

SKRIPSI

**JAMUR ENDOFIT SEBAGAI ENTOMOPATOGEN
TERHADAP LARVA *Spodoptera frugiperda* DAN PEMACU
PERTUMBUHAN BIBIT JAGUNG**

***ENDOPHYTIC FUNGI AS ENTOMOPATHOGEN AGAINST
Spodoptera frugiperda LARVAE AND MAIZE SEEDLING
GROWTH PROMOTOR***



**Bella Theresia Munthe
05081281823022**

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

SUMMARY

BELLA THERESIA MUNTHE, Endophytic Fungi as Entomopathogen Against *Spodoptera frugiperda* Larvae and Maize Seed Growth Promotor (Supervised by **SITI HERLINDA**)

Maize (*Zea mays* L.) is a food commodity that is being developed in Indonesia on a large scale and the main food for *Spodoptera frugiperda* larvae. *S. frugiperda* larvae can cause the destruction of leaves, stems or flowers of plants, as a result they can interfere with photosynthetic plants, damage plant growth and reproduction structures, or damage the cobs directly. The use of entomopathogenic endophytic fungi has been widely used in several countries. To control *S. frugiperda* larvae, it would be more effective to use endophytic fungi because endophytic fungi colonize plant tissues systemically and associate in mutualism without being pathogenic to the host plant. For this reason, it is necessary to conduct research to test the pathogenicity of endophytic fungi against *Spodoptera frugiperda* larvae and to test endophytic fungi as growth promoters of maize seedlings.

This study consisted of two experiments designed according to a randomized block design (RAK) with eight treatments control, isolat JgSPK, JaGiP, JgCrJr, JaTpOi(1), JaSPKPga(3), JaTpOi(2), CaTpPga and three replications. The method that have been used in this study is the test of fungal activator as a growth promoter and the potential for endophytic entomopathogenic fungi. The variables observed in this study were differences in seed germination, plant height, leaf length and width, number of leaves, and wet and dry weight of corn plants, larvae body weight and leaf area eaten and feces produced daily between treatments (isolates). , mortality and the percentage of larvae that became pupae and imago that emerged.

The lowest average of leaf area eaten was found in isolate JgCrJr with 5.77 cm². The weight of larval fecal produced by untreated larvae with treated larvae was significantly different. It is suspected that fungi of the genus *Beauveria*, *Penicillium*, *Curvularia*, and *Metarhizium* affect the level of feeding preferences and metabolism of *Spodoptera frugiperda* larvae. Of the seven isolates used, the most pathogenic isolate for *Spodoptera frugiperda* larvae was CaTpPga isolate (*Metarhizium anisopliae*) with 34.67% mortality percentage and LT50 of 12.51 days, followed by JgSPK isolate (*Beauveria bassiana*) with 33.33% mortality percentage and LT50 for 13.53 days. The lowest percentage of larvae that became pupae was found in CaTpPga isolates, which was 65.33% with an average of 2 abnormal pupae that appeared, while the lowest percentage of pupae into adult was found in CaTpPga isolates, which was 54.67% with an average of 1 abnormal imago.

Endophytic fungi affect the growth of corn seedlings grown on hydroponic media. This can be seen from the growth of seedlings that were significantly different between the control and the treated ones. The highest leaf length when the plant was 7 DAP was found in JaTpOi(2) isolate with a length of 8.59 cm and the largest leaf width was found in JaTpOi(1) isolate. When the plant was 14 DAP, the highest leaf length was found in CaTpPga isolates at 13.07 cm, and the largest leaf width was found in JgSPK isolates at 1.26 cm.

The results of this study showed that endophytic fungi that act as entomopathogenic fungi were found in isolates of JgSPK, JaGiP, JgCrJr, JaTpOi(1), JaSPKPga(3), JaTpOi(2), and CaTpPga. JgSPK, JaGiP, JgCrJr, and JaTpOi(1) isolates were from the genus *Beauveria*, JaSPKPga(3) was from the genus *Curvularia*, JaTpOi(2) was from the genus *Penicillium*, and CaTpPga was from the genus *Metarhizium*. The most pathogenic isolates against *Spodoptera frugiperda* larvae were CaTpPga isolate with mortality of 34.67% and the duration of killing 50% of isolates was 12.51 days. CaTpPga isolate can reduce the percentage of adult emergence up to 65.33% which appears. The number of imperfect pupae and adult was also the most commonly found in CaTpPga isolates. Endophytic fungi can stimulate the growth of corn seedlings seen from leaf length, root length, and leaf width, which were significantly different between treatments and controls, was found in CaTpPga isolate.

Keywords : *Spodoptera frugiperda*, Endophytic fungi, entomopathogen

RINGKASAN

BELLA THERESIA MUNTHE, Jamur Endofit sebagai Entomopatogen terhadap Larva *Spodoptera frugiperda* dan Pemacu Pertumbuhan Bibit Jagung (Supervised by **SITI HERLINDA**)

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan komoditas pangan yang sedang di kembangkan di Indonesia dalam skala besar dan merupakan pakan utama bagi *Spodoptera frugiperda*. Larva *S. frugiperda* dapat menyebabkan kehancuran daun, batang atau bunga tanaman, akibatnya dapat mengganggu tanaman berfotosintesis, merusak struktur pertumbuhan tanaman dan reproduksi, atau merusak tongkol. Pengendalian yang baik dilakukan adalah penggunaan musuh alami. Penggunaan jamur endofit yang bersifat entomopatogen telah banyak digunakan di beberapa negara. Untuk mengendalikan larva *Spodoptera frugiperda* akan lebih efektif bila menggunakan jamur endofit karena jamur endofit mengkolonisasi jaringan tanaman secara sistemik dan berasosiasi mutualisme tanpa bersifat pathogen bagi tanaman inang. Untuk itu perlu dilakukannya penelitian untuk menguji patogenesis jamur endofit terhadap larva *Spodoptera frugiperda* dan menguji jamur endofit sebagai pemacu pertumbuhan bibit jagung.

Penelitian ini terdiri dari dua eksperimen yang dirancang menurut rancangan acak kelompok (RAK) dengan delapan perlakuan menggunakan satu kontrol, isolat JgSPK, JaGiP, JgCrJr, JaTpOi(1), JaSPKga(3), JaTpOi(2), dan CaTpPga yang diulang sebanyak tiga kali. Metode yang telah digunakan pada penelitian ini yaitu uji daya pacu jamur sebagai pemacu pertumbuhan dan potensi jamur entomopatogen endofit. Peubah yang diamati pada penelitian ini adalah perbedaan daya kecambah benih, tinggi tanaman, panjang dan lebar daun, jumlah daun, dan bobot basah dan kering tanaman jagung, berat badan larvae dan luas daun yang dimakan dan feces yang dihasilkan setiap hari antar perlakuan (isolates), mortalitas serta persentase larva menjadi pupa dan imago yang muncul.

Rata-rata luas daun yang dimakan terendah terdapat pada isolat JgCrJr dengan 5.77 cm². Berat kotoran larva yang dihasilkan oleh larva yang tidak diberi perlakuan dengan yang diberi perlakuan berbeda nyata. Diduga jamur genus *Beauveria*, *Penicillium*, *Curvularia*, dan *Metarhizium* mempengaruhi tingkat preferensi makan dan metabolisme larva *Spodoptera frugiperda*. Dari tujuh isolat yang digunakan, isolat yang paling patogenik terhadap larva *Spodoptera frugiperda* adalah isolat CaTpPga (*Metarhizium anisopliae*) dengan persentase mortalitas 34.67% dan LT₅₀ 12.51 hari, kemudian diikuti dengan isolat JgSPK (*Beauveria bassiana*) yang persentase mortalitasnya sebesar 33.33% dengan LT₅₀ selama 13.53 hari. Persentasi larva yang menjadi pupa terendah terdapat pada isolat CaTpPga yaitu 65.33% dengan rata-rata pupa tidak normal yang muncul sebanyak 2 ekor, sedangkan persentasi pupa menjadi imago terendah terdapat pada isolat CaTpPga yaitu 54.67% dengan rata-rata imago tidak normal 1 ekor.

Jamur endofit mempengaruhi pertumbuhan bibit jagung yang ditanam pada media hidroponik. Hal ini dilihat dari pertumbuhan bibit yang berbeda secara signifikan antara *control* dengan yang diberi perlakuan. Panjang daun tertinggi saat tanaman berumur 7 HST terdapat pada isolat JaTpOi(2) dengan panjang 8.59 cm dan lebar daun terbesar terdapat pada isolat JaTpOi(1). Pada saat tanaman

berumur 14 HST, panjang daun tertinggi terdapat pada isolat CaTpPga yaitu 13.07 cm, dan lebar daun terbesar terdapat pada isolat JgSPK 1.26 cm.

Hasil dari penelitian ini yaitu jamur endofit yang berperan sebagai jamur entomopatogen terdapat pada isolat JgSPK, JaGiP, JgCrJr, JaTpOi(1), JaSPKPga(3), JaTpOi(2), dan CaTpPga. Isolat JgSPK, JaGiP, JgCrJr, dan JaTpOi(1) berasal dari genus *Beauveria*, JaSPKPga(3) berasal dari genus *Curvularia*, JaTpOi(2) berasal dari genus *Penicillium*, dan CaTpPga berasal dari genus *Metarhizium*. Isolat paling patogenik terhadap larva *Spodoptera frugiperda* terdapat pada isolat CaTpPga dengan mortalitas 34.67% dan lama membunuh 50% isolat adalah 12.51. Isolat CaTpPga dapat mengurangi persentase munculnya imago hingga mencapai 65.33% saja yang muncul. Jumlah pupa dan imago tidak sempurna juga paling banyak ditemukan pada isolat CaTpPga. Jamur endofit dapat memacu pertumbuhan bibit jagung dilihat dari panjang daun, panjang akar, serta lebar daun berbeda nyata antar perlakuan dan *control*, yaitu isolat CaTpPga.

Kata kunci : *Spodoptera frugiperda*, Jamur endofit, entomopatogen

SKRIPSI

JAMUR ENDOFIT SEBAGAI ENTOMOPATOGEN TERHADAP LARVA *Spodoptera frugiperda* DAN PEMACU PERTUMBUHAN BIBIT JAGUNG

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



Bella Theresia Munthe
05081281823022

**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 PEMACU PERTUMBUHAN BIBIT JAGUNG

SKRIPSI

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

Oleh:

Bella Theresia Munthe
05081281823022

Indralaya, Desember 2021
Pembimbing



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

Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian




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

Skripsi dengan Judul “Jamur Endofit sebagai Entomopatogen terhadap Larva *Spodoptera Frugiperda* dan Pemacu Pertumbuhan Bibit Jagung” oleh Bella Theresia Munthe 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



Dr. Ir. Suparman SHK
NIP 196001021985031019

Indralaya, Oktober 2021
Koordinator Program Studi
Proteksi Tanaman



Dr. Ir. Suparman SHK
NIP 196001021985031019

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bella Theresia Munthe

Nim : 05081281823022

Judul : Jamur Endofit sebagai Entomopatogen terhadap Larva *Spodoptera Frugiperda* dan Pemacu Pertumbuhan Bibit Jagung

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

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak mana pun



Indralaya, Desember 2021



Bella Theresia Munthe

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir pada tanggal 20 Juni 2000 di Pangkalpinang, Bangka Belitung dan merupakan anak dari Ayah Samson Munthe dan Ibu Eva Ronggur Novalin Siregar. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD St. Theresia 1 Pangkalpinang, pendidikan menengah pertama di SMP St. Theresia Pangkalpinang, dan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Pangkalpinang. Penulis diterima di Program Studi Proteksi Tanaman melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2018.

Selama mengikuti perkuliahan, penulis aktif menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPRO) pada tahun 2018-2019. Selain itu penulis aktif dalam kegiatan debat bahasa inggris dan menjuarai beberapa perlombaan seperti *National University Debating Championship* (NUDC) pada tahun 2019 menempati juara ke-3 dan pada tahun 2020 terpilih sebagai *best speaker* mewakili Fakultas Pertanian. Penulis terpilih sebagai Gadis Pertanian pada tahun 2019 mewakili Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya. Penulis juga merupakan penerima beasiswa *Cargill Global Scholars Program* pada tahun 2020 hingga 2021. Penulis merupakan asisten mata kuliah Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman dari tahun 2019 hingga 2021.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan YME atas segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul Jamur Endofit sebagai Entomopatogen terhadap Larva *Spodoptera Frugiperda* dan Pemacu Pertumbuhan Bibit Jagung.

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 di skripsi ini tanpa izin tertulis dari Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M. Si sebagai dosen pembimbing atas segala bimbingan, arahan, kritik, dan saran yang telah diberikan selama penelitian dan penulisan skripsi.

Ungkapan terima kasih juga penulis ucapkan kepada kedua orang tua penulis, Bapak Samson Munthe dan Ibu Eva Ronggur Novalin Siregar serta kakak penulis, Dhea Ardhina Krisdamaiyanti yang selalu memberikan semangat, dukungan dan doa kepada penulis. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Pak Arsi serta teman-teman yang sudah membantu dan selalu memberikan semangat dan dukungan, juga teman seperbimbingan saya dan seluruh teman-teman angkatan 2018.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun sebagai evaluasi bagi penulis. Penulis berharap skripsi ini dapat memberi manfaat bagi yang membutuhkan.

Indralaya, Desember 2021

Bella Theresia Munthe

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xixx
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Hipotesis.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Spodoptera frugiperda</i>	4
2.1.2 Morfologi dan Biologi <i>Spodoptera frugiperda</i>	4
2.1.3 Perilaku <i>Spodoptera frugiperda</i>	5
2.2 Tanaman Inang.....	6
2.2.2 Morfologi Tanaman Jagung.....	6
2.4 <i>Beauveria bassiana</i>	8
2.5 <i>Metarhizium anisopliae</i>	9
2.5.2 Morfologi dan Biologi <i>Metarhizium anisopliae</i>	9
2.6 <i>Aspergillus flavus</i>	10
2.6.2 Morfologi dan Biologi <i>Aspergillus flavus</i>	10
2.7 <i>Fusarium solani</i>	11
2.7.2 Morfologi dan Biologi <i>Fusarium solani</i>	11
2.8 <i>Cordyceps militaris</i>	12
2.8.2 Morfologi dan Biologi <i>Cordyceps militaris</i>	12
2.9 Siklus Hidup Dan Mekanisme Jamur Entomopatogen Menginfeksi Serangga	13
2.9.1 Siklus Hidup Jamur Entomopatogen.....	13
BAB 3 PELAKSANAAN PENELITIAN	18
3.1 Tempat dan Waktu.....	18

3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Metode Penelitian.....	18
3.3.1 Pembugaran Jamur Endofit.....	20
3.3.2 Penanaman Bibit Jagung pada Media Hidroponik.....	20
3.3.3 Persiapan Serangga Uji <i>Spodoptera frugiperda</i>	21
3.3.4 Pengujian Jamur Endofit sebagai Pemacu Pertumbuhan Bibit Jagung...	22
3.3.5 Uji Patogenesitas Isolat Jamur Endofit terhadap Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	24
3.3.6 Identifikasi dan Konfirmasi Jamur Endofit.....	22
3.3.6.1 Identifikasi dan Konfirmasi Jamur Endofit pada Daun.....	22
3.3.6.2 Identifikasi dan Konfirmasi Jamur Endofit pada Serangga.....	22
3.4 Analisis Data.....	25
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	27
4.1 Hasil.....	27
4.1.2 Kerapatan dan Viabilitas Konidia Isolat Jamur Endofit.....	27
4.1.3 Luas Daun yang Dimakan Oleh Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	31
4.1.4 Berat Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	31
4.1.5 Berat Kotoran Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	31
4.1.6 Mortalitas, Gejala Serangan, LT50, dan LT95 Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	31
4.1.7 Berat Pupa Dan Panjang Pupa <i>Spodoptera frugiperda</i>	31
4.1.8 Panjang Tubuh dan Rentang Sayap Imago <i>Spodoptera frugiperda</i>	39
4.1.9 Persentase Pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> yang Muncul, Pupa Tidak Sempurna, dan Sempurna yang Telah Diberi Perlakuan Jamur Endofit (1 x 10 ⁸ konidia/mL).....	39
4.1.10 Persentase Imago <i>Spodoptera frugiperda</i> yang Muncul, Imago Tidak Sempurna, dan Sempurna yang Telah Diberi Perlakuan Jamur Endofit (1 x 10 ⁸ konidia/mL).....	39
4.1.11 Lama Imago <i>Spodoptera frugiperda</i> Hidup dan Jumlah Telur yang diletakan.....	39
4.1.12 Karakteristik Morfologi Bibit Jagung pada Media Hidroponik.....	39
4.1.13 Karakteristik Lingkungan Media Tanam Bibit Jagung Hidroponik.....	48

4.2 Pembahasan.....	48
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Tahapan hidup <i>S. frugiperda</i> : A & B, telur; C – F, larva instar; G, pupa; H, imago jantan dalam habitat; I, imago dewasa (dorsal); J, imago betina dalam habitat; K, imago betina (dorsal).....	5
Gambar 2.2 Gejala serangan larva <i>Spodoptera frugiperda</i> (A) larva instar awal; (B) larva dewasa	6
Gambar 2.3 Gambar yang menunjukkan morfologi khas tanaman jagung dengan bagian yang berbeda	7
Gambar 2.4 Perkecambahan biji jagung.....	7
Gambar 2.5 Karakteristik makroskopis (A) dan mikroskopis (B) isolat <i>Beauveria bassiana</i> diamati di bawah mikroskop cahaya perbesaran (GX100).....	9
Gambar 2.6 Koloni <i>Metarhizium anisopliae</i> dewasa (9 hari) di media PDA pada suhu 28 ° C (A); mikroskopis dari spora silinder <i>Metarhizium anisopliae</i> di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 1000x dan ukuran spora berkisar antara 5µm sampai 8µm (B)	10
Gambar 2.7 Morfologi <i>Aspergillus</i> sp. makroskopis (A); Konidia <i>Aspergillus</i> sp. (B)	11
Gambar 2.8 Isolat <i>F.solani</i> umur 2 minggu pada media CLA (A); Multiseptate macroconidia yang diproduksi oleh sporodochia.....	12
Gambar 2.9 Pigmentasi koloni <i>Cordyceps militaris</i> setelah tiga minggu inkubasi pada media PDA (A); Karakteristik morfologi <i>Cordyceps militaris</i> produksi blastospora (B)	13
Gambar 2.10 Siklus hidup dari <i>Beauveria bassiana</i>	14
Gambar 2.11 Diagram yang menggambarkan cara jamur patogen menginfeksi	15

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Rata-rata kerapatan konidia jamur endofit dihitung menggunakan haemocytometer.....	64
Lampiran 2. Rata-rata viabilitas jamur endofit setelah 1 x 24 jam dan 1 x 48 jam.....	64
Lampiran 3. Rata-rata viabilitas benih jagung.....	64
Lampiran 4. Karakteristik morfologi bibit jagung setelah 7 hari tanam pada media hidroponik.....	64
Lampiran 5. Karakteristik morfologi bibit jagung setelah 14 hari tanam pada media hidroponik.....	65
Lampiran 6. Panjang akar bibit jagung setelah 14 HST.....	65
Lampiran 7. Berat kering tajuk bibit jagung.....	66
Lampiran 8. Berat kering akar bibit jagung.....	66
Lampiran 9. Berat basah bibit jagung.....	66
Lampiran 10. Konsentrasi larutan 7 HST.....	67
Lampiran 11. Konsentrasi larutan saat bibit jagug berumur 14 HST.....	67
Lampiran 12. Suhu larutan saat bibit jagung berumur 7 HST.....	67
Lampiran 13. Suhu larutan saat bibit jagung berumur 14 HST.....	67
Lampiran 14. Volume air yang berkurang pada hari ke-7.....	68
Lampiran 15. Volume air yang berkurang pada hari ke-14.....	68
Lampiran 16. Jumlah oksigen terlarut pada hari pertama bibit dipindahkan ke instalasi hidroponik.....	68
Lampiran 17. Jumlah oksigen terlarut saat bibit berumur 14 hari.....	69
Lampiran 18. Jumlah oksigen yang dikonsumsi oleh tiap bibit jagung.....	69
Lampiran 19. Rata-rata umur imago betina di tiap perlakuan.....	69
Lampiran 20. Rata-rata umur imago jantan di tiap perlakuan.....	69
Lampiran 21. Rata-rata panjang rentang sayap imago betina.....	70
Lampiran 22. Rata-rata rentang sayap imago jantan.....	70
Lampiran 23. Rata-rata panjang tubuh imago betina.....	70

Lampiran 24. Rata-rata panjang tubuh imago jantan.....	70
Lampiran 25. Luas daun yang dimakan oleh larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi perlakuan jamur endofit (1×10^8 konidia mL-1).....	72
Lampiran 26. Berat larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi jamur endofit (1×10^8 konidia mL-1).....	74
Lampiran 27. Berat kotoran yang diproduksi oleh larva <i>Spodoptera</i> <i>frugiperda</i> yang diberi jamur endofit (1×10^8 konidia mL-1)..	76
Lampiran 28. Mortalitas larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	78
Lampiran 29. Rata-rata persentase mortalitas larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	79
Lampiran 30. Rata-rata berat pupa <i>Spodoptera frugiperda</i>	79
Lampiran 31. Rata-rata panjang pupa <i>Spodoptera frugiperda</i>	80
Lampiran 32. Jumlah pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> tidak sempurna.....	80
Lampiran 33. Jumlah imago <i>Spodoptera frugiperda</i> tidak sempurna.....	80
Lampiran 34. Persentase larva <i>Spodoptera frugiperda</i> menjadi imago.....	80
Lampiran 35. Persentase pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> menjadi imago.....	81
Lampiran 36. Jumlah telur yang dihasilkan oleh imago <i>Spodoptera frugiperda</i>	82
Lampiran 37. Suhu pada saat aplikasi.....	84
Lampiran 38. Kelembaban pada saat aplikasi.....	85

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jagung merupakan salah satu komoditi pangan penting yang menjadi pakan utama bagi *Spodoptera frugiperda* (Hruska, 2019). Fall armyworm (FAW), *Spodoptera frugiperda* adalah hama polifag asli Amerika tropis dan subtropis, dan kemudian menyebar ke beberapa negara (De Groot *et al.*, 2020). *S. frugiperda* berpotensi menyebabkan hasil kerugian sebesar 8,3 hingga 20,6 juta metrik ton per tahun di 12 negara penghasil jagung di Afrika, yang mewakili kisaran 21% sampai 53% dari produksi tahunan jagung (Prasanna *et al.*, 2018). Fotosintesis, merusak struktur pertumbuhan tanaman dan reproduksi, atau merusak tongkol secara langsung (Hutasoit *et al.*, 2020). Total kerugian produksi tahunan dari 12 negara di benua Afrika, dengan tidak adanya kontrol yang efektif, diperkirakan 8,5 hingga 21 juta ton, dengan nilai 250 hingga 630 juta dollar AS (Bateman *et al.*, 2018; Early *et al.*, 2018), bahkan di negara berpenghasilan tinggi seperti Amerika Serikat, setiap tahun kerugian *S. frugiperda* berkisar antara US\$ 39 juta dan 297 juta (Haftay Gebreyesus Gebreziher, 2020). Di Sumatera Selatan sendiri, telah ditemukan larva *Spodoptera frugiperda* dengan strain jagung dan padi yang merupakan penemuan pertama dengan strain tersebut di Sumatera Selatan (Herlinda, Suharjo, *et al.*, 2021).

Pengendalian hama yang tidak efektif dapat mengurangi hasil jagung sebanyak 73% (Zhu *et al.*, 2015). Pengendalian alternatif dapat dilakukan untuk mengatasi hama ini adalah menggunakan pengendalian hayati (Houngbo *et al.*, 2020). Jamur entomopatogen untuk pengendalian terhadap serangga sudah banyak diteliti dan terbukti efektif (Herlinda, Gustianingtyas, *et al.*, 2021). Jamur dapat digunakan untuk mengendalikan hama serangga yang disebut jamur entomopatogen seperti *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* (Safitri *et al.*, 2018). *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* adalah mikroba parasit yang menyerang dan tumbuh atau dalam organisme hidup, tetapi memiliki kapasitas untuk bertahan hidup dan berkembang biak pada zat mati (Mwamburi

2021). Jamur ini dapat dengan mudah diproduksi secara masal pada media buatan atau substrat padat, yang membuatnya sangat diinginkan untuk komersialisasi (Skinner *et al.*, 2014). Selain itu, ada sekitar 300 spesies *Penicillium* yang memiliki peran yang berbeda (Mora *et al.*, 2018). Jamur tersebut diketahui sebagai jamur entomopatogen karena ditemukan menyerang hama seperti *Spodoptera* sp. (Agus *et al.*, 2015).

Di antara jamur entomopatogen, *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* adalah yang paling banyak diteliti sebagai endofit (Poulsen *et al.*, 2016). Informasi mengenai jamur endofit yang bersifat entomopatogen bagi larva *Spodoptera frugiperda* belum banyak dilakukan di Sumatera Selatan. Kebaharuan dari penelitian ini mengenai pemacu pertumbuhan bibit jagung pada media hidroponik yang diberi jamur endofit yang kemudian dapat berfungsi sebagai agen pengendalian hayati larva *Spodoptera frugiperda*. Perlakuan benih dengan salah satu strain jamur *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* meningkatkan secara signifikan hampir semua parameter pertumbuhan tanaman yang diukur (Jaber & Enkerli, 2016). Pengendalian hama dengan jamur entomopatogen secara kontak terbukti efektif untuk mengendalikan larva *Spodoptera frugiperda* (Herlinda *et al.*, 2020). Akan tetapi, apabila mode aksi dari jamur entomopatogen hanya melalui kontak maka jamur tersebut tidak terlalu efektif dikarenakan larva *Spodoptera frugiperda* tinggal di dalam gulungan daun dan hanya keluar untuk memakan daun di pagi hari (Assefa, 2018). Untuk mengendalikan larva *Spodoptera frugiperda* akan lebih efektif bila menggunakan jamur endofit karena jamur endofit mengkolonisasi jaringan tanaman secara sistemik dan berasosiasi mutualisme (Branine *et al.*, 2019) tanpa bersifat patogen bagi tanaman inang serta dapat membunuh serangga (Kasambala Donga *et al.*, 2018).

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah jamur endofit memiliki kemampuan membunuh larva *Spodoptera frugiperda* ?
2. Apakah jamur endofit mempengaruhi pertumbuhan bibit jagung pada media hidroponik ?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menguji patogenesitas jamur endofit terhadap larva *Spodoptera frugiperda*.
2. Untuk menguji jamur endofit sebagai pemacu pertumbuhan bibit jagung di media hidroponik.

1.4. Hipotesis

Adapun hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. diduga isolat jamur endofit CaTpPga memberikan efek terhadap perkembangan, preferensi makan, dan metabolisme larva *Spodoptera frugiperda*.
2. diduga isolat jamur endofit JgSPK efektif sebagai pemacu pertumbuhan bibit jagung pada media hidroponik.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pengetahuan tentang teknologi pemanfaatan jamur endofit yang dapat digunakan sebagai pemacu pertumbuhan bibit jagung dan agen pengendalian hayati larva *Spodoptera frugiperda*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, N., Saranga, A. P., Rosmana, A., & Sugiarti, A. 2015. Viability And Conidial Production Of Entomopathogenic Fungi *Penicillium* sp. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4(1), 193–195.
- Altinok, H. H., Altinok, M. A., & Koca, A. S. 2019. Modes of Action of Entomopathogenic Fungi. *Current Trends in Natural Sciences*, 8(16), 117–124. <http://www.natsci.upit.ro>
- Amobonye, A., Bhagwat, P., Pandey, A., Singh, S., & Pillai, S. 2020. Biotechnological potential of *Beauveria bassiana* as a source of novel biocatalysts and metabolites. *Critical Reviews in Biotechnology*, 40(7), 1019–1034. <https://doi.org/10.1080/07388551.2020.1805403>
- Assefa, F. 2018. Status of Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*), Biology and Control Measures on Maize Crop in Ethiopia: A Review. *International Journal of Entomological Research*, 6(2), 75–85. <https://doi.org/10.33687/entomol.006.02.2498>
- 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>
- Bajracharya, A. S. R., Bhat, B., Sharma, P., Shashank, P. R., Meshram, N. M., & Hashmi, T. R. 2019. First record of fall army worm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) from Nepal . *Indian Journal of Entomology*, 81(4), 635. <https://doi.org/10.5958/0974-8172.2019.00137.8>
- Bateman, M. L., Day, R. K., Luke, B., Edgington, S., Kuhlmann, U., & Cock, M. J. W. 2018. Assessment of potential biopesticide options for managing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Africa. *Journal of Applied Entomology*, 142(9), 805–819. <https://doi.org/10.1111/jen.12565>
- Behie, S. W., Jones, S. J., & Bidochka, M. J. 2015. Plant tissue localization of the endophytic insect pathogenic fungi *Metarhizium* and *Beauveria*. *Fungal Ecology*, 13, 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2014.08.001>
- Benzina, F., Hamid, S., Mohand-KacI, H., Bissaad, F., & Halouane, F. 2018.

- Histological changes in the larvae of the domestic mosquito *Culex pipiens* treated with the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Scientific Research and Essays*, 13(1), 1–10. <https://doi.org/10.5897/sre2017.6544>
- Bhavani, B., Sekhar, C. V., Varma, K. P., Lakshmi, B. M., Jamuna, P., & Swapna, B. 2019. Morphological and molecular identification of an invasive insect pest, fall army worm, *Spodoptera frugiperda* occurring on sugarcane in Andhra Pradesh, India. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(4), 12–18.
- Boomsma, J. J., Jensen, A. B., Meyling, N. V., & Eilenberg, J. 2014. Evolutionary interaction networks of insect pathogenic fungi. *Annual Review of Entomology*, 59(October 2013), 467–485. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011613-162054>
- Branine, M., Bazzicalupo, A., & Branco, S. 2019. Biology and applications of endophytic insect-pathogenic fungi. *PLoS Pathogens*, 15(7), 1–7. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1007831>
- Brunner-Mendoza, C., Reyes-Montes, M. del R., Moonjely, S., Bidochka, M. J., & Toriello, C. 2019. A review on the genus *Metarhizium* as an entomopathogenic microbial biocontrol agent with emphasis on its use and utility in Mexico. *Biocontrol Science and Technology*, 29(1), 83–102. <https://doi.org/10.1080/09583157.2018.1531111>
- Butt, T. M., Greenfield, B. P. J., Greig, C., Maffei, T. G. G., Taylor, J. W. D., Piasecka, J., Dudley, E., Abdulla, A., Dubovskiy, I. M., Garrido-Jurado, I., Quesada-Moraga, E., Penny, M. W., & Eastwood, D. C. 2013. *Metarhizium anisopliae* pathogenesis of mosquito larvae: A verdict of accidental death. *Plos One*, 8(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0081686>
- Chehri, K., Salleh, B., & Zakaria, L. 2015. Morphological and Phylogenetic Analysis of *Fusarium solani* Species Complex in Malaysia. *Microbial Ecology*, 69(3), 457–471. <https://doi.org/10.1007/s00248-014-0494-2>
- Cock, M. J. W., Besheh, P. K., Buddie, A. G., Cafá, G., & Crozier, J. 2017. Molecular methods to detect *Spodoptera frugiperda* in Ghana, and implications for monitoring the spread of invasive species in developing countries. *Scientific Reports*, 7(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-017->

04238-y

- 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(December 2019), 106804. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106804>
- 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>
- Edoh Ognakossan, K., Mutungi, C. M., Otieno, T. O., Affognon, H. D., Sila, D. N., & Owino, W. O. 2018. Quantitative and quality losses caused by rodents in on-farm stored maize: a case study in the low land tropical zone of Kenya. *Food Security*, 10(6), 1525–1537. <https://doi.org/10.1007/s12571-018-0861-9>
- Elham, M. S. H., Kin, P. K., Lin, G. L. E., Ishak, I., & Azmi, W. A. 2018. Occurrence of Entomopathogenic Fungus, *Metarhizium anisopliae* isolated from Island, BRIS and coastal soils of Terengganu, Malaysia. *Journal of Sustainability Science and Management*, 13(Special Issue 5), 179–190.
- Gabarty, A., Salem, H. M., Fouda, M. A., Abas, A. A., & Ibrahim, A. A. 2014. Pathogenicity induced by the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in *Agrotis ipsilon* (Hufn.) . *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7(1), 95–100. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2013.12.004>
- Ganiger, P. C., Yeshwanth, H. M., Muralimohan, K., Vinay, N., Kumar, A. R. V., & Chandrashekhara, 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>
- Gedminas, A., Lynikienė, J., & Povilaitienė, A. 2015. Entomopathogenic fungus *Cordyceps militaris*: Distribution in south Lithuania, ‘in vitro’ cultivation and pathogenicity tests. *Baltic Forestry*, 21(2), 359–368.
- Gustianingtyas, M., Herlinda, S., & Suwandi, S. 2021. The endophytic fungi from

- South Sumatra (Indonesia) and their pathogenecity against the new invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(2), 1051–1062. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220262>
- Haftay Gebreyesus Gebreziher. 2020. Review on management methods of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) in Sub- Saharan Africa. *International Journal of Entomology Research*, 5(2), 09–14. <http://www.entomologyjournals.com>
- Hasyim, A., Setiawati, W., Jayanti, H. and, & Hasan, N. 2017. Identification and pathogenicity of entomopathogenic fungi for controlling the beet armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). *AAB Bioflux*, 9(1), 34–46.
- He, L. mei, Wang, T. li, Chen, Y. chao, GE, S. shuai, Wyckhuys, K. A. G., & WU, K. ming. 2021. Larval diet affects development and reproduction of East Asian strain of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 736–744. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62879-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62879-0)
- Herlinda, S., Gustianingtyas, M., Suwandi, S., Suharjo, R., Sari, J. M. P., & Lestari, R. P. 2021. Endophytic fungi confirmed as entomopathogens of the new invasive pest, the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), infesting maize in South Sumatra, Indonesia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00470-x>
- Herlinda, S., Octariati, N., Suwandi, S., & Hasbi. 2020. Exploring entomopathogenic fungi from south sumatra (Indonesia) soil and their pathogenicity against a new invasive maize pest, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas*, 21(7), 2955–2965. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210711>
- Herlinda, S., Suharjo, R., Elbi, M., Fawwazi, F., & Suwandi, S. 2021. First report of occurrence of corn and rice strains of fall armyworm , *Spodoptera frugiperda* in South Sumatra , Indonesia and its damage in maize. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.11.003>
- Hofmann, F., Kruse-Plass, M., Kuhn, U., Otto, M., Schlechtriemen, U., Schröder, B., Vögel, R., & Wosniok, W. 2016. Accumulation and variability of maize

- pollen deposition on leaves of European Lepidoptera host plants and relation to release rates and deposition determined by standardised technical sampling. *Environmental Sciences Europe*, 28(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-016-0082-9>
- Houngbo, S., Zannou, A., Aoudji, A., Sossou, H. C., Sinzogan, A., Sikirou, R., Zossou, E., Totin Vodounon, H. S., Adomou, A., & Ahanchédé, A. 2020. Farmers' knowledge and management practices of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in Benin, West Africa. *Agriculture (Switzerland)*, 10(10), 1–15. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100430>
- 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/PAVSNNR201914043>
- Hutasoit, R. T., Kalqutny, S. H., & Widiarta, I. N. 2020. Spatial distribution pattern, bionomic, and demographic parameters of a new invasive species of armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera; noctuidae) in maize of South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(8), 3576–3582. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210821>
- 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>
- Jaber, L. R., & Ownley, B. H. 2018. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? *Biological Control*, 116, 36–45. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.018>
- Jia, M., Chen, L., Xin, H., Zheng, C., Rahman, K., & Han, T. 2016. A Friendly Relationship between Endophytic Fungi and Medicinal Plants : A Systematic Review. *Frontiers in Microbiology*, 7(June), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.00906>
- Kasambala Donga, T., Vega, F. E., & Klingen, I. 2018. Establishment of the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* as an endophyte in sugarcane,

- Saccharum officinarum. *Fungal Ecology*, 35, 70–77.
<https://doi.org/10.1016/j.funeco.2018.06.008>
- Kepler, R. M., & Rehner, S. A. 2013. Genome-assisted development of nuclear intergenic sequence markers for entomopathogenic fungi of the *Metarhizium anisopliae* species complex. *Molecular Ecology Resources*, 13(2), 210–217.
<https://doi.org/10.1111/1755-0998.12058>
- Kepler, Ryan M., Humber, R. A., Bischoff, J. F., & Rehner, S. A. 2014. Clarification of generic and species boundaries for *Metarhizium* and related fungi through multigene phylogenetics. *Mycologia*, 106(4), 811–829.
<https://doi.org/10.3852/13-319>
- Laura Juárez, M., Gabriela Murúa, M., Gabriela García, M., Ontivero, M., Teresa Vera, M., Vilardi, J. C., Groot, A. T., Castagnaro, A. P., Gastaminza, G., & Willink, E. 2012. Host association of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) corn and rice strains in Argentina, Brazil, and Paraguay. *Journal of Economic Entomology*, 105(2), 573–582. <https://doi.org/10.1603/EC11184>
- Liu, J., Wei, Z., & Li, J. 2014. Effects of copper on leaf membrane structure and root activity of maize seedling. *Botanical Studies*, 55(1), 1–6.
<https://doi.org/10.1186/s40529-014-0047-5>
- Mascarin, G. M., & Jaronski, S. T. 2016. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 32(11). <https://doi.org/10.1007/s11274-016-2131-3>
- Masoudi, A., Koprowski, J. I., Bhattarai, U. R., & Wang, D. 2018. Elevational distribution and morphological attributes of the entomopathogenic fungi from forests of the Qinling Mountains in China. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102(3), 1483–1499. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8651-4>
- Midega, C. A. O., Pittchar, J. O., Pickett, J. A., Hailu, G. W., & Khan, Z. R. 2018. A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J E Smith), in maize in East Africa. *Crop Protection*, 105(August 2017), 10–15. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.003>
- Mishra, S., Kumar, P., & Malik, A. 2015. Effect of temperature and humidity on pathogenicity of native *Beauveria bassiana* isolate against *Musca domestica*

- L. *Journal of Parasitic Diseases*, 39(4), 697–704.
<https://doi.org/10.1007/s12639-013-0408-0>
- Mondal, S., Bakshi, S., Koris, A., & Vatai, G. 2016. Journey of enzymes in entomopathogenic fungi. *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*, 18(2), 85–99. <https://doi.org/10.1016/j.psra.2016.10.001>
- Montezano, A. D. G., Specht, A., Montezano, D. G., & Specht, A. 2018. Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae) in the Americas Published By : Entomological Society of Southern Africa Review article Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, 26(2), 286–300. <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>
- Mora, M. A. E., Castilho, A. M. C., & Fraga, M. E. 2018. Classification and infection mechanism of entomopathogenic fungi. *Arquivos Do Instituto Biológico*, 84, 1–10. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000552015>
- Mwamburi, L. A. 2021. Endophytic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, confer control of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in two tomato varieties. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00357-3>
- 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. In *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Balai Penelitian Tanaman Serealia* (Vol. 73).
- Novianti, V., Indradewa, D., Maryani, & Rachmawati, D. 2020. Selection of local swamp rice cultivars from Kalimantan (Indonesia) tolerant to iron stress during vegetative stage. *Biodiversitas*, 21(12), 5650–5661. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211210>
- O Awata, L. A., Tongoona, P., Danquah, E., Ifie, B. E., Suresh, L. M., Jumbo, M. B., Marchelo-D, P. W., & Sitonik, A. 2019. Understanding tropical maize (*Zea mays* L.): The major monocot in modernization and sustainability of agriculture in sub-Saharan Africa. *International Journal of Advance Agricultural Research*, 7(January 2020), 32–77.

- <https://doi.org/10.33500/ijaar.2019.07.004>
- Ortiz-Urquiza, A., Luo, Z., & Keyhani, N. O. 2015. Improving mycoinsecticides for insect biological control. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(3), 1057–1068. <https://doi.org/10.1007/s00253-014-6270-x>
- Pantanella, E., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E., & Marcucci, A. 2012. Aquaponics vs. Hydroponics: Production and Quality of Lettuce Crop. *Acta Horticulturae*, 927, 887–894. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2012.927.109>
- Patočka, J. 2016. Bioactive metabolites of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana*. *Military Medical Science Letters*, 85(2), 80–88. <https://doi.org/10.31482/mmsl.2016.015>
- Pattemore, J. A., Hane, J. K., Williams, A. H., Wilson, B. A. L., Stodart, B. J., & Ash, G. J. 2014. The genome sequence of the biocontrol fungus *Metarhizium anisopliae* and comparative genomics of *Metarhizium* species. *BMC Genomics*, 15(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-15-660>
- Poulsen, M., Hughes, W. O. H., & Boomsma, J. J. 2016. Differential resistance and the importance of antibiotic production in *Acromyrmex echinatior* leaf-cutting ant castes towards the entomopathogenic fungus *Aspergillus nomius*. *Insectes Sociaux*, 53(3), 349–355. <https://doi.org/10.1007/s00040-006-0880-y>
- Prasanna, B. ., Huesing, J. E., Eddy, R., & Peschke, V. M. 2018. Integrated Pest Management of Fall Armyworm in Africa: An Introduction. In *Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management* (p. 120).
- Rezki, A. U., Suwirnen, S., & Noli, Z. A. 2018. Pengaruh Ekstrak Daun Tumbuhan *Mikania micrantha* Kunth. (Invasif) dan *Cosmos sulphureus* Cav. (Non Invasif) Terhadap Perkecambahannya Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Biologi Unand*, 6(2), 79. <https://doi.org/10.25077/jbioua.6.2.79-83.2018>
- 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>
- Santos, A. C. da S., Diniz, A. G., Tiago, P. V., & Oliveira, N. T. de. 2020.

- Entomopathogenic *Fusarium* species: a review of their potential for the biological control of insects, implications and prospects. *Fungal Biology Reviews*, 34(1), 41–57. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2019.12.002>
- Seye, F., Bawin, T., Boukraa, S., Zimmer, J. Y., Ndiaye, M., Delvigne, F., & Francis, F. 2014. Effect of entomopathogenic *Aspergillus* strains against the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae). *Applied Entomology and Zoology*, 49(3), 453–458. <https://doi.org/10.1007/s13355-014-0273-z>
- Shrestha, B., Lee, W.-H., Han, S.-K., & Sung, J.-M. 2012. Observations on Some of the Mycelial Growth and Pigmentation Characteristics of *Cordyceps militaris* Isolates. *Mycobiology*, 34(2), 83. <https://doi.org/10.4489/myco.2006.34.2.083>
- Shylesha, A. N., Jalali, S. K., Gupta, A., Varshney, R., Venkatesan, T., Shetty, P., Ojha, R., Ganiger, P. C., Navik, O., Subharab, K., Bakthavatsalam, N., Ballal, C. R., & A., R. 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>
- Skinner, M., Parker, B. L., & Kim, J. S. 2014. Role of Entomopathogenic Fungi in Integrated Pest Management. In *Integrated Pest Management: Current Concepts and Ecological Perspective*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398529-3.00011-7>
- Subekti, N. A., Syafruddin, Efendi, R., & Sunarti, S. 2010. Morfologi Tanaman dan Fase Pertumbuhan Jagung. *Balai Penelitian Tanaman Serealia Maros*, 1, 16–28.
- Suleman, R., Kandowangko, N. Y., & Abdul, A. 2019. Karakterisasi morfologi dan analisis proksimat jagung (*Zea mays*, L.) varietas momala gorontalo. *Jambura Edu Biosfer Journal*, 1(2), 72–81. <https://doi.org/10.34312/jebj.v1i2.2432>
- Sun, X. xu, Hu, C. xing, Jia, H. ru, Wu, Q. lin, Shen, X. jing, Zhao, S. yuan, Jiang, Y. ying, & Wu, K. ming. 2021. Case study on the first immigration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* invading into China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 664–672. <https://doi.org/10.1016/S2095->

3119(19)62839-X

- Timmermans, M. C. P., Schultes, N. P., Jankovsky, J. P., & Nelson, T. 2012. Leafbladeless1 is required for dorsoventrality of lateral organs in maize. *Development*, 125(15), 2813–2823.
- Vongsangnak, W., Raethong, N., Mujchariyakul, W., Nguyen, N. N., Leong, H. W., & Laoteng, K. 2017. Genome-scale metabolic network of *Cordyceps militaris* useful for comparative analysis of entomopathogenic fungi. *Gene*, 626(2016), 132–139. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2017.05.027>
- Wang, C., Huang, Y., Zhao, J., Ma, Y., Xu, X., Wan, Q., Li, H., Yu, H., & Pan, B. 2019. First record of *Aspergillus oryzae* as an entomopathogenic fungus against the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*. *Veterinary Parasitology*, 271(June), 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2019.06.011>
- Xiao, G., Ying, S., Zheng, P., Wang, Z., Zhang, S., & Xie, X. 2012. Genomic perspectives on the evolution of fungal entomopathogenicity in *Beauveria bassiana*. *Scientific Reports*, 2(483), 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep00483>
- Xiong, C., Xia, Y., Zheng, P., Shi, S., & Wang, C. 2012. TMYC Developmental stage-specific gene expression profiling for a medicinal fungus *Cordyceps militaris*. In *Mycology* (Vol. 1, Issue 1). <https://doi.org/10.1080/21501201003674581>
- Zhu, Y. C., Blanco, C. A., Portilla, M., Adamczyk, J., Luttrell, R., & Huang, F. 2015. Evidence of multiple/cross resistance to Bt and organophosphate insecticides in Puerto Rico population of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 122, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.01.007>