.024	4.287	.469	-1.621	.632
	.050	3.185	.044	4.498	.503	-1.357	.653
	.060	3.405	.074	4.693	.532	-1.133	.671
	.070	3.611	.116	4.878	.558	-.937	.688
	.080	3.806	.173	5.057	.581	-.762	.704
	.090	3.993	.249	5.235	.601	-.603	.719
	.100	4.173	.348	5.415	.620	-.458	.734
	.150	5.007	1.327	6.504	.700	.123	.813
	.200	5.788	3.215	8.998	.763	.507	.954
	.250	6.554	4.826	16.916	.817	.684	1.228
	.300	7.328	5.703	36.340	.865	.756	1.560
	.350	8.127	6.302	77.976	.910	.799	1.892
	.400	8.965	6.801	163.913	.953	.833	2.215
	.450	9.858	7.263	339.099	.994	.861	2.530
	.500	10.824	7.713	696.522	1.034	.887	2.843
	.550	11.884	8.170	1434.502	1.075	.912	3.157
	.600	13.068	8.647	2994.348	1.116	.937	3.476
	.650	14.416	9.156	6415.092	1.159	.962	3.807
	.700	15.987	9.716	14333.908	1.204	.987	4.156
	.750	17.876	10.350	34161.151	1.252	1.015	4.534
	.800	20.242	11.096	89919.431	1.306	1.045	4.954
	.850	23.398	12.025	278038.307	1.369	1.080	5.444
	.900	28.077	13.295	1151585.901	1.448	1.124	6.061
	.910	29.341	13.620	1623345.942	1.467	1.134	6.210
	.920	30.779	13.982	2357329.426	1.488	1.146	6.372
	.930	32.441	14.390	3552842.848	1.511	1.158	6.551
	.940	34.404	14.859	5617825.258	1.537	1.172	6.750
	.950	36.789	15.412	9474218.597	1.566	1.188	6.977
	.960	39.801	16.086	17508082.632	1.600	1.206	7.243
	.970	43.846	16.955	37251487.450	1.642	1.229	7.571
	.980	49.865	18.180	101646100.930	1.698	1.260	8.007
	.990	61.073	20.289	494652847.595	1.786	1.307	8.694

a. Logarithm base = 10.

Lampiran 10. Data Perhitungan LT_{50} Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam) Konsentrasi 900 ppm

		Confidence Limits					
		95% Confidence Limits for Hari			95% Confidence Limits for $\log(\text{Hari})^a$		
	Probability	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT	.010	1.301	.020	2.520	.114	-1.709	.401
	.020	1.618	.044	2.869	.209	-1.353	.458
	.030	1.858	.075	3.117	.269	-1.127	.494
	.040	2.062	.110	3.321	.314	-.958	.521
	.050	2.245	.151	3.497	.351	-.820	.544
	.060	2.412	.198	3.657	.382	-.703	.563
	.070	2.570	.251	3.804	.410	-.600	.580
	.080	2.719	.310	3.942	.434	-.509	.596
	.090	2.863	.375	4.074	.457	-.426	.610
	.100	3.002	.447	4.201	.477	-.350	.623
	.150	3.652	.919	4.803	.563	-.037	.682
	.200	4.269	1.605	5.422	.630	.205	.734
	.250	4.879	2.520	6.181	.688	.401	.791
	.300	5.502	3.588	7.325	.741	.555	.865
	.350	6.150	4.588	9.301	.789	.662	.969
	.400	6.835	5.371	12.584	.835	.730	1.100
	.450	7.570	5.993	17.600	.879	.778	1.246
	.500	8.371	6.538	24.998	.923	.815	1.398
	.550	9.256	7.058	35.882	.966	.849	1.555
	.600	10.252	7.582	52.117	1.011	.880	1.717
	.650	11.394	8.135	76.943	1.057	.910	1.886
	.700	12.735	8.738	116.307	1.105	.941	2.066
	.750	14.360	9.421	182.010	1.157	.974	2.260
	.800	16.415	10.228	300.164	1.215	1.010	2.477
	.850	19.184	11.240	538.542	1.283	1.051	2.731
	.900	23.341	12.639	1125.261	1.368	1.102	3.051
	.910	24.473	13.000	1344.703	1.389	1.114	3.129
	.920	25.765	13.403	1631.957	1.411	1.127	3.213
	.930	27.265	13.860	2019.253	1.436	1.142	3.305
	.940	29.044	14.387	2561.596	1.463	1.158	3.409
	.950	31.215	15.012	3360.348	1.494	1.176	3.526
	.960	33.973	15.779	4622.899	1.531	1.198	3.665
	.970	37.701	16.774	6843.459	1.576	1.225	3.835
	.980	43.297	18.192	11529.789	1.636	1.260	4.062
	.990	53.850	20.665	26244.181	1.731	1.315	4.419

a. Logarithm base = 10.

Lampiran 11. Data Perhitungan LT_{50} Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam) Konsentrasi 1200 ppm

		Confidence Limits					
		95% Confidence Limits for Hari			95% Confidence Limits for $\log(\text{Hari})^a$		
	Probability	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT	.010	.693	.000	2.033	-.159	-7.232	.308
	.020	.905	.000	2.352	-.043	-6.277	.372
	.030	1.073	.000	2.582	.031	-5.672	.412
	.040	1.219	.000	2.770	.086	-5.216	.442
	.050	1.353	.000	2.933	.131	-4.846	.467
	.060	1.478	.000	3.081	.170	-4.531	.489
	.070	1.598	.000	3.217	.203	-4.254	.507
	.080	1.712	.000	3.345	.234	-4.007	.524
	.090	1.824	.000	3.466	.261	-3.782	.540
	.100	1.933	.000	3.582	.286	-3.575	.554
	.150	2.460	.002	4.116	.391	-2.720	.614
	.200	2.979	.009	4.616	.474	-2.042	.664
	.250	3.510	.034	5.125	.545	-1.463	.710
	.300	4.068	.113	5.681	.609	-.947	.754
	.350	4.663	.334	6.356	.669	-.477	.803
	.400	5.309	.901	7.328	.725	-.045	.865
	.450	6.018	2.143	9.240	.779	.331	.966
	.500	6.809	3.956	6.950	.833	.597	1.169
	.550	7.703	5.414	31.765	.887	.734	1.502
	.600	8.733	6.411	80.446	.941	.807	1.906
	.650	9.942	7.227	222.081	.997	.859	2.347
	.700	11.397	8.007	663.028	1.057	.903	2.822
	.750	13.208	8.833	2185.467	1.121	.946	3.340
	.800	15.564	9.779	8312.114	1.192	.990	3.920
	.850	18.847	10.949	39660.326	1.275	1.039	4.598
	.900	23.978	12.564	284612.187	1.380	1.099	5.454
	.910	25.414	12.983	458347.121	1.405	1.113	5.661
	.920	27.072	13.451	769270.383	1.433	1.129	5.886
	.930	29.019	13.982	1359647.44	1.463	1.146	6.133
	.940	31.361	14.598	2568944.43	1.496	1.164	6.410
	.950	34.262	15.330	5308813.16	1.535	1.186	6.725
	.960	38.016	16.234	12458606.6	1.580	1.210	7.095
	.970	43.199	17.413	35566715.4	1.635	1.241	7.551
	.980	51.199	19.107	14349070.5	1.709	1.281	8.157
	.990	66.921	22.101	12939348.5	1.826	1.344	9.112

a. Logarithm base = 10.

Hari	Log (Hari)	Probit	Mortalitas (%)
1	0.0	3.45	6.67
2	0.3	4.01	16.67
3	0.5	4.26	23.33
4	0.6	4.56	33.33
5	0.7	4.64	36.67
6	0.8	4.9	46.67
7	0.8	5.15	56.67

	Coefficient	Standar Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept			51.5449	5.2E-08	3.24456	3.58516	3.24456	3.58516
Log (Hari)	3.414866	0.06625	51.5449	5.2E-08	3.24456	3.58516	3.24456	3.58516
	1.90846	0.11110	17.1775	1.22E-05	1.62286	2.19405	1.62286	2.19405

Intercept 3.4149 b
 Log (Hari) 1.9085 a

Persamaan $y = ax + b$
 $5 = 1.9085x + 3.4149$
 $x = 0.8305829$
 LT50 (antilog X) 6.77 Hari

Regression Statistics

Multiple R	0.991634
R Square	0.983337
Adjusted R Square	0.980004
Standard Error	0.080939
Observations	7

Lampiran 12. Data Perhitungan LT_{50} Senyawa Destruksin Isolat asal Kalimantan Timur (Balairiam) Konsentrasi 1500 ppm

		Confidence Limits					
		95% Confidence Limits for Hari			95% Confidence Limits for $\log(\text{Hari})^a$		
	Probability	Estimate	Lower Bound	Upper Bound	Estimate	Lower Bound	Upper Bound
PROBIT	.010	.879	.070	1.769	-.056	-1.154	.248
	.020	1.079	.113	2.020	.033	-.946	.305
	.030	1.229	.153	2.199	.090	-.814	.342
	.040	1.356	.193	2.344	.132	-.715	.370
	.050	1.468	.232	2.469	.167	-.635	.393
	.060	1.572	.272	2.581	.196	-.566	.412
	.070	1.668	.312	2.684	.222	-.506	.429
	.080	1.759	.353	2.781	.245	-.453	.444
	.090	1.846	.395	2.871	.266	-.404	.458
	.100	1.931	.438	2.957	.286	-.359	.471
	.150	2.322	.670	3.348	.366	-.174	.525
	.200	2.689	.939	3.702	.430	-.027	.568
	.250	3.050	1.250	4.046	.484	.097	.607
	.300	3.414	1.612	4.395	.533	.207	.643
	.350	3.791	2.031	4.765	.579	.308	.678
	.400	4.188	2.515	5.177	.622	.400	.714
	.450	4.610	3.062	5.662	.664	.486	.753
	.500	5.068	3.665	6.274	.705	.564	.798
	.550	5.571	4.294	7.100	.746	.633	.851
	.600	6.133	4.915	8.261	.788	.692	.917
	.650	6.774	5.512	9.908	.831	.741	.996
	.700	7.522	6.099	12.235	.876	.785	1.088
	.750	8.422	6.712	15.573	.925	.827	1.192
	.800	9.552	7.397	20.566	.980	.869	1.313
	.850	11.061	8.226	28.636	1.044	.915	1.457
	.900	13.304	9.350	43.682	1.124	.971	1.640
	.910	13.910	9.638	48.402	1.143	.984	1.685
	.920	14.601	9.958	54.120	1.164	.998	1.733
	.930	15.399	10.321	61.202	1.187	1.014	1.787
	.940	16.343	10.740	70.228	1.213	1.031	1.847
	.950	17.490	11.235	82.178	1.243	1.051	1.915
	.960	18.941	11.843	98.867	1.277	1.073	1.995
	.970	20.891	12.632	124.139	1.320	1.101	2.094
	.980	23.797	13.756	168.081	1.377	1.138	2.226
	.990	29.220	15.722	271.202	1.466	1.196	2.433

a. Logarithm base = 10.

Hari	Log (Hari)	Probit	Mortalitas (%)
1	0.0	3.45	6.67
2	0.3	4.01	16.67
3	0.5	4.36	26.67
4	0.6	4.82	43.33
5	0.7	5.00	50.00
6	0.8	5.25	60.00
7	0.8	5.52	70.00

	Coefficient	Standar Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95.0%	Upper 95.0%
Intercept		0.08448	39.5621	1.95E-07	3.12509	3.55942	3.12509	3.55942
t	3.342257	1	9		1	2	1	2
Log (Hari)	2.434672	0.141676	17.18482	1.22E-05	2.070483	2.798863	2.070483	2.798863

Intercept	3.3423	b
Log (Hari)	<u>2.4347</u>	a

Persamaan $y = ax + b$
 $5 = 2.4347x + 3.3423$
 $x = 0.6808899$
 LT50 (antilog x) 4.80 Hari

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.991641
R Square	0.983351
Adjusted R Square	0.980021
Standard Error	0.103212
Observations	7

Lampiran 13. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-1

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
A	63.00	53.33	51.33	167.67	55.89
B	51.67	49.67	47.67	149.00	49.67
C	71.00	69.67	57.00	197.67	65.89
D	43.67	47.00	44.33	135.00	45.00
K	46.00	54.00	53.33	153.33	51.11

Tabel Analisis Sidik Ragam Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-1

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel 5%	Notasi
Perlakuan	755.5259	4	188.8815	7.528491	0.004577	3.47805	*
Error	250.8889	10	25.08889				
Total	1006.415	14					

Tabel Uji Lanjut DMRT Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-1

Perlakuan	Rata-rata	Rata-rata + DMRT	Simbol
D	45.00	54.11	a
B	49.67	59.19	ab
K	51.11	60.87	ab
A	55.89	65.81	bc
C	65.89		c

Lampiran 14. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-2

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
A	55.33	68.67	55.00	179.00	59.67
B	62.67	59.00	67.67	189.33	63.11
C	78.33	81.33	63.67	223.33	74.44
D	53.00	60.67	61.33	175.00	58.33
K	59.00	63.33	75.00	197.33	65.78

Tabel Analisis Sidik Ragam Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-2

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel	Notasi
						5%	
Perlakuan	490.7111	4	122.6778	2.368297	0.122577	3.47805	ns
Error	518	10	51.8				
Total	1008.71	14					

Lampiran 15. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-3

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
A	52.67	73.33	56.00	182.00	60.67
B	62.00	53.00	69.00	184.00	61.33
C	100.00	100.00	64.33	264.33	88.11
D	58.67	67.00	60.67	186.33	62.11
K	80.67	71.33	58.33	210.33	70.11

Tabel Analisis Sidik Ragam Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-3

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel	Notasi
						5%	
Perlakuan	1622.178	4	405.5444	2.681384	0.093813	3.47805	ns
Error	1512.444	10	151.2444				
Total	3134.622	14					

Lampiran 16. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-4

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
A	100.00	79.67	82.00	261.67	87.22
B	84.67	100.00	100.00	284.67	94.89
C	100.00	100.00	100.00	300.00	100.00
D	71.67	100.00	100.00	271.67	90.56
K	93.33	100.00	100.00	293.33	97.78

Tabel Analisis Sidik Ragam Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-4

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel	Notasi
						5%	
Perlakuan	326.4741	4	81.61852	0.842135	0.529254	3.47805	ns
Error	969.1852	10	96.91852				
Total	1295.659	14					

Lampiran 17. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-5

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
A	100.00	100.00	92.33	292.33	97.44
B	100.00	95.00	100.00	295.00	98.33
C	100.00	100.00	100.00	300.00	100.00
D	72.33	100.00	100.00	272.33	90.78
K	96.67	100.00	94.67	291.33	97.11

Tabel Analisis Sidik Ragam Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-5

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel	Notasi
						5%	
Perlakuan	148.0444	4	37.01111	0.63739	0.647596	3.47805	ns
Error	580.6667	10	58.06667				
Total	728.7111	14					

Lampiran 18. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-6

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
A	100.00	100.00	87.67	287.67	95.89
B	100.00	100.00	69.00	269.00	89.67
C	100.00	100.00	91.67	291.67	97.22
D	100.00	100.00	100.00	300.00	100.00
K	100.00	100.00	95.67	295.67	98.56

Tabel Analisis Sidik Ragam Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-6

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel 5%	Notasi
Perlakuan	191.3778	4	47.84444	0.597392	0.67288	3.47805	ns
Error	800.8889	10	80.08889				
Total	992.2667	14					

Lampiran 19. Tabel Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-7

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata
	1	2	3		
A	91.00	66.00	57.67	214.67	71.56
B	64.33	75.33	77.67	217.33	72.44
C	86.33	100.00	89.33	275.67	91.89
D	85.67	100.00	63.67	249.33	83.11
K	100.00	100.00	100.00	300.00	100.00

Tabel Uji Lanjut DMRT Kemampuan Makan Ulat Grayak Hari ke-7

SK	JK	dB	KT	F	P-value	F Tabel 5%	Notasi
Perlakuan	1821.659	4	455.4148	3.084847	0.067614	3.47805	ns
Error	1476.296	10	147.6296				
Total	3297.956	14					

Lampiran 20. Dokumentasi

Gambar 1. Proses rearing larva *S. litura*Gambar 2. Perkembangan *S. litura* dari telur-imago

Gambar 3. Proses pembuatan media cair Czapek Dox-Broth



Gambar 4. Inokulasi *M. anisopliae* pada media cair



Gambar 5. Proses isolasi senyawa destruksin dari media cair



Gambar 6. Proses aplikasi senyawa destruksin terhadap larva *S. litura*