

SKRIPSI

**JAMUR ENDOFIT SEBAGAI ENTOMOPATOGEN
TERHADAP LARVA *Spodoptera frugiperda* DAN PELARUT
FOSFAT**

**ENDOPHYTIC FUNGI AS ENTOMOPATHOGENS AGAINST
Spodoptera frugiperda LARVAE AND PHOSPHATE
SOLUBILIZER**



**Dellania Eka Rindiani
05081181823062**

**PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

SUMMARY

DELLANIA EKA RINDIANI, Endophytic Fungi as Entomopathogens Against *Spodoptera frugiperda* Larvae and Phosphate Solubilizer (Supervised by **SITI HERLINDA**).

Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) is a polyphagous pest that attacks maize plantations in Indonesia. *S. frugiperda* attacks maize when maize is in the generative and vegetative phases which can be economically detrimental. One of the controls carried out in reducing the population of this pest is by using endophytic fungi. Endophytic fungi can act as entomopathogens to control *S. frugiperda* larvae, can stimulate corn growth and can also dissolve phosphate in the soil. The existence of endophytic fungi has great potential but many do not know about it. Therefore, this study aimed to test and determine the pathogenicity of endophytic entomopathogenic fungi against *S. frugiperda* larvae, to test the ability of endophytic entomopathogenic fungi to dissolve phosphate, and to test endophytic entomopathogenic fungi as corn growth promoters.

This study used a virulence test method for *S. frugiperda* larvae using a Completely Randomized Design (CRD) which was repeated three times with 1 control and 7 isolate treatments, namely JgSPK, JaGiP, JgCrJr, JaTpOi(1), JaSPKPga(3), JaTpOi(2) and CaTpPga and observed for 12 days. The observed variables included the effect of endophytic fungi on mortality, feeding preferences, body weight and feces of *S. frugiperda* larvae, the effect of endophytic fungi as corn growth promoters and the effect of endophytic fungi in dissolving phosphate.

The results of this study were that the seven endophytic fungal isolates microscopically had different morphological characteristics of fungal structures. The pathogenic endophytic fungi isolates in controlling *S. frugiperda* were CaTpPga isolates with mortality reaching 32.00% and the shortest LT_{50} and LT_{95} ie 13.21 days and 27.03 days with symptoms of larval infection being dead, dry, stiff, mummified and their bodies covered with mycelium. In this study, the seven endophytic fungi were proven to be able to dissolve phosphate with the highest phosphate Solubility Index (SI) in JaTpOi(2) isolates, which was 3.30 cm.

The conclusion in this study was that the seven endophytic fungi had the ability to kill larvae with the highest pathogenicity in three isolates, namely CaTpPga 32.00%. The highest phosphate solubilization ability was found in the three isolates JaTpOi(2) 3.30 cm, JaTpOi(1) 3.01 cm and JgSPK 3.00 cm and proved to have the ability to accelerate the growth rate of maize.

Keywords: phosphate, endophytic fungi, entomopathogenic fungi, *Spodoptera frugiperda*

RINGKASAN

DELLANIA EKA RINDIANI, Jamur Endofit sebagai Entomopatogen terhadap Larva *Spodoptera frugiperda* dan Pemacu Pelarut Fosfat (Dibimbing oleh **SITI HERLINDA**).

Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) merupakan hama polifag yang menyerang pertanaman jagung di Indonesia. *S. frugiperda* menyerang jagung pada saat jagung berada di fase generatif dan vegetatif yang dapat merugikan secara ekonomi. Salah satu pengendalian yang dilakukan dalam mengurangi populasi hama ini adalah dengan memanfaatkan jamur endofit. Jamur endofit dapat berperan sebagai entomopatogen untuk mengendalikan larva *S. frugiperda*, dapat memacu pertumbuhan jagung dan juga dapat melarutkan fosfat yang berada di tanah. Keberadaan jamur endofit memiliki potensi yang besar namun banyak yang belum mengetahuinya. Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk menguji dan mengetahui patogenesitas jamur entomopatogen endofit terhadap larva *S. frugiperda*, untuk menguji kemampuan jamur entomopatogen endofit melarutkan fosfat, dan untuk menguji jamur entomopatogen endofit sebagai pemacu pertumbuhan jagung.

Penelitian ini menggunakan metode uji virulensi terhadap larva *S. frugiperda* menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang diulang sebanyak tiga kali dengan 1 kontrol dan 7 perlakuan isolat yaitu JgSPK, JaGiP, JgCrJr, JaTpOi(1), JaSPKPga(3), JaTpOi(2) dan CaTpPga dan diamati selama 12 hari. Peubah yang diamati diantaranya pengaruh jamur endofit terhadap mortalitas, preferensi makan, berat badan dan kotoran larva *S. frugiperda*, pengaruh jamur endofit sebagai pemacu pertumbuhan jagung dan pengaruh jamur endofit dalam melarutkan fosfat.

Hasil pada penelitian ini adalah pada ketujuh isolat jamur endofit secara mikroskopis memiliki ciri morfologi struktur jamur yang berbeda-beda. Isolat jamur endofit yang patogenesitas dalam mengendalikan *S. frugiperda* yakni isolat CaTpPga dengan mortalitas mencapai 32.00% dan LT_{50} dan LT_{95} tersingkat yakni 13.21 hari dan 27.03 hari dengan menunjukkan gejala infeksi larva mati, kering, kaku, memumi dan tubuhnya diselimuti miselium. Pada penelitian ini ketujuh jamur endofit terbukti dapat melarutkan fosfat dengan angka Indeks Kelarutan Fosfat Tertinggi (IKS) pada isolat JaTpOi(2) yaitu 3.30 cm.

Kesimpulan pada penelitian ini adalah ketujuh jamur endofit memiliki kemampuan dalam membunuh larva dengan patogenesitas tertinggi pada tiga isolat, yaitu isolat CaTpPga 32.00%. Kemampuan melarutkan fosfat tertinggi pada tiga isolat JaTpOi(2) 3.30 cm, JaTpOi(1) 3.01 cm dan JgSPK 3.00 cm dan terbukti memiliki kemampuan mempercepat laju pertumbuhan jagung.

Kata kunci: fosfat, jamur endofit, jamur entomopatogen, *Spodoptera frugiperda*

SKRIPSI

**JAMUR ENDOFIT SEBAGAI ENTOMOPATOGEN
TERHADAP LARVA *Spodoptera frugiperda* DAN PELARUT
FOSFAT**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Pertanian pada
Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya



Dellania Eka Rindiani
05081181823062

**PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

JAMUR ENDOFIT SEBAGAI ENTOMOPATOGEN TERHADAP LARVA *Spodoptera frugiperda* DAN PELARUT FOSFAT

SKRIPSI

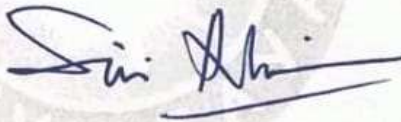
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Pertanian
pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh :

Dellania Eka Rindiani
05081181823062

Indralaya, Oktober 2021

Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si.
NIP. 196510201992032001

Mengetahui,
Dekan Fakultas
Fakultas Pertanian Unsri





Dr. Ir. A. Muslim, M. Agr
NIP. 196412291990011001

Skripsi dengan Judul “Jamur Endofit sebagai Entomopatogen terhadap Larva *Spodoptera Frugiperda* dan Pelarut Fosfat” oleh Dellania Eka Rindiani telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 26 Oktober 2021 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

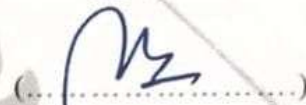
1. Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si
NIP 196510201992032001

Ketua



2. Arsi, S.P, M.Si
NIP 198510172005105101

Sekretaris



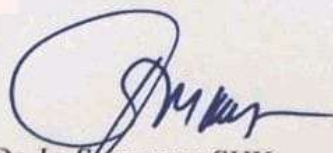
3. Dr. Ir. Suparman SHK
NIP 196001021985031019

Anggota




Ketua Jurusan
Hama dan Penyakit Tumbuhan

Indralaya, 26 Oktober 2021
Koordinator Program Studi
Proteksi Tanaman



Dr. Ir. Suparman SHK
NIP 196001021985031019



Dr. Ir. Suparman SHK
NIP 196001021985031019

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dellania Eka Rindiani

NIM : 05081181823062

Judul : Jamur Endofit sebagai Entomopatogen terhadap Larva *Spodoptera frugiperda* dan Pelarut Fosfat.

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, 26 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan



Dellania Eka Rindiani

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 19 Januari 2000 di Desa Teluk Dalem, Kabupaten Lampung Timur. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Dedi Nasrial dan Ibu Ennylawati.

Penulis memulai pendidikan di TK ABA pada tahun 2005 dan dilanjutkan ke Sekolah Dasar Negeri 1 Teluk Dalem. Setelah itu melanjutkan Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Mataram Baru dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Way Jepara. Setelah menyelesaikan pendidikan SMA tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan di Perguruan Tinggi Negeri Universitas Sriwijaya, Fakultas Pertanian, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Pogram Studi Proteksi Tanaman melalui jalur SNMPTN. Penulis bekuliah dengan mendapatkan beasiswa Bidikmisi dan Beasiswa Relawan Wakaf Dhuafa Mulia.

Selama menjadi mahasiswi di Universitas Sriwijaya, penulis aktif mengikuti beberapa organisasi dan mendapat amanah seperti sekretaris Biro Danus BWPI FP 2018, sekretaris dinas Kominfo BEM KM FP tahun 2019, sekretaris departemen Medinfo HIMAPRO 2019, dan anggota Ristek BO Kurma 2021. Selain aktif di organisasi internal penulis juga mengikuti kegiatan eksternal seperti Relawan Wakaf Dhuafa Mulia dan volunteer. Penulis memiliki prestasi ditingkat nasional maupun internasional dan beberapa kali mendapatkan juara dibidang lomba karya tulis ilmiah dan desain poster. Pada tahun 2021 Penulis meraih gelar sebagai Mahasiswa Berprestasi Utama Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Selain itu, penulis juga aktif menjadi asisten praktikum pada matakuliah Dasar-dasar Pelindungan Tanaman dan Entomologi.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Jamur Endofit sebagai Entomopatogen terhadap Larva *Spodoptera frugiperda* dan Pelarut Fosfat”.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada **Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda. M.Si** selaku pembimbing atas kesabaran dan perhatiannya mulai dari awal perencanaan, pelaksanaan hingga penelitian sampai akhir penyusunan dan penulisannya dalam skripsi ini. Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Tahun Anggaran 2021 sesuai dengan kontrak skema Penelitian Dasar Nomor: 150/E4.1/AK.04.PT/2021 yang diketuai oleh Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda. M.Si. Oleh karena itu, tidak diperkenankan menyebarkan dan mempublikasikan data pada skripsi ini tanpa izin tertulis dari Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda. M.Si.

Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang memberikan dukungan serta doa dalam pelaksanaan penelitian serta penyusunan skripsi.
2. Bapak Dekan FP, Bapak Kepala Jurusan HPT Dr. Ir. Suparman SHK, Bapak Arsi, S.P, M.Si, Mbak Dewi dan pengurus administrasi.
3. Taruna dan Taruni Laboratorium Entomologi (Yossi, Dya, Ipa, Hopi, Chacha, Acha, Fitra, Bella, Nadya, Vivin, Titi, Ajeng, Lisa, Kak Winda dan Kak Detya), Beringin (Kak Ari, Fairuz, Ajum, Rafil, Fiza dan Anisa), Mantabkeun (Cahaya, Michael, Rizki dan Nugraha), Yefana Kost (Kak Ajeng, Kak Tari, Moci dan Tomi) yang membantu, memberikan dukungan dan semangat.

Saya berharap skripsi ini dapat sebagai sumber pengembangan ilmu dan pengetahuan untuk kita semua. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun agar kedepannya lebih baik. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Indralaya, 26 Oktober 2021

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Hipotesis	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Taksonomi <i>Spodoptera frugiperda</i>	4
2.2. Morfologi dan Bioekologi <i>Spodoptera frugiperda</i>	4
2.2.1. Telur <i>Spodoptera frugiperda</i>	5
2.2.2. Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	5
2.2.3. Pupa <i>Spodoptera frugiperda</i>	6
2.2.4. Imago <i>Spodoptera frugiperda</i>	6
2.3. Perilaku <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
2.4. Gejala Serangan <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
2.5. Tanaman Inang <i>Spodoptera frugiperda</i>	9
2.6. Jagung (<i>Zea mays</i>).....	9
2.7. Jamur Endofit Entomopatogen	10
2.8. Spesies Jamur Endofit Entomopatogen	11
2.8.1 <i>Beauveria bassiana</i>	11
2.8.2. <i>Metarizhium anisopliae</i>	12
2.8.3. <i>Aspergillus</i> sp.	13
2.8.4. <i>Penicillium citrinum</i>	14
2.9. Mekanisme Jamur Entomopatogen Menginfeksi Serangga	15
2.10. Siklus Hidup Umum Jamur Patogen Serangga.....	15
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	17
3.1. Tempat dan Waktu.....	17
3.2. Alat dan Bahan	17
3.3. Metode Penelitian	17

3.4.	Cara Kerja.....	18
3.4.1.	Persiapan Serangga Uji.....	18
3.4.2.	Sterilisasi Alat dan Bahan.....	19
3.4.3.	Pembugaran Isolat Entomopatogen	19
3.4.4.	Uji Konfirmasi dan Jamur Endofit yang Mengkolonisasi Daun	20
3.4.5.	Perhitungan Kerapatan Konidia dan Viabilitas Konidia	20
3.4.6.	Pengujian Jamur sebagai Pemacu Pertumbuhan Bibit Jagung	23
3.4.7.	Uji Patogenesitas Isolat terhadap Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	23
3.4.8.	Uji Konfirmasi dan Jamur Endofit yang Menginfeksi Larva.....	27
3.5.	Uji Pelarut Fosfat pada Media Pikovskaya (PVK)	27
3.6.	Analisis Data.....	28
BAB 4.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1.	Hasil.....	29
4.1.1.	Isolat Jamur Endofit pada Jagung dan Cabai di Sumatera Selatan..	29
4.1.2.	Kerapatan Konidia dan Viabilitas	29
4.1.3.	Berat Badan Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	33
4.1.4.	Luas daun yang dimakan (LDD)	33
4.1.5.	Berat Kotoran Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	37
4.1.6.	Mortalitas LT_{50} dan LT_{95} Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	37
4.1.7.	Berat Pupa dan Panjang Pupa <i>Spodoptera frugiperda</i>	42
4.1.8.	Rentang Sayap Imago dan Panjang Badan <i>Spodoptera frugiperda</i>	42
4.1.9.	Persentase Muncul Pupa Normal dan Pupa Abnormal.....	42
4.1.10.	Persentase Imago Muncul Normal dan Tidak Normal	42
4.1.11.	Lama Hidup Imago, Jumlah Telur, dan Jumlah Telur Menetas.....	47
4.1.12.	Pengaruh Jamur terhadap Pertumbuhan Bibit Jagung	47
4.2.	Pengaruh Jamur Entomopatogen terhadap Kelarutan Fosfat	51
4.3.	Pembahasan	53
BAB 5.	KESIMPULAN DAN SARAN	56
5.1.	Kesimpulan.....	56
5.2.	Saran	56
	DAFTAR PUSTAKA	57
	LAMPIRAN.....	64

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) serangga hama yang berasal dari Amerika dan menyebar ke negara dunia sehingga menyebabkan kerugian terhadap hasil jagung (De Groote *et al.*, 2020). Pada 2016, *S. frugiperda* menjadi spesies hama invasif di Afrika Barat, Afrika Tengah dan dapat menyebar cepat (Goergen *et al.*, 2016). Kehilangan hasil disebabkan *S. frugiperda* di negara Zimbabwe mencapai 32-48% (Baudron *et al.*, 2019). Pada 2018, kelimpahan *S. frugiperda* yang menyerang di Zimbabwe berkisar antara 13,7-33,3 larva/30 tanaman dengan tingkat kerusakan daun dan rumbai mencapai 25 dan 50% (Chimweta *et al.*, 2020). Total kerugian yang disebabkan *S. frugiperda* di seluruh negara mencapai 37% (De Groote *et al.*, 2020). Di Kenya menyebabkan kehilangan hasil sepertiga produksi jagung tahunan diperkirakan mencapai 1 juta ton (De Groote *et al.*, 2020). Diprediksi *S. frugiperda* menyebabkan kerugian \$ US13 miliar pertahun dan mengancam mata pencaharian jutaan petani di negara Afrika sub-Sahara (Harrison *et al.*, 2019). Pada awal 2019, *S. frugiperda* menyerang tanaman jagung di Sumatera (Maharani *et al.*, 2019). Hama ini merupakan serangga polifagus, namun sangat menyukai inang yang berkaitan erat dengan rerumputan seperti jagung, oat dan gandum (Mello da Silva *et al.*, 2017).

Pengendalian hayati kerap diterapkan oleh petani jagung untuk mengendalikan hama (Ayudya, 2019). Salah satu pengendalian hayati adalah dengan jamur entomopatogen (Akutse *et al.*, 2019). Pengendalian ini ramah lingkungan, tidak menimbulkan dampak negatif dan tidak menyebabkan resistensi (Bamisile *et al.*, 2019). Dalam pengendalian hayati menggunakan jamur entomopatogen seperti *B. bassiana* dan *M. anisopliae* (Ngangambe & Mwatawala, 2020). Jamur yang berperan sebagai entomopatogen seperti *B. bassiana*, *M. anisopliae*, *Aspergillus* sp (Apriliani *et al.*, 2019; Gustianingtyas, 2021a; Miranda *et al.*, 2020; Winarto & Nazir, 2012). Jamur entomopatogen seperti *B. bassiana* dan *M. anisopliae* selain digunakan dalam pengendalian juga memiliki peran penting bagi pertumbuhan tanaman apabila bersifat sebagai jamur endofit (Tall &

Meyling, 2018). Perawatan benih dengan menggunakan jamur entomopatogen dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Jaber & Enkerli, 2016). Di Sumatera Selatan ditemukan jamur *M. citrinum*, *T. diversus*, *B. bassiana* dan *M. anisopliae* yang efektif membunuh larva *S. litura* (Herlinda *et al.*, 2020). Jamur entomopatogen menghasilkan filtrat bersifat toksik yang berpotensi menjadi bahan aktif *mycoinsecticides* (Gustianingtyas *et al.*, 2020).

Jamur endofit lebih efektif digunakan untuk mengendalikan larva *S. frugiperda* dikarenakan larva menyerang dan masuk ke dalam titik tumbuh (Wu *et al.*, 2016). Sehingga sulit dijangkau apabila digunakan pengendalian yang bersifat topikal yang harus mengenai tubuh serangga langsung (Hardiyanti, Soekarno, & Yuliani, 2018). Sedangkan apabila jamur bersifat endofit jamur tersebut berada di dalam jaringan tanaman (Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty *et al.*, 2020). Beberapa jamur entomopatogen yang ditemui juga dapat melarutkan fosfat (Darwis *et al.*, 2019). Fosfat merupakan salah satu unsur hara yang terletak di tanah yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman (Barra-Bucarei *et al.*, 2020). Apabila tanaman kekurangan unsur hara fosfat tanaman menjadi kerdil, daun mengecil dan produktivitas menurun (Saputra & Pudjihartati, 2020). Kebaharuan dari penelitian ini adalah mengetahui efektivitas jamur endofit entomopatogen dalam melarutkan fosfat yang sebelumnya di Sumatera Selatan belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, jamur entomopatogen endofit dapat berpotensi sebagai agen pengendalian hayati hama *S. frugiperda* dan pelarut fosfat.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini:

1. apakah jamur endofit memiliki kemampuan membunuh larva *S. frugiperda*?
2. apakah jamur endofit memiliki kemampuan melarutkan fosfat?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini:

1. untuk menguji patogenesitas jamur entomopatogen endofit terhadap larva *S. frugiperda*.
2. untuk menguji kemampuan jamur entomopatogen endofit melarutkan fosfat.

1.4. Hipotesis

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut ini:

1. diduga isolat jamur entomopatogen endofit dapat menyebabkan mortalitas terhadap larva *S. frugiperda*.
2. diduga isolat jamur entomopatogen endofit dapat melarutkan fosfat.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi dan pengetahuan mengenai teknologi menggunakan jamur entomopatogen endofit yang dapat digunakan sebagai pengendalian hayati terhadap larva *S. frugiperda*, pemacu pertumbuhan tanaman jagung, dan pelarut fosfat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agastya, Indra, I. M., Ameliawati, Presti, Fikrinda, & Wahyu. 2018. Exploration and identification of insect pathogenic fungi in rhizosphere on dry land Malang Regency. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 17(3), 13–17.
- Akutse, K. S., Kimemia, J. W., Ekesi, S., Khamis, F. M., Ombura, O. L., & Subramanian, S. 2019. Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology*, 143(6), 626–634. <https://doi.org/10.1111/jen.12634>.
- Alejandra, M., Mora, E., Marcelo, A., Castilho, C., & Fraga, M. E. 2017. Classification and infection mechanism of entomopathogenic fungi. *Agricultura Microbiology*, 84, 1–10. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000552015>.
- Apriliani, F., Rosa, E., Ekowati, C. N., & Tundjung Tripeni Handayani. 2019. Karakterisasi Proteolitik Fungi Entomopatogen *Aspergillus* sp. dari Kecoa *Periplaneta americana*. *Prosiding Seminar Nasional Perhimpunan Biologi Indonesia XXV 25-27 Agustus 2019*, 1–5.
- Ayudya, D. R., Herlinda, S., & Suwandi, S. 2019. Insecticidal activity of culture filtrates from liquid medium of *Beauveria bassiana* isolates from South Sumatra (Indonesia) wetland soil against larvae of *Spodoptera litura*. *Biodiversitas*, 20(8), 2101–2109. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200802>.
- Bamisile, B. S., Dash, C. K., Akutse, K. S., Qasim, M., Aguila, L. C. R., Wang, F., Wang, L. 2019. Endophytic *Beauveria bassiana* in foliar-treated citrus limon plants acting as a growth suppressor to three successive generations of diaphorina citri kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Insects*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/insects10060176>.
- Bamisile, B. S., Senyo Akutse, K., Dash, C. K., Qasim, M., Ramos Aguila, L. C., Ashraf, H. J., Wang, L. 2020. Effects of seedling age on colonization patterns of citrus limon plants by endophytic *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* and their influence on seedlings growth. *Journal of Fungi*, 6(1), 29. <https://doi.org/10.3390/jof6010029>.
- Barra-Bucarei, L., González, M. G., Iglesias, A. F., Aguayo, G. S., Peñalosa, M. G., & Vera, P. V. 2020. *Beauveria bassiana* multifunction as an endophyte: Growth promotion and biologic control of trialeurodes vaporariorum, (westwood) (hemiptera: Aleyrodidae) in tomato. *Insects*, 11(9), 1–15. <https://doi.org/10.3390/insects11090591>.
- Barra, P., Nesci, A., & Etcheverry, M. 2013. In vitro compatibility of natural and food grade fungicide and insecticide substances with *Purpureocillium lilacinum* and their effect against *Aspergillus flavus*. *Journal of Stored*

Products Research, 54, 67–73. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2013.06.002>.

- Baudron, F., Zaman-Allah, M. A., Chaipa, I., Chari, N., & Chinwada, P. 2019. Understanding the factors influencing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) damage in African smallholder maize fields and quantifying its impact on yield. A case study in Eastern Zimbabwe. *Crop Protection*, 120, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.028>.
- Boomsma, J. J., Jensen, A. B., Meyling, N. V., & Eilenberg, J. 2014. Evolutionary Interaction Networks of Insect Pathogenic Fungi, (October 2013), 467–485. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011613-162054>.
- Chimweta, M., Nyakudya, I. W., Jimu, L., & Bray Mashingaidze, A. 2020. Fall armyworm [*Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)] damage in maize: management options for flood-recession cropping smallholder farmers. *International Journal of Pest Management*, 66(2), 142–154. <https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1577514>.
- Darwis, S., Sani, A., Ambardini, S., Arfa, N., & Boer, D. 2019. Isolation and identification of phosphate solubilizing molds from gadung (*Dioscorea hispida dennst*) and bamboo (*Dendrocalamus asper*). *Berkala Penelitian Agronomi*, 129(2), 118–129.
- De Groote, H., Kimenju, S. C., Munyua, B., Palmas, S., Kassie, M., & Bruce, A. 2020. Spread and impact of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) in maize production areas of Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 292(July 2019). <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106804>.
- Deshmukh, S. S., Prasanna, B. M., Kalleshwaraswamy, C. M., Jaba, J., Choudhary, B., & 8. 2021. Polyphagous Pests of Crops. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-981-15-8075-8_8.
- Dias, A. S., Marucci, R. C., Mendes, S. M., Moreira, S. G., Araújo, O. G., Santos, C. A. dos, & Barbosa, T. A. 2016. Bioecology of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1757) in different cover crops. *Bioscience Journal*, 337–345. <https://doi.org/10.14393/bj-v32n2a2016-29759>.
- Early, R., González-Moreno, P., Murphy, S. T., & Day, R. 2018. Forecasting the global extent of invasion of the cereal pest *Spodoptera frugiperda*, the fall armyworm. *NeoBiota*, (40), 25–50. <https://doi.org/10.3897/neobiota.40.28165>.
- Ganiger, P. C., Yeshwanth, H. M., Muralimohan, K., Vinay, N., Kumar, A. R. V., & Chandrashekara, K. 2018. Occurrence of the new invasive pest, fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in the maize fields of Karnataka, India. *Current Science*, 115(4), 621–623. <https://doi.org/10.18520/cs/v115/i4/621-623>.
- Gargita, I. W. D., Sudiarta, I. P., & Wirya, G. N. A. S. 2017. Pemanfaatan

Patogen Serangga (*Beauveria bassiana* Bals.) Untuk mengendalikan hama penghisap buah kakao (*Helopeltis* Spp.) Di Desa Gadungan, Kecamatan Selemadeg Timur, Kabupaten Tabanan. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika (Journal of Tropical Agroecotechnology)*, 6(1), 11–20.

Goergen, G., Kumar, P. L., Sankung, S. B., Togola, A., & Tamò, M. 2016. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *PLoS ONE*, 11(10), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0165632>.

Gustianingtyas, M., Herlinda, S., & Suwandi, S. 2021a. The endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) and their pathogenicity against the new invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas*, 22(2), 1051–1062. <https://doi.org/10.13057/BIODIV/D220262>.

Gustianingtyas, M., Herlinda, S., & Suwandi, S. 2021b. The endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) and their pathogenicity against the new invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(2), 1051–1062. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220262>.

Gustianingtyas, M., Herlinda, S., Suwandi, Suparman, Hamidson, H., Hasbi, Arsi. 2020. Toxicity of entomopathogenic fungal culture filtrate of lowland and highland soil of South Sumatra (Indonesia) against *Spodoptera litura* larvae. *Biodiversitas*, 21(5), 1839–1849. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210510>.

Gutierrez-Moreno, R., Mota-Sanchez, D., Blanco, C. A., Whalon, M. E., Terán-Santofimio, H., Rodriguez-Maciel, J. C., & Difonzo, C. 2019. Field-Evolved resistance of the Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to synthetic insecticides in Puerto Rico and Mexico. *Journal of Economic Entomology*, 112(2), 792–802. <https://doi.org/10.1093/jee/toy372>.

Hanif, K. I., Herlinda, S., Irsan, C., Pujiastuti, Y., Prabawati, G., Hasbi, & Karenina, T. 2020. The impact of bioinsecticide overdoses of *Beauveria bassiana* on species diversity and abundance of not targeted arthropods in South Sumatra (Indonesia) freshwater swamp paddy. *Biodiversitas*, 21(5), 2124–2136. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210541>.

Hardiyanti, S., Soekarno, B. P. W., & Yuliani, T. S. 2018. Kemampuan Mikrob Endofit dan Rizosfer Tanaman Karet dalam Mengendalikan *Rigidoporus lignosus*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 13(5), 153. <https://doi.org/10.14692/jfi.13.5.153>.

Harrison, R. D., Thierfelder, C., Baudron, F., Chinwada, P., Midega, C., Schaffner, U., & van den Berg, J. 2019. Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. *Journal of Environmental Management*, 243(March), 318–330.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.011>.

- Herlinda, S., Efendi, R. A., Suharjo, R., Hasbi, Setiawan, A., Elfita, & Verawaty, M. 2020. New emerging entomopathogenic fungi isolated from soil in south Sumatra (Indonesia) and their filtrate and conidial insecticidal activity against spodoptera litura. *Biodiversitas*, 21(11), 5102–5113. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211115>.
- Hruska, A. J. 2019. Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) management by smallholders. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 14(043), 0–3. <https://doi.org/10.1079/PAVSNR201914043>.
- Imoulan, A., Hussain, M., Kirk, P. M., El Meziane, A., & Yao, Y. J. 2017. Entomopathogenic fungus Beauveria: Host specificity, ecology and significance of morpho-molecular characterization in accurate taxonomic classification. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(4), 1204–1212. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.08.015>.
- Jaber, L. R., & Enkerli, J. 2016. Effect of seed treatment duration on growth and colonization of *Vicia faba* by endophytic *Beauveria bassiana* and *Metarhizium brunneum*. *Biological Control*, 103, 187–195. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.09.008>.
- Koffi, D., Kyerematen, R., Eziah, V. Y., Agboka, K., Adom, M., Goergen, G., & Meagher, R. L. (2020). Natural Enemies of the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in Ghana. *Florida Entomologist*, 103(1), 85. <https://doi.org/10.1653/024.103.0414>
- Kustiati, N. Y. R. 2018. Patogenitas isolat jamur entomopatogenik *Metarhizium anisopliae* terhadap lalat rumah *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). *Jurnal Protobiont*, 7(3), 77–82. <https://doi.org/10.26418/protobiont.v7i3.29090>.
- Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty, L., Tamez-Guerra, P., Gomez-Flores, R., Rodriguez-Padilla, M. C., & Ek-Ramos, M. J. 2020. Endophytic *Beauveria bassiana* promotes drought tolerance and early flowering in corn. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 36(3), 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02823-4>.
- Maharani, Y., Dewi, V. K., Puspasari, L. T., Rizkie, L., Hidayat, Y., & Dono, D. 2019. Cases of Fall Army Worm *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) Attack on Maize in Bandung, Garut and Sumedang District, West Java. *CROPSAVER - Journal of Plant Protection*, 2(1), 38. <https://doi.org/10.24198/cropsaver.v2i1.23013>.
- Mantzoukas, S., Chondrogiannis, C., & Grammatikopoulos, G. 2015. Effects of three endophytic entomopathogens on sweet sorghum and on the larvae of the stalk borer *Sesamia nonagrioides*. *Entomologia Experimentalis et*

- Applicata*, 154(1), 78–87. <https://doi.org/10.1111/eea.12262>.
- Mello da Silva, D., De Freitas Bueno, A., Andrade, K., Dos, C., Stecca, S., Oliveira, P. M., Neves De Oliveira, M. C. 2017. Scientia agricola biology and nutrition of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different food sources. *Scientia Agricola*, 74(1), 18–31. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2015-0160>.
- Miranda-Fuentes, P., Quesada-Moraga, E., Aldebis, H. K., & Yousef-Naef, M. 2020. Compatibility between the endoparasitoid *Hyposoter didymator* and the entomopathogenic fungus *Metarhizium brunneum*: a laboratory simulation for the simultaneous use to control *Spodoptera littoralis*. *Pest Management Science*, 76(3), 1060–1070. <https://doi.org/10.1002/ps.5616>.
- Montezano, D. G., Specht, A., Sosa-Gómez, D. R., Roque-Specht, V. F., Sousa-Silva, J. C., Paula-Moraes, S. V., Hunt, T. E. 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, 26(2), 286–300. <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>.
- Nascimento, I. N. do, Oliveira, G. M. de, Souza, M. dos S. de, Nunes, G. da S., Alves, A. C. L., Araújo, H. M. de, & Batista, J. de L. 2018. Light-emitting Diodes (LED) as luminous lure for adult *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Experimental Agriculture International*, 25(4), 1–8. <https://doi.org/10.9734/jeai/2018/43402>.
- Nautiyal, C. S. 1999. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *Elsevier*, 170(9531), 1.
- Nboyine, J. A., Kusi, F., Abudulai, M., Badii, B. K., Zakaria, M., Adu, G. B., Yahaya, A. 2020. A new pest, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), in tropical Africa: Its seasonal dynamics and damage in maize fields in northern Ghana. *Crop Protection*, 127(May 2019). <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104960>.
- Ngangambe, M. H., & Mwatawala, M. W. 2020. Effects of entomopathogenic fungi (EPFs) and cropping systems on parasitoids of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) on maize in eastern central, Tanzania. *Biocontrol Science and Technology*, 30(5), 418–430. <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1726878>.
- Noercholis, A., & Wijaya, E. T. 2015. Image processing pada citra mikroskopis eritrosit dengan hemocytometer untuk menghitung jumlah eritrosit dalam 1mm³ darah ikan. *Seminar Nasional “Inovasi Dalam Desain Dan Teknologi,”* 59–66.
- Noerfitryani, N., & Hamzah, H. 2017. the Existence of Entomopathogenic Fungi on Rice Plants Rhizosphere. *International Journal of Biosciences and Biotechnology*, 5(1), 12. <https://doi.org/10.24843/ijbb.2017.v05.i01.p02>.

- Nonci, N., Kalgutny, Hary, S., Mirsam, H., Muis, A., Azrai, M., & Aqil, M. 2019. *Pengenalan Fall Armyworm (Spodoptera frugiperda J.E. Smith) Hama Baru Pada Tanaman Jagung Di Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Balai Penelitian Tanaman Serealia* (Vol. 73).
- Qi, W. Z., Liu, H. H., Liu, P., Dong, S. T., Zhao, B. Q., So, H. B., ... Zhao, B. 2012. Morphological and physiological characteristics of corn (*Zea mays* L.) roots from cultivars with different yield potentials. *European Journal of Agronomy*, 38(1), 54–63. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2011.12.003>
- Ramos, Y., Taibo, A. D., Jiménez, J. A., & Portal, O. 2020. Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00223-2>.
- Resquín-Romero, G., Garrido-Jurado, I., Delso, C., Ríos-Moreno, A., & Quesada-Moraga, E. 2016. Transient endophytic colonizations of plants improve the outcome of foliar applications of mycoinsecticides against chewing insects. *Journal of Invertebrate Pathology*, 136, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2016.03.003>.
- Safitri, A., Herlinda, S., & Setiawan, A. 2018. Entomopathogenic fungi of soils of freshwater swamps, tidal lowlands, peatlands, and highlands of south sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 19(6), 2365–2373. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190647>.
- Saputra, A. S., & Pudjihartati, E. 2020. The Effect of phosphorus and potassium on the growth and quality of viola (*Viola cornuta* L.) seed production, 35(1), 12–22.
- Shylesha A.N, S. K. Jalali, Ankita Gupta, Richa Varshney, T. Venkatesan, Pradeeksha Shetty, Chandish R. Ballal. 2018. Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies. *Journal of Biological Control*, 32(3), 145–151. <https://doi.org/10.18311/jbc/2018/21707>.
- Souza, M. L., Sanches, M. M., Souza, D. A. de, Faria, M., Espinel-Correal, C., Sihler, W., & Lopes, R. B. 2019. Within-host interactions of *Metarhizium rileyi* strains and nucleopolyhedroviruses in *Spodoptera frugiperda* and *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 162(January), 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2019.01.006>.
- Subekti, N. A., Efendi, R., & Sunarti, S. 2007. *Morfologi Tanaman dan Fase Pertumbuhan Jagung*.
- Sumikarsih, E., Herlinda, S., & Pujiastuti, Y. 2019. Conidial density and viability of *Beauveria bassiana* isolates from Java and Sumatra and their virulence against *nilaparvata lugens* at different temperatures. *Agrivita*, 41(2), 335–

350. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v41i2.2105>.

- Tall, S., & Meyling, N. V. 2018. Probiotics for plants? Growth promotion by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* depends on nutrient availability. *Microbial Ecology*, 76(4), 1002–1008. <https://doi.org/10.1007/s00248-018-1180-6>.
- Thaochan, N., & Sausa-Ard, W. 2017. Occurrence and effectiveness of indigenous metarhizium anisopliae against adults zeugodacus cucurbitae (Coquillett) (diptera: Tephritidae) in Southern Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 39(3), 325–334. <https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2017.35>.
- Wang, Y., Xu, J., Deng, D., Ding, H., Bian, Y., Yin, Z., Zhao, Y. 2016. A comprehensive meta-analysis of plant morphology, yield, stay-green, and virus disease resistance QTL in maize (*Zea mays* L.). *Planta*, 243(2), 459–471. <https://doi.org/10.1007/s00425-015-2419-9>.
- Winarto, L., & Nazir, D. 2012. Teknologi pengendalian hama plutella xylostella dengan insektisida dan agensia hayati pada kubis di Kabupaten Karo. *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian*, 27–34.
- Wu, X., Zhang, L., Yang, C., Zong, M., Huang, Q., & Tao, L. 2016. Detection on emamectin benzoate-induced apoptosis and DNA damage in *Spodoptera frugiperda* Sf-9 cell line. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 126, 6–12. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.06.009>.
- Zhao, X. H., Yu, H. Q., Wen, J., Wang, X. G., Du, Q., Wang, J., & Wang, Q. 2016. Response of root morphology, physiology and endogenous hormones in maize (*Zea mays* L.) to potassium deficiency. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(4), 785–794. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61246-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61246-1).