

**KEANEKARAGAMAN JAMUR ENTOMOPATOGEN PADA
TANAH PERTANIAN ORGANIK DAN KONVENSIONAL DI
BUMIAJI, BATU, JAWA TIMUR DAN VIRULENSINYA
TERHADAP *Spodoptera litura* Fabricius**

Oleh :

YOSEP MINAR ALBERT NANDUS MARPAUNG



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG
2016**

**KEANEKARAGAMAN JAMUR ENTOMOPATOGEN PADA
TANAH PERTANIAN ORGANIK DAN KONVENSIONAL DI
BUMIAJI, BATU, JAWA TIMUR DAN VIRULENSINYA
TERHADAP *Spodoptera litura* Fabricius**

Oleh:

YOSEP MINAR ALBERT NANDUS MARPAUNG

125040200111082

MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

SKRIPSI

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

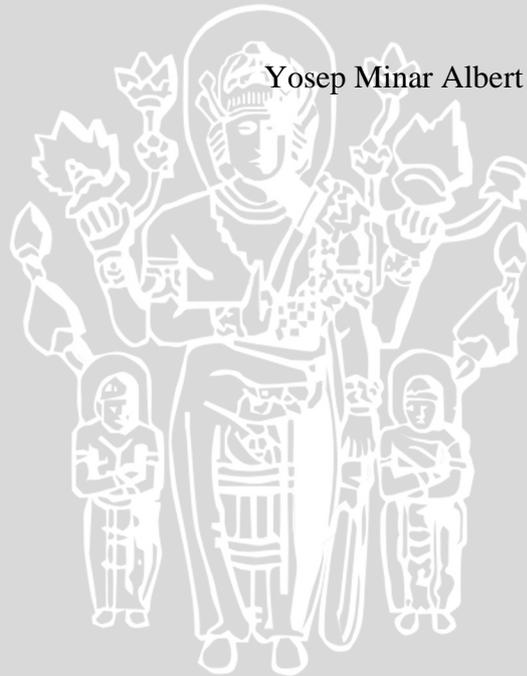
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG
2016**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2016

Yosep Minar Albert Nandus Marpaung



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Keanekaragaman Jamur Entomopatogen pada Tanah Pertanian Organik dan Konvensional di Bumiaji, Batu, Jawa Timur dan Virulensinya Terhadap *Spodoptera litura* Fabricius

Nama Mahasiswa : Yosep Minar Albert Nandus Marpaung

NIM : 125040200111082

Jurusan : Hama Dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui:

Pembimbing Utama, Pembimbing Pendamping,

Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS.
NIP. 19580208 198212 1 001

Fery Abdul Choliq, SP., MP., MSc.
NIK. 201503 860523 1 001

Diketahui
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 200 1

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP. 19550403 198303 1 003

Fery Abdul Choliq, SP., MP., MSc.
NIK. 201503 860523 1 001

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS.
NIP. 19580208 198212 1 001

Dr. Ir. Sri Karindah, MS.
NIP. 19520517 197903 2 001

Tanggal Lulus:

Mintalah maka akan diberikan kepadamu. carilah, maka kamu akan mendapatkan. ketoklah maka pintu akan dibukakan bagimu. Karena setiap orang yang meminta, menerima dan setiap orang yang mencari mendapat dan setiap orang yang mengetok, baginya pintu dibukakan.

(Matius 7:7-8).

Kita adalah apa yg kita kerjakan berulang-ulang. Jadi kesempurnaan itu bukan sebuah tindakan melainkan kebiasaan

(Aristoteles)

Barangsiapa ingin mutiara, harus berani terjun di lautan yang dalam

(Soekarno)



Skripsi ini saya persembahkan untuk kedua orangtuaku

(Sumihar Marpaung dan Emelia Sitorus)

Ketiga adikku

(Andreas Jackson Marpaung, Citra Agustina Marpaung, Mutiara Eveline Marpaung)

Keluarga besar, guru-guruku, dan teman-temanku.

RINGKASAN

Yosep Minar Albert Nandus Marpaung, 125040200111082. Keanekaragaman Jamur Entomopatogen pada Tanah Pertanian Organik dan Konvensional di Bumiaji, Batu, Jawa Timur dan Virulensinya Terhadap *Spodoptera litura* Fabricius. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. sebagai Pembimbing Utama dan Fery Abdul Choliq SP., MP., MSc. sebagai Pembimbing Pendamping.

Tanah merupakan habitat alami jamur entomopatogen. Banyak spesies jamur entomopatogen terutama dari ordo Hyporeales (Ascomycota) mendiami tanah ketika berada di luar inang serangga. Jamur entomopatogen menyebar di berbagai macam tipe habitat tanah termasuk pada tanah pertanian organik dan konvensional. Perbedaan praktik budidaya dari kedua lahan menyebabkan perbedaan keanekaragaman jamur entomopatogen di dalam tanah. Jamur entomopatogen yang berasal dari tanah pertanian organik dan konvensional dapat digunakan sebagai agens pengendali hayati serangga hama. Salah satu hama yang dapat dikendalikan dengan menggunakan jamur entomopatogen adalah *Spodoptera litura*. Studi tentang keanekaragaman jamur entomopatogen pada tanah dari lahan yang berbeda tingkat pengolahannya dapat membantu memantau fungsinya agroekosistem. Pengetahuan tentang komposisi spesies jamur entomopatogen dari tanah dengan sistem pertanian organik dan konvensional juga berguna untuk mengetahui potensi jamur entomopatogen sebagai pengendali hama tanaman.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Nematologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang pada bulan Februari sampai Juni 2016. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yakni metode survei, eksplorasi dan komparasi. Survei dilaksanakan dengan melakukan wawancara petani pemilik lahan dan mengamati kondisi lahan secara langsung. Eksplorasi jamur entomopatogen diambil dari tanah pertanian organik dan konvensional di Bumiaji, Batu, Jawa Timur dan diidentifikasi hingga tingkat genus. Komparasi dilakukan untuk membandingkan kondisi kedua lahan, keanekaragaman jamur entomopatogen dan virulensinya terhadap *S.litura*.

Jamur entomopatogen yang ditemukan dari tanah pertanian organik sebanyak 16 isolat dari 6 genus jamur, yaitu: *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Fusarium*, *Aspergillus* dan *Gliocladium*. Pada tanah pertanian konvensional ditemukan 10 isolat jamur entomopatogen dari 3 genus, yaitu: *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Fusarium* dan isolat Cg-KX1 yang belum teridentifikasi. Keanekaragaman jamur entomopatogen pada lahan organik lebih tinggi (2,614) dibandingkan lahan konvensional (2,202). Pada lahan organik, virulensi tertinggi dihasilkan oleh *Beauveria* sp.1 yang menyebabkan mortalitas *S. litura* sebesar 63,34% serta yang terendah dihasilkan oleh *Fusarium* sp. 5 dan *Gliocladium* sp. sebesar 0%. Sedangkan pada lahan konvensional, virulensi tertinggi dihasilkan oleh *Metarhizium* sp. 8 yang menyebabkan mortalitas *S. litura* sebesar 46,67% dan yang terendah dihasilkan oleh *Fusarium* sp. 9 sebesar 0%.

SUMMARY

Yosep Minar Albert Nandus Marpaung. 125040200111082. Diversity of Entomopathogenic fungi in Soils from Organic and Conventional Farming Systems in Bumiaji, Batu, East Java and virulence against *Spodoptera litura* Fabricius. Supervised by Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. and Fery Abdul Choliq SP., MP., MSc.

Soil is a natural habitat for entomopathogenic fungi. Many species of entomopathogenic fungi belonging Hypocreales (Ascomycota) inhabit the soil when outside of their insect host. Entomopathogenic fungi spread in various of habitat type of soil include in soil from organic and conventional farming systems. The difference of cultivation both the agriculture systems causes the difference diversity of entomopathogenic fungi in soil. Entomopathogenic fungi from soil in a organic and conventional farming systems can be used to control of the pests of plants. One pest that can be controlled by the entomopathogenic fungi is *Spodoptera litura*. Studies on the diversity of entomopathogenic fungi in soil from fields differing in the level of farming intensity can help to monitor the functioning of agroecosystem. Knowledge the species composition of entomopathogenic in soil from fields cultivated in a organic and conventional system can be also assessing the potential of entomopathogenic fungi as pests control.

The research was conducted at the laboratory of Nematology, Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang on February to June 2016. The method used in this research were survey methods, exploration and comparison. Survey was conducted by interviewing the farmers and observing the field directly. Exploration of entomopathogenic fungi was taken from soil in organic and conventional system in Bumiaji, Batu, East Java and identified until the genus level. Comparison was conducted to compare both organic and conventional field system characteristic, diversity of entomopathogenic fungi and the virulence of entomopathogenic fungi against *S.litura*.

Entomopathogenic fungi was found in soil from organic field as many as 16 isolates of 6 genus were *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Fusarium*, *Aspergillus* dan *gliocladium*. Whereas in conventional field was found as many as 10 isolates of 3 genus were *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Fusarium* dan Cg-KX1 unidentified fungi. Diversity index of entomopatogenic fungi from soil in a cultivated in organic system (2,614) higher than conventional system (2,202). The highest virulence from organic field was obtained by *Beauveria* sp.1 with 63.34% and the lowest were obtained by *Fusarium* sp. 5, *Gliocladium* sp. 0% respectively. Whereas in conventional field, the highest virulence was obtained by *Metarhizium* sp. 8 with 46.67% and the lowest was obtained by *Fusarium* sp. with 0%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: Keanekaragaman Jamur Entomopatogen pada Tanah Pertanian Organik dan Konvensional di Bumiaji, Batu, Jawa Timur dan Virulensinya terhadap *Spodoptera litura* (F). Skripsi ini diajukan sebagai syarat untuk mendapatkan Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S1).

Penulis menyadari bahwa pada penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, sehingga saran dan kritik yang bersifat membangun demi kesempurnaan sangat diharapkan penulis. Semoga skripsi ini bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya di bidang pertanian.

Malang, Agustus 2016

Penulis



RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir pada tanggal 17 Mei 1994 di Ensali, Kalimantan Barat dari pasangan Bapak Sumihar Marpaung dan Ibu Emelia Sitorus. Penulis merupakan putra pertama dari 4 bersaudara. Riwayat pendidikan penulis yang pernah ditempuh yaitu pendidikan dasar di SDN 054903 Kebun Balok Sawit Langkat (2000-2006), kemudian melanjutkan pendidikan di SMP SWASTA TENERA (2006-2009), selanjutnya di SMA ST Thomas 4 Binjai (2009-2012). Pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan pada semester V penulis masuk Jurusan HPT (Hama dan Penyakit Tumbuhan).

Selama menempuh pendidikan di Perguruan Tinggi, penulis pernah menjadi asisten praktikum Bahasa Indonesia (2013), Biokimia Tanaman (2014 dan 2015), Botani (2014 dan 2015), Bioteknologi pertanian (2014) dan Irigasi dan Drainase (2015). Penulis juga aktif mengikuti keorganisasian yaitu KMK St. Benediktus Nursia FP UB sebagai Wakil Ketua Umum priode 2014-2015. Selain itu, penulis pernah aktif mengikuti beberapa kepanitiaan seperti Agriculture Vaganza BEM FP UB (2012), Penerimaan Mahasiswa Baru KMK FP UB (2013 dan 2014), Ziarah Rohani KMK St. Benediktus Nursia FP UB (2014), Paskah KMK St. Benediktus Nursia FP UB (2013 dan 2014), Natal KMK St. Benediktus Nursia FP UB (2013) dan Eksplorasi, Potensi, dan Kreasi HIMAPTA FP UB (2015 dan 2016). Adapun prestasi yang pernah diraih penulis adalah menjadi Finalis di lomba karya tulis mahasiswa tingkat nasional (LKTIN) di Universitas Tanjung Pura Pontianak (2014) dan Universitas Jambi (2015).

Penulis pernah melakukan kegiatan magang kerja selama tiga bulan dari Agustus sampai Oktober 2015 di Pusat pertanian organis Yayasan Bina Sara Bakti (BSB) Cisarua, Bogor, Jawa Barat.

UCAPAN TERIMA KASIH

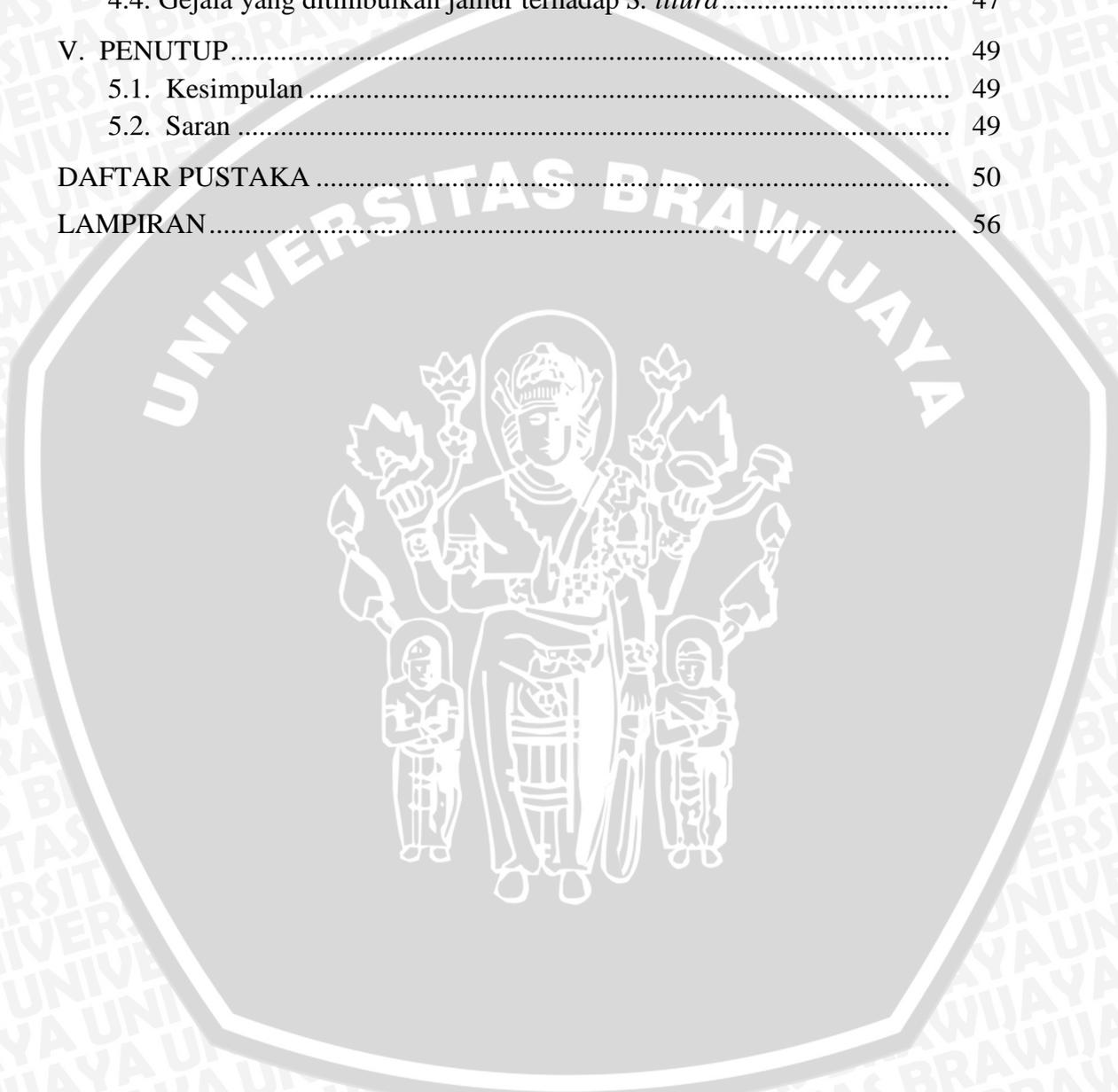
Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis Bapak Sumihar Marpaung dan Ibu Emelia Sitorus, ketiga adik penulis Andreas Jackson Marpaung, Citra Agustina Marpaung dan Mutiara Eveline Yoseffa Marpaung serta seluruh keluarga yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis.
2. Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. selaku pembimbing utama dan Fery Abdul Choliq, SP., MP., MSc. selaku dosen pendamping yang telah memberikan pengarahan, bimbingan dan motivasi kepada penulis.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Karindah, MS., dan Bapak Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU., selaku dosen penguji yang telah memberikan bimbingan dan motivasi kepada penulis.
4. Ibu Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan Hama dan Penyakit atas bimbingan dan nasihat yang telah diberikan.
5. Seluruh Dosen Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya khususnya dosen Hama dan Penyakit Tumbuhan yang telah memberikan bimbingan.
6. Karyawan dan laboran Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, khususnya Bapak Fadly Alifianto, S.Si atas fasilitas, dan bimbingan yang diberikan.
7. Seluruh anggota Keluarga Mahasiswa Katolik St. Benediktus Nursia atas doa, dukungan dan semangat yang diberikan kepada penulis.
8. Teman-teman seperjuangan Philip Simanjuntak, Renhard Manalu, Indra Simanjuntak, Nicson Sihaloho, Indra Sihombing, Francilia, Aphin, Ani, Fanni, Vivi, Yevila, Havinda, Anita, Ismatul, Leli, Catur, Aini dll yang telah memberikan motivasi serta bantuan dalam menyelesaikan penelitian ini.
9. dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah berperan dalam suksesnya penyusunan laporan skripsi ini.

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
UCAPAN TERIMAKASIH	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Hipotesis Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Jamur Entomopatogen	4
2.1.1. Faktor yang mempengaruhi infeksi	4
2.1.2. Mekanisme Infeksi	5
2.2. Habitat jamur entomopatogen di Tanah	5
2.3. Sistem Pertanian Organik	6
2.4. Sistem Pertanian konvensional	7
2.5. <i>Spodoptera litura</i> Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae)	7
2.4.1. Morfologi dan Bioekologi	8
2.4.2. Tanaman Inang dan Penyebarannya	9
III. METODOLOGI	10
3.1. Kerangka Operasional	10
3.2. Waktu dan Tempat Penelitian	11
3.3. Alat dan Bahan Penelitian	11
3.4. Persiapan Penelitian	11
3.5. Metode Penelitian	12
3.5.1. Deskripsi Kondisi Lahan pertanian Organik dan Konvensional	12
3.5.2. Pengambilan Contoh tanah	13
3.5.3. Isolasi Jamur entomopatogen	13
3.5.4. Identifikasi Jamur Entomopatogen	14
3.5.5. Indeks Keanekaragaman (H')	16
3.5.6. Pembuatan Suspensi	16
3.5.7. Uji Kerapatan Konidia	16
3.5.8. Uji Viabilitas Konidia	17

3.5.9. Uji Virulensi	18
3.6. Analisis Data	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1. Hasil Identifikasi Jamur Entomopatogen	19
4.2. Keanekaragaman Jamur Entomopatogen	42
4.3. Virulensi Jamur Entomopatogen terhadap <i>S. litura</i>	45
4.4. Gejala yang ditimbulkan jamur terhadap <i>S. litura</i>	47
V. PENUTUP	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	56



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kerangka Operasional.....	10
2.	Jamur <i>Beauveria</i> sp. 1.....	20
3.	Jamur <i>Beauveria</i> sp. 2.....	21
4.	Jamur <i>Metarhizium</i> sp. 1.....	22
5.	Jamur <i>Metarhizium</i> sp. 2.....	23
6.	Jamur <i>Metarhizium</i> sp. 3.....	23
7.	Jamur <i>Metarhizium</i> sp. 4.....	24
8.	Jamur <i>Metarhizium</i> sp. 5.....	25
9.	Jamur <i>Metarhizium</i> sp. 6.....	26
10.	Jamur <i>Metarhizium</i> sp. 7.....	27
11.	Jamur <i>Metarhizium</i> sp. 8.....	28
12.	Jamur <i>Paecilomyces</i> sp. 1.....	29
13.	Jamur <i>Paecilomyces</i> sp. 2.....	29
14.	Jamur <i>Aspergillus</i> sp. 1.....	30
15.	Jamur <i>Aspergillus</i> sp. 2.....	31
16.	Jamur <i>Aspergillus</i> sp. 3.....	32
17.	Jamur <i>Fusarium</i> sp. 1.....	33
18.	Jamur <i>Fusarium</i> sp. 2.....	34
19.	Jamur <i>Fusarium</i> sp. 3.....	35
20.	Jamur <i>Fusarium</i> sp. 4.....	35
21.	Jamur <i>Fusarium</i> sp. 5.....	36
22.	Jamur <i>Fusarium</i> sp. 6.....	37
23.	Jamur <i>Fusarium</i> sp. 7.....	38
24.	Jamur <i>Fusarium</i> sp. 8.....	39
25.	Jamur <i>Fusarium</i> sp. 9.....	40
26.	Jamur <i>Gliocladium</i> sp.	41
27.	Jamur Cg-KX1	42
28.	Histogram Indeks Keanekaragaman Jamur Entomopatogen	42
29.	Gejala yang ditimbulkan oleh Isolat Jamur pada <i>S. litura</i>	47



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Perbedaan Kondisi Lahan Organik dan Konvensional	12
2.	Kriteria Indeks Keanekaragaman Shannon	16
3.	Hasil Koleksi Jamur Entomopatogen dari Tanah Pertanian Organik dan Konvensional	19
4.	Nilai Indeks Keanekaragaman (H') Jamur Entomopatogen dari Tanah Organik dan Konvensional	42
5.	Mortalitas Larva <i>S. litura</i> setelah Aplikasi Isolat Jamur dari Tanah Pertanian Organik	44
6.	Mortalitas Larva <i>S. litura</i> setelah Aplikasi Isolat Jamur Tanah Pertanian Konvensional	45

Lampiran

1.	Indeks Keanekaragaman Shannon (H') Jamur Entomopatogen pada Tanah Pertanian Organik	57
2.	Indeks Keanekaragaman Shannon (H') Jamur Entomopatogen pada Tanah Pertanian Konvensional	57
3.	Kerapatan dan Viabilitas Isolat Jamur Entomopatogen dari Tanah Pertanian pertanian Organik dan konvensional	58
4.	Analisis Ragam Uji Virulensi Jamur Entomopatogen yang diperoleh dari Tanah Pertanian Organik	58
5.	Analisis Ragam Uji Virulensi Jamur Entomopatogen yang diperoleh dari Tanah Pertanian Konvensional	59
6.	Rerata Suhu dan Kelembaban di Media biakan SDAY	59
7.	Rerata Suhu dan Kelembaban pada saat Uji Virulensi Jamur Entomopatogen terhadap <i>S. litura</i>	59



I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah merupakan habitat alami jamur entomopatogen (Medo dan Cagan, 2011). Banyak spesies jamur entomopatogen terutama dari ordo Hyporeales (Ascomycota) mendiami tanah ketika berada di luar inang serangga (Quesada-Moraga *et al.*, 2007). Tanah berperan melindungi jamur entomopatogen dari pengaruh faktor abiotik dan biotik (Keller and Zimmernan, 1998 *dalam* Quesada-Moraga *et al.*, 2007).

Jamur entomopatogen menyebar di berbagai macam habitat tanah termasuk pada tanah pertanian organik dan konvensional. Menurut Morgera *et al.* (2012) pertanian organik merupakan sebuah sistem manajemen produksi holistik yang dapat meningkatkan kesehatan agroekosistem seperti keanekaragaman hayati, siklus biologi dan aktivitas biologi tanah. Dalam praktiknya, pertanian organik tidak menggunakan pupuk kimia, pestisida kimia dan GMO (*genetically modified organisms*) (Pimentel *et al.*, 2005). Sebaliknya, Pertanian konvensional adalah sistem pertanian yang berorientasi pada hasil produksi yang tinggi (Herawati *et al.*, 2014). Reganold *et al.* (1987) menambahkan bahwa pertanian konvensional bergantung pada penggunaan pupuk dan pestisida kimia.

Budidaya tanaman dengan sistem pertanian organik dan konvensional berpengaruh terhadap komponen agroekosistem termasuk keanekaragaman jamur entomopatogen di dalam tanah. Tkaczuk *et al.* (2014); Clifton *et al.* (2015) melaporkan bahwa tanah pada sistem pertanian organik memiliki keanekaragaman jamur entomopatogen yang lebih tinggi dibandingkan sistem pertanian konvensional. Mader *et al.* (2002) menambahkan bahwa konversi sistem pertanian konvensional ke pertanian organik meningkatkan keanekaragaman dan aktivitas jamur entomopatogen di dalam tanah.

Jamur entomopatogen yang berasal dari tanah pertanian organik dan konvensional dapat digunakan sebagai agens pengendali hayati serangga hama (Tkaczuk *et al.*, 2015; Clifton *et al.* 2015). Namun, perbedaan praktik budidaya dari kedua lahan mempengaruhi virulensi jamur entomopatogen terhadap inang serangga. Lewis *et al.* (1996); Tkaczuk *et al.* (2015) melaporkan bahwa

penggunaan pestisida kimia dan pupuk kimia dapat menurunkan perkecambahan dan virulensi jamur entomopatogen.

Pemanfaatan jamur entomopatogen sebagai agens pengendali hama tanaman berkembang beberapa tahun terakhir. Salah satu hama yang dapat dikendalikan dengan menggunakan jamur entomopatogen adalah *Spodoptera litura*. Asi *et al.* (2013) melaporkan bahwa jamur entomopatogen seperti *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium leccani*, *Pacilomyces fumosoroseus* Wize Brown dan *Metarhizium anisopliae* efektif mengendalikan hama *S. litura*.

Menurut Norris *et al.* (2003), keanekaragaman organisme menentukan stabilitas ekosistem. Studi tentang keanekaragaman jamur entomopatogen pada tanah dari lahan yang berbeda tingkat pengolahannya dapat membantu memantau berfungsinya agroekosistem. Pengetahuan komposisi spesies jamur entomopatogen pada tanah dari sistem pertanian organik dan konvensional juga berguna untuk mengetahui potensi jamur entomopatogen sebagai pengendali hama tanaman.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi jamur entomopatogen yang diperoleh dari lahan pertanian organik dan konvensional di Bumiaji, Batu, Jawa Timur
2. Membandingkan keanekaragaman jamur entomopatogen yang diperoleh dari lahan pertanian organik dan konvensional di Bumiaji, Batu, Jawa Timur
3. Menentukan virulensi jamur entomopatogen yang diperoleh dari lahan pertanian organik dan konvensional di Bumiaji, Batu, Jawa Timur

1.3. Hipotesis Penelitian

Hipotesis pada penelitian ini adalah:

1. Keanekaragaman jamur entomopatogen pada tanah pertanian organik lebih tinggi dibandingkan tanah pertanian konvensional
2. Jamur entomopatogen yang diperoleh dari lahan pertanian organik dan konvensional memiliki virulensi yang berbeda terhadap *S. litura*

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

Memberikan informasi isolat jamur entomopatogen dari tanah pertanian organik dan konvensional serta potensinya sebagai pengendali hama tanaman. Nilai indeks keanekaragaman dapat dijadikan bioindikator stabilitas ekosistem kedua lahan.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Jamur Entomopatogen

Jamur entomopatogen merupakan salah satu mikroorganisme yang dapat digunakan untuk mengendalikan hama tanaman. Saat ini terdapat sekitar 750 spesies jamur dari 90 genus yang sudah diketahui berperan sebagai jamur entomopatogen, tetapi hanya sedikit yang dikembangkan sebagai patogen serangga (Hajek, 1997; Augustyniuk-Kram dan Karol, 2012). Beberapa Genus yang termasuk dalam kelompok jamur entomopatogen serangga yaitu *Beauveria*, *Conidiobolus*, *Entomophaga*, *Entomophthora*, *Hirsutella*, *Zoophthora*, *Metarhizium*, *Neoygites*, *Nomuraea*, *Pandora*, *Paecilomyces* dan *Verticillium* (Lacey *et al.*, 2001). Jamur entomopatogen memiliki inang yang cukup luas yaitu, ordo Lepidoptera, Homoptera, Hemiptera, Coleoptera, dan Orthoptera serta dapat menginfeksi seluruh stadia hidup serangga seperti telur, larva, pupa dan imago (Federici, 1999).

Perlindungan tanaman dengan memanfaatkan jamur entomopatogen merupakan peran kunci dalam program pengelolaan hama berkelanjutan (Bashir *et al.*, 2013). Penggunaan jamur entomopatogen sebagai agen biokontrol memiliki beberapa keuntungan dibandingkan menggunakan insektisida kimia. Keuntungannya meliputi biaya rendah, efisiensi tinggi, aman bagi organisme menguntungkan, pengurangan residu di lingkungan dan peningkatan keanekaragaman hayati (Lacey *et al.*, 2001).

2.1.2. Mekanisme Infeksi

Jamur entomopatogen menginfeksi inang melalui kontak antara struktur reproduksi aseksual yang disebut konidia dengan kutikula serangga. (Hummel *et al.*, 2002). Konodia berkecambah membentuk tabung kecambah untuk menembus integumen dan masuk kedalam hemosel (Trizelia, 2005). Konidia menggunakan sejumlah enzim dan toksin untuk merusak kutikula serangga (Trizelia, 2005; Clifton, 2013). Ketika masuk ke *hemosel*, miselium berkembang dan menyebar ke seluruh tubuh inang, membentuk hifa dan memproduksi blastospora (Han *et al.*, 2014). Blastospora menyebar kedalam hemolimfa dan membentuk hifa sekunder

untuk menyerang jaringan lain seperti jaringan lemak, sistem saraf, trakea dan saluran pencernaan sehingga menyebabkan kematian pada serangga (Trizelia, 2005). Setelah serangga mati, konidia memproduksi antimikroba *oosporein* yang dapat mencegah pertumbuhan bakteri dan pembusukan pada bangkai serangga. Pada akhirnya seluruh tubuh serangga dipenuhi oleh massa jamur (Mahr, 2005).

2.1.1. Faktor yang Mempengaruhi Infeksi

Kemampuan jamur entomopatogen menyerang inang serangga dipengaruhi beberapa faktor diantaranya suhu, kelembaban dan sinar ultraviolet. Suhu optimum untuk pertumbuhan jamur adalah 20-30 °C (Hsia *et al.*, 2014) dan kelembaban sebesar 80% (Namasivayam *et al.*, 2015). Konidia jamur sangat rentan terhadap suhu diatas 34 °C dan paparan sinar ultraviolet (Jianzhong *et al.*, 2003). Selain itu, Umur serangga juga mempengaruhi mortalitas larva oleh jamur entomopatogen. Larva yang masih muda lebih rentan terinfeksi jamur entomopatogen daripada larva yang sudah tua (Ramzan Asi *et al.*, 2010). Hal ini disebabkan kandungan kimia pada kutikula serangga berubah secara bertahap dengan pertambahan usia larva yang mengakibatkan pengerasan kutikula dan peningkatan humoral kekebalan terhadap infeksi jamur entomopatogen (Boman, 1980).

2.2. Habitat Jamur Entomopatogen di Tanah

Tanah merupakan habitat alami jamur entomopatogen (Medo and Cagan, 2011). Banyak spesies jamur entomopatogen dari Hyporeales (Ascomycota) mendiami tanah ketika berada diluar inang serangga. Tanah berperan melindungi jamur dari radiasi sinar ultraviolet dan menahan pengaruh ekstrim faktor abiotik dan biotik (Keller and Zimmermann, 1998 *dalam* Quesada-Moraga *et al.*, 2007). Faktor biotik yang mempengaruhi keberadaan dan penyebaran jamur entomopatogen di dalam tanah, antara lain mobilitas serangga (Hall dan Burges 1979), cara makan, habitat, laju reproduksi, kepadatan populasi, jumlah inokulum jamur, dan jumlah serangga yang terinfeksi (Keller dan Sutter, 1980, Hall dan Papierok, 1982). Selain itu, praktik budidaya pada lahan pertanian mempengaruhi keberadaan dan keanekaragaman jamur entomopatogen di dalam tanah seperti penggunaan pestisida (Tkaczuk, 2015) dan pupuk kimia (Clifton, 2015).

Jamur entomopatogen menyebar di berbagai macam habitat tanah. Keberadaan jamur entomopatogen di berbagai tipe habitat tanah telah banyak dibuktikan oleh penelitian sebelumnya. Sun and Liu (2008) berhasil mengisolasi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Lecanicillium lecanii*, *Paecilomyces farinosus*, *P. fumosoroseus* dan *Tolypocladium inflatum* dari tanah alami. Sun *et al.* (2008) berhasil mengisolasi *B. bassiana*, *M. anisopliae* dan *P. fumosoroseus* dari tanah pertanian. Tkaczuk *et al.* (2014) berhasil mengisolasi *B. bassiana*, *Isaria fumosorosea*, *M. anisopliae*, *Lecanicillium* dari tanah organik dan *I. fumosorosea*, *M. anisopliae*, and *Lecanicillium* sp. dari tanah pertanian konvensional. Ramadhan and Hernowo (2012) berhasil mengisolasi *B. bassiana*, *M. anisopliae* dari tanah gambut. Namun Oddsdottir *et al.* (2010) tidak menemukan jamur entomopatogen pada tanah yang mengalami erosi.

2.3. Sistem Pertanian Organik

Pertanian organik adalah sebuah sistem manajemen produksi holistik yang dapat meningkatkan kesehatan agroekosistem seperti keanekaragaman hayati, siklus biologi dan aktivitas biologi tanah (Morgera *et al.*, 2012). Nassay (2010) menambahkan bahwa pertanian organik merupakan sistem manajemen produksi yang dapat meningkatkan kesehatan tanah maupun kualitas ekosistem tanah dan produksi tanaman. Sistem pertanian organik dianggap sebagai sistem pendekatan di mana terjadi interaksi antara komponen (tanaman, hewan, serangga, tanah) yang sama pentingnya dengan seluruh pertanian itu sendiri (Delate, 2003).

Pertanian organik tidak menggunakan pupuk kimia, pestisida dan GMO (*genetically modified organisms*). Untuk mengganti penggunaan pupuk kimia, petani menggunakan rotasi tanam, tanaman penutup tanah dan kompos yang berperan untuk meningkatkan kesuburan tanah (Pimentel *et al.*, 2005), sedangkan untuk mengganti penggunaan pestisida, petani mengendalikan hama dengan cara kultur teknis, biologis dan fisik dengan membatasi penyebaran populasi hama dan meningkatkan populasi serangga yang menguntungkan (Delate, 2003).

Menurut IFOAM (2008), terdapat 4 prinsip pertanian organik yaitu : (1) Prinsip kesehatan: pertanian organik harus melestarikan dan meningkatkan kesehatan tanah, tanaman, hewan, manusia dan bumi sebagai satu kesatuan dan

tidak terpisahkan, (2) Prinsip ekologi: Pertanian organik harus didasarkan pada sistem dan siklus ekologi kehidupan. Bekerja, meniru dan berusaha memelihara sistem dan siklus ekologi kehidupan. Prinsip ekologi meletakkan pertanian organik dalam sistem ekologi kehidupan, yang bahwa produksi didasarkan pada proses dan daur ulang ekologis. Siklus ini bersifat universal tetapi pengoperasiannya bersifat spesifik-lokal, (3) Prinsip keadilan : Pertanian organik harus membangun hubungan yang mampu menjamin keadilan terkait dengan lingkungan dan kesempatan hidup bersama dan (4) Prinsip perlindungan : Pertanian organik harus dikelola secara hati-hati dan bertanggung jawab untuk melindungi kesehatan dan kesejahteraan generasi sekarang dan mendatang serta lingkungan hidup.

2.4. Sistem Pertanian Konvensional

Pertanian konvensional adalah sistem pertanian yang berorientasi pada hasil produksi tinggi (Herawati *et al.*, 2014). Menurut Reganold *et al.* (1987), pertanian konvensional bergantung pada penggunaan pupuk dan pestisida kimia. Perlakuan terhadap lahan melalui penggunaan pupuk kimia, pestisida dan peralatan berat mengakibatkan lahan menjadi miskin biodiversitas dan organisme hidup (Herawati *et al.*, 2014). Pupuk kimia dan pestisida mencemari tanah, air tanah, sungai dan udara dan membuat retensi air mengecil sehingga dibutuhkan lebih banyak air dalam bertanam dan mudah longsor. Menurut Kuswandi (2012), dampak dari sistem pertanian konvensional, yaitu: meningkatnya degradasi lahan (fisik, kimia dan biologis), meningkatnya residu penyakit dan gangguan serta resistensi hama penyakit dan gulma, berkurangnya keanekaragaman hayati dan gangguan kesehatan masyarakat sebagai akibat dari pencemaran lingkungan. FAO (2012) dalam Herlinda *et al.* (2014) menambahkan bahwa selain menggunakan lebih banyak energi, pertanian konvensional juga merupakan kontributor terhadap perubahan iklim.

2.5. *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae)

S. litura termasuk dalam ordo Lepidoptera, famili Noctuidae (Kalshoven, 1981). *S. litura* disebut sebagai ulat grayak karena ulat ini dalam jumlah yang

besar (mencapai ribuan) beramai-ramai menyerbu dan memakan tanaman pada malam hari dan tanaman akan habis dalam waktu yang singkat (Pracaya, 2007).

2.4.1 Morfologi dan Bioekologi *S. litura*

S. litura jenis serangga yang mengalami metamorfosis sempurna yang terdiri dari 4 stadia hidup, yaitu telur, larva, kepompong, dan imago (Kalshoven 1981). Lama Siklus hidup *S. litura* berkisar antara 30–60 hari (Marwoto dan Suharsono, 2008). Telur berbentuk hampir bulat dengan bagian dasar melekat pada daun (kadangkadang tersusun dua lapis), berwarna coklat kekuningan, diletakkan berkelompok masing-masing 25–500 butir. Telur diletakkan pada bagian daun atau bagian tanaman lainnya, baik pada tanaman inang maupun bukan inang. Bentuk telur bervariasi. Kelompok telur tertutup bulu seperti beludru yang berasal dari bulubulu tubuh bagian ujung ngengat betina, berwarna kuning kecoklatan, Lama stadium telur sekitar 2–4 hari (Marwoto dan Suharsono, 2008).

Stadia larva *S. litura* terdiri dari enam instar. Larva instar satu berkepala hitam, tubuhnya berwarna hijau kekuningan hingga hijau. Larva hidup berkelompok di bawah permukaan daun. Larva memakan jaringan epidermis bawah sampai jaringan pagar dan menyisakan tulang daun dan epidermis bagian atas. Larva instar dua memiliki kepala berwarna coklat muda. Pada bagian toraks larva terdapat garis coklat melintang dan dua titik hitam di kedua sisinya. Larva instar tiga mempunyai variasi warna lebih jelas yaitu tubuh berwarna dasar hijau coklat dengan garis-garis putih dan coklat sepanjang tubuh larva. Pada ruas pertama abdomen terdapat garis coklat melintang. Larva pada stadia ini mulai hidup memencar dan makan semua jaringan daun termasuk tulang daun. Larva instar empat mempunyai warna dasar abu-abu, pada bagian dorsal terdapat tiga garis kuning memanjang dan di atas garis tersebut terlihat bintik-bintik kuning berbentuk setengah lingkaran yang terdapat hampir di setiap ruas tubuh. Larva instar lima dan enam memiliki warna hitam tetapi ukuran larva instar enam lebih besar daripada instar lima (Tampewanas, 1981 dalam Widiastuty, 2001). Stadium larva terdiri atas 5 instar yang berlangsung selama 20–46 hari (Marwoto dan Suharsono, 2008).

Pupa *S. litura* berukuran 15-20 mm dan berwarna coklat kemerahan. Pupa berbentuk oval memanjang pada ujung abdomen dilengkapi dua tulang punggung kecil. Lama stadia pupa 9-14 hari dan berada di dalam tanah atau pasir. Pupa *S. litura* berwarna coklat kemerahan (EPPO, 2005). Pupa jantan umumnya lebih besar daripada pupa betina (Widihastuty, 2001).

Imago *S. litura* berwarna coklat kehitaman dengan panjang 15-20 mm (Kalshoven, 1981). Sayap ngengat bagian depan berwarna coklat atau keperakan, dan sayap belakang berwarna keputihan dengan bercak hitam. Imago bersifat nokturnal dan mampu terbang mencapai 5 km. Pada malam hari, imago terbang dan menghisap nektar, sedangkan pada siang hari bersembunyi di tempat yang tersembunyi. Imago yang keluar dari pupa dapat langsung berkopulasi. Lama hidup imago berkisar 5-10 hari (Widihastuty, 2001).

2.4.2. Tanaman Inang dan Penyebarannya *S. litura*

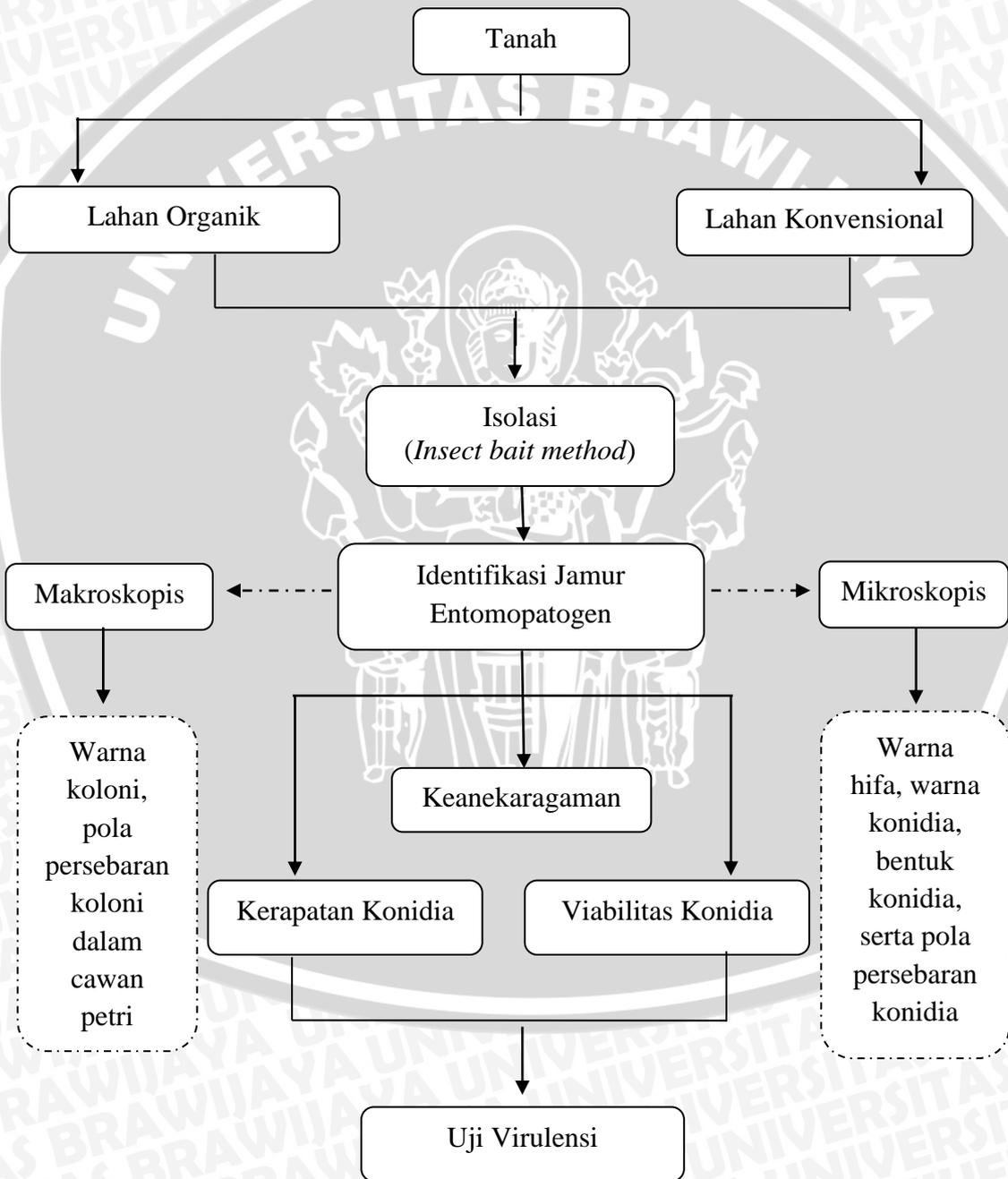
S. litura merupakan salah satu hama polifag atau mempunyai kisaran inang yang cukup luas (Marwoto dan Suharsono, 2008). Beberapa macam jenis tanaman yang diserang *S. litura* antara tanaman brokoli (Setiawati *et al.*, 2005), kedelai, tanaman inang lain cabai, kubis, padi, jagung, tomat, tebu, buncis, jeruk, tembakau, bawang merah, terung, kentang, kacang-kacangan (kedelai, kacang tanah), kangkung, bayam, pisang, dan tanaman hias (Marwoto dan Suharsono, 2008).

Hama ini menyebar di berbagai negara Asia seperti Indonesia, Afghanistan, Bangladesh, Kamboja, China, Hongkong, India, Iran, Jepang, Laos, Malaysia, Myanmar, Nepal, Korea Utara, Oman, Pakistan, Filipina, Singapura, Korea Selatan, Sri Lanka, Taiwan, Thailand, dan Vietnam (Noma *et al.*, 2010). Di Indonesia, hama ini terutama menyebar di Nanggroe Aceh Darussalam, Jambi, Sumatera Selatan, Jawa Barat, Jawa Tengah, DI Yogyakarta, Bali, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Maluku, dan Papua. (Marwoto dan Suharsono, 2008).

III. METODOLOGI

3.1. Kerangka Operasional

Kerangka operasional menunjukkan langkah-langkah teknis yang digunakan sehingga penelitian dapat dilakukan secara bertahap dan sistematis. Kerangka operasional secara skematis disajikan dalam gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Operasional

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Februari sampai dengan Juni 2016 di Laboratorium Nematologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Contoh tanah diambil dari lahan pertanian organik dan konvensional di Desa Sumber Brantas, Bumiaji, Batu, Jawa timur.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain *Global Positioning System* (GPS), sekop, kantung plastik (12 cm x25 cm), kertas label, ayakan, kotak plastik (10x10x10), kain kasa hitam, *laminar air flow cabinet* (LAFC), cawan petri (diameter 9 cm), pinset, jarum ose, api bunsen, plastik *wrap*, gelas ukur 1000 dan 250 ml, timbangan, botol tahan panas, *spatula*, *sprayer*, autoklaf, mikropipet, timbangan, *obyek glass* dan *cover glass*, kamera, *termohigrometer*, silinder plastik (d= 4,5 cm, t= 5 cm), hemositometer, mikroskop, kapas, aluminium foil, buku identifikasi, contoh tanah dari lahan organik dan konvensional, alkohol 70%, media SDAY (*Saboraud Dextrose Agar Yeast Extract*): dekstrosa 40 g, pepton 10 g, agar 15 g, ekstrak khamir 2,5 g, kloramfenikol 0,5 g dan akuades 1 L (Samuels *et al.*, 2002), daun jarak kepyar (*Ricinus communis L.*), larva *Tenebrio molitor* instar III, dan larva *S. litura* instar II.

3.4. Persiapan Penelitian

3.4.1. Sterilisasi Alat

Sterilisasi alat dilakukan pada alat-alat yang digunakan sebagai tempat perbanyakan jamur atau media, yaitu cawan petri, tabung reaksi, botol media. Alat tersebut dicuci sampai bersih kemudian direndam dalam larutan klorox selama 24 jam. Setelah 24 jam, diangkat dan dikeringkan. Setelah kering cawan petri dibungkus dengan kertas dan dimasukkan kedalam autoklaf pada suhu 121°C pada tekanan 20 atm selama 90 menit.

3.4.2. Pembuatan *Medium Sabouraud Dextrose Agar Yeast Extract* (SDAY)

Pembuatan medium SDAY dilakukan dengan cara melarutkan dekstrosa sebanyak 10 g, *yeast extract* 2,5 g, pepton 2,5 g dan agar 20 g ke dalam akuades

steril hingga mencapai volume total satu liter. Medium ditambah antibiotik kloramfenikol sebanyak 200 mg yang dilarutkan dalam satu ml etanol 96% p.a. Medium disterilkan dengan autoclaf pada suhu 121°C dan tekanan 2 atm selama 15 menit. Medium dituang secara aseptis ke dalam cawan petri dengan volume masing-masing 20 ml, kemudian dibiarkan mengeras (Samuels *et al.*, 2002).

3.5. Metode Penelitian

3.5.1. Deskripsi Perbedaan Kondisi Lahan Organik dan Konvensional

Jamur entomopatogen diisolasi dari tanah pada sistem pertanian organik dan konvensional di Desa Sumber Brantas, Kecamatan Bumiaji, Batu, Jawa Timur. Kondisi agroekosistem kedua lahan pengambilan contoh tanah dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Perbedaan Kondisi Lahan Organik dan Konvensional

Keterangan	Lahan	
	Organik	Konvensional
Koordinat lahan	S 07°44'23.4''	S 07°44'34.6''
Ketinggian	E 112°31'05.2''	E 112°31'59.0''
Tanaman budidaya	1626 m dpl	1639 m dpl
Umur tanaman	Brokoli	Brokoli
Luas pertanaman	42 Hari setelah tanam	46 Hari setelah tanam
Pengolahan tanah	668,14 m ²	1474 m ²
Aplikasi pestisida	Secara tradisional (cangkul)	Secara tradisional (cangkul)
Pupuk	Tidak menggunakan pestisida	Terjadwal, 2 kali seminggu
Aplikasi pupuk	Pupuk kandang	Pupuk kimia
Istirahat lahan	Terjadwal, 3-7 Hari sebelum tanam	Terjadwal, 15 Hari setelah tanam
Rotasi tanam	1 bulan	Tidak ada jadwal istirahat
	Bit, wortel dan brokoli	Tidak menerapkan rotasi tanam

Deskripsi teknik budidaya brokoli secara organik dan konvensional pada masing-masing lokasi pengambilan contoh tanah diperoleh dari hasil wawancara

dengan petani pemilik lahan. Letak koordinat lahan organik yaitu S 07°44'23.4"; E 112°31'05.2" dengan ketinggian 1626 m di atas permukaan laut (dpl), sedangkan lahan konvensional terletak pada koordinat S 07°44'34.6"; E 112°31'59.0" dengan ketinggian 1639 m dpl. Umur tanaman brokoli pada lahan organik sekitar 42 hari setelah tanam (HST), sedangkan pada lahan konvensional umur tanaman brokoli sekitar 45 HST. Luas pertanaman brokoli pada lahan organik sekitar 668,14 m² dan lahan konvensional sekitar 1474 m².

Hama dan penyakit pada lahan organik dikendalikan dengan cara mengambil langsung hama atau tanaman yang terserang penyakit dari pertanaman. Pada lahan konvensional, pengendalian hama dilakukan dengan menggunakan pestisida berbahan aktif sipermetrin dengan aplikasi terjadwal yaitu 2 kali setiap minggu. Pupuk yang digunakan di lahan organik adalah pupuk kandang yang berasal dari campuran kotoran ayam dan sekam padi diaplikasikan secara terjadwal 3-7 hari sebelum tanam, sedangkan pada lahan konvensional, pupuk yang digunakan adalah pupuk Nitrogen Phospat Kalium (NPK) diaplikasikan 15 HST. Setelah tanaman dipanen, lahan organik diistirahatkan (bera) selama 1 bulan sebelum ditanam tanaman dengan famili yang berbeda (rotasi tanam). Lahan konvensional tidak menerapkan masa istirahat lahan dan langsung ditanam tanaman dengan spesies yang sama dengan sebelumnya (Ferry dan Nuryanto, Komunikasi pribadi).

3.5.2 Pengambilan Contoh Tanah

Contoh diambil dari tanah dengan sistem pertanian organik dan konvensional di Desa Sumber Brantas Bumiaji, Batu, Jawa Timur. Tanah diambil pada kedalaman 10-15 cm. Penentuan titik pengambilan contoh dilakukan secara acak sebanyak 15 titik (Tkaczuk *et al.*, 2014). Contoh tanah dimasukkan kedalam plastik (12x25 cm) ditutup dan diberi label yang berisi informasi tentang lokasi, dan tanggal pengambilan. Contoh tanah dimasukkan kedalam *styrofoam box* dan dibawa ke laboratorium (Quesada-Moraga *et al.*, 2007; Sun and Liu, 2008).

3.5.3. Isolasi Jamur Entomopatogen

Isolasi Jamur dilakukan mengikuti metode *Insect bait method* yang pernah digunakan oleh Papierok dan Hajek (1997). Serangga umpan yang digunakan

adalah *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) instar ketiga. Masing-masing contoh tanah diayak dan dimasukkan ke dalam kotak plastik (10x10x10) masing-masing sebanyak 400 g, diberi label sesuai dengan lokasinya. Masing-masing tanah tersebut dilembabkan dengan akuades sampai tanah kelihatan agak basah, kemudian dimasukkan 10 ekor larva per wadah dengan cara dibenamkan sedalam 0,5 cm. Wadah ditutup dengan kain kasa yang telah dilembabkan. Pengamatan terhadap infeksi jamur pada larva *T. molitor* diamati 3 hari setelah preparasi dan pengamatan berikutnya dilakukan setiap hari. Jamur yang tumbuh pada permukaan larva diisolasi dan dibiakkan sebagai sumber isolat untuk bahan pengujian berikutnya. Permukaan larva yang terinfeksi jamur entomopatogen terlebih dahulu disterilisasi dengan 1% natrium hipoklorit selama 3 menit, kemudian dibilas dengan akuades steril sebanyak 3 kali dan dikeringanginkan di atas kertas filter steril. Larva dimasukkan ke dalam cawan petri (diameter 9 cm) yang berisi kertas tisu lembab steril dan diinkubasikan untuk merangsang pertumbuhan jamur entomopatogen. Konidia jamur entomopatogen yang keluar dari tubuh larva yang terinfeksi diambil dengan jarum ose steril dan dipindahkan pada SDAY dan diinkubasi selama 7 hari pada suhu 20-30°C dengan kelembaban sekitar 80%. (Pionar dan Thomas 1984; Hsia *et al.*, 2014; Tkaczuk *et al.*, 2014; Namasivayam *et al.*, 2015). Jamur yang berhasil diisolasi kemudian dipurifikasi.

3.5.4. Identifikasi Jamur Entomopatogen

Isolat jamur entomopatogen yang telah dimurnikan dan dipreparasi kemudian dilakukan pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis yang selanjutnya diidentifikasi berdasarkan panduan identifikasi jamur, Barnett dan Hunter (1998) dan Watanabe (2002). Pengamatan makroskopis dilakukan dengan cara mengamati kenampakan morfologi koloni jamur secara makroskopis yang meliputi warna koloni, pola persebaran koloni dalam cawan petri (konsentris dan tidak konsentris). Pengamatan warna koloni dilakukan dengan mengamati perubahan warna koloni pada saat koloni tua pada bagian permukaan dan dasar koloni karena seringkali terdapat perbedaan antara warna permukaan dan warna dasar koloni.

Pengamatan pola persebaran koloni dilakukan dengan mengamati bentuk koloni dalam cawan petri. Pola persebaran dapat berupa konsentris maupun non konsentris. Pola persebaran konsentris apabila terdapat gelombang-gelombang lingkaran konsentris yang dapat dilihat dari permukaan maupun dasar koloni. Pola persebaran non konsentris dapat berupa bentuk radial (tidak beraturan), menggunung, atau menyamping.

Pengamatan secara mikroskopis dilakukan dengan cara mengamati kenampakan morfologi koloni jamur dengan menggunakan mikroskop yang meliputi ada atau tidaknya septa pada hifa, pertumbuhan hifa, warna hifa, ada atau tidaknya konidia, warna konidia, bentuk konidia, serta pola persebaran konidia. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan perbesaran 400x. Pengamatan ada atau tidaknya septa pada hifa dilakukan dengan mengamati ada atau tidaknya sekat (garis melintang). Sekat pada hifa dapat terlihat rapat maupun jarang. Pengamatan pertumbuhan hifa dapat dilihat dengan mengamati percabangan hifa (bercabang atau tidak bercabang). Pengamatan warna hifa dan konidia dapat dilihat dari kenampakan warna yaitu gelap atau hialin. Warna hialin adalah ketika hifa atau konidia tidak berwarna dan terlihat transparan. Bentuk konidia dapat berupa bulat, lonjong, elips, oval atau tidak beraturan. Pola persebaran konidia dapat dikategorikan seperti bergerombol diujung konidiofor atau bergerombol di sekitar hifa, menyebar, tunggal, berantai atau tidak berantai, serta bentuk kumpulan konidia. Kumpulan konidia seringkali terlihat bermacam-macam bentuk, seperti bulat, radial (tidak beraturan), menyerupai bentuk bunga, dan sebagainya.

Pengamatan mikroskopis juga dilakukan terhadap kenampakan konidiofor, yaitu hifa khusus yang merupakan tangkai dari konidia serta ciri lain yang ditemukan. Pengamatan konidiofor meliputi bentuk konidiofor (bulat, segi tiga, atau segi empat), warna konidiofor (gelap atau hialin), ada atau tidaknya septa pada konidiofor (bersekat atau tidak bersekat), dan pertumbuhan konidiofor (bercabang atau tidak bercabang, panjang atau pendek).

3.5.5. Indeks Keanekaragaman (H')

Indeks keanekaragaman digunakan untuk menghitung keanekaragaman jenis jamur entomopatogen pada tanah pertanian organik dan konvensional dengan rumus indeks keanekaragaman menurut Shannon (Odum, 1993) adalah :

$$H' = - \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N}\right) \ln \left(\frac{n_i}{N}\right)$$

Keterangan : H' = indeks keanekaragaman,

S = jumlah spesies,

n_i = jumlah individu jenis ke i ,

N = jumlah total individu

Indeks keanekaragaman dihitung dengan kriteria menurut Brower dan Zar (1997) sebagai berikut (Tabel 1).

Tabel 2. Kriteria Indeks Keanekaragaman Shannon

Nilai Indeks	Kriteria
< 1	Keanekaragaman rendah, penyebaran jumlah individu tiap jenis rendah
1-3	Keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu tiap jenis sedang
> 3	Keanekaragaman tinggi, penyebaran jumlah individu tiap jenis tinggi

3.5.6. Pembuatan Suspensi Konidia

Isolat jamur entomopatogen yang dibiakan di media SDAY selama 15 hari dipindahkan ke media Ekstrak Kentang Dekstrose (EKD) dengan komposisi 1 liter akuades, 250 gram kentang, 20 gram dekstrose, 10 gram pepton dan 2 butir kloramfenikol). Pemandahan dilakukan dengan cara mengambil 5 plong dari isolat jamur, disentrifuse selama 24 jam dengan kecepatan 100 rpm dan diinkubasi selama 7-14 hari pada suhu 25-30°C, kelembaban 80%. Setelah diinkubasi, jamur yang telah tumbuh pada media dikocok dengan tangan dan diambil 10 ml dimasukan ke *falcon tube* untuk sentrifuse dengan kecepatan 3000 rpm selama 5 menit untuk memisahkan konidia murni dengan media EKD. Supernatan dibuang

dan disisakan pelet (endapan). Kemudian pelet ditambah akuades steril sebanyak 5 ml (Ahmed dan El-Katatny, 2007; Hsia *et al.*, 2014; Namasivayam *et al.*, 2015).

3.5.7. Uji Kerapatan Konidia

Perhitungan kerapatan konidia dilakukan dengan cara suspensi konidia dari perlakuan perbanyakkan isolat diambil sebanyak 1 ml. Kemudian ditetaskan pada hemositometer. Kerapatan konidia dihitung di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x dan dihitung kerapatan konidianya dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) dalam Herlinda *et al.* (2006) sebagai berikut:

$$C = t/(n \cdot x) \times 10^6$$

Keterangan: C : kerapatan spora per ml larutan

t : jumlah total spora dalam kotak contoh yang diamati

n : jumlah kotak contoh (5 kotak besar x 16 kotak kecil)

x : 0,25 faktor koreksi penggunaan kotak contoh skala kecil pada hemositometer

3.5.8. Uji Viabilitas Konidia

Perhitungan viabilitas konidia ditentukan setelah suspensi konidia diinkubasikan selama 24 jam. Suspensi diambil dengan mikropipet kemudian ditetaskan pada gelas objek dan ditutup dengan gelas penutup. Jumlah konidia yang berkecambah kemudian dihitung, demikian pula yang tidak berkecambah. Perhitungan dilakukan pada bidang pandang di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x, dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) dalam Herlinda *et al.* (2006) sebagai berikut:

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

Keterangan: V: Perkecambahan spora (viabilitas)

g : Jumlah spora yang berkecambah

u : Jumlah spora yang tidak berkecambah.

3.5.9. Uji Virulensi

Aplikasi jamur entomopatogen dilakukan menurut metode Goettel dan Inglis (1997), yaitu metode pencelupan. Semua isolat jamur entomopatogen yang diperoleh dari tanah pertanian organik dan konvensional dilakukan uji virulensi terhadap larva *S. litura*. Setiap isolat (perlakuan) diinokulasikan pada 10 larva *S. litura* instar II. Setiap perlakuan diulang 3 kali. Inokulasi dilakukan dengan cara mencelupkan 10 ekor larva *S. litura* instar II ke dalam suspensi isolat jamur yang mengandung 10^6 konidia/ml selama 5 detik dan dikeringanginkan di atas tisu steril. Inokulasi suspensi jamur dilakukan pada sore hari. Perlakuan kontrol dengan mencelupkan larva *S. litura* yang ke dalam akuades steril. Kemudian larva *S. litura* dipindahkan ke silinder plastik yang sudah berisi pakan jarak kepyar. Pengamatan dilakukan setiap hari setelah inokulasi (HSI). Persentase mortalitas larva *S. litura* dihitung dengan menggunakan rumus :

$$M = \frac{m}{n} \times 100\%$$

Keterangan: M = persentase larva yang mati

m = larva uji yang mati

n = larva uji secara keseluruhan

3.6. Analisis Data

Untuk mengetahui perbandingan perbedaan keanekaragaman entomopatogen yang diperoleh dari lahan pertanian organik dan konvensional menggunakan metode perhitungan keanekaragaman Shannon. Data Virulensi jamur terhadap *S. litura* di analisis dengan menggunakan analisis sidik ragam, apa apabila hasil menunjukkan pengaruh yang nyata maka dilakukan uji lanjut menggunakan Beda Nyata Jujur pada taraf 5%.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Identifikasi Jamur Entomopatogen

Isolat atau biakan murni jamur entomopatogen yang berhasil diperoleh dari tanah sistem pertanian organik dan konvensional sebanyak 26 isolat, 16 isolat dari lahan organik dan 10 isolat dari lahan konvensional (Tabel 3).

Tabel 3. Hasil Koleksi Jamur Entomopatogen dari Tanah Pertanian Organik dan Konvensional

No	Lahan	Kode Isolat	Hasil Identifikasi
1	Organik	Cg-OB1	<i>Beauveria</i> sp. 1
2		Cg-OF1	<i>Fusarium</i> sp. 1
3		Cg-OA1	<i>Aspergillus</i> sp. 1
4		Cg-OF2	<i>Fusarium</i> sp.2
5		Cg-OM1	<i>Metarhizium</i> sp. 1
6		Cg-OM2	<i>Metarhizium</i> sp. 2
7		Cg-OF3	<i>Fusarium</i> sp. 3
8		Cg-OF4	<i>Fusarium</i> sp. 4
9		Cg-OA2	<i>Aspergillus</i> sp. 2
10		Cg-OM3	<i>Metarhizium</i> sp. 3
11		Cg-Op1	<i>Paecilomyces</i> sp. 1
12		Cg-OB2	<i>Beauveria</i> sp. 2
13		Cg-OF5	<i>Fusarium</i> sp. 5
14		Cg-OA3	<i>Aspergillus</i> sp. 3
15		Cg-OG1	<i>Gliocladium</i> sp.
16		Cg-OM4	<i>Metarhizium</i> sp. 4
17	Konvensional	Cg-KM5	<i>Metarhizium</i> sp. 5
18		Cg-KX1	Cg-KX1
19		Cg-KP2	<i>Paecilomyces</i> sp. 2
20		Cg-KF7	<i>Fusarium</i> sp. 7
21		Cg-KM6	<i>Metarhizium</i> sp. 6
22		Cg-KF8	<i>Fusarium</i> sp. 8
23		Cg-KM7	<i>Metarhizium</i> sp. 7
24		Cg-KM8	<i>Metarhizium</i> sp. 8
25		Cg-KF8	<i>Fusarium</i> sp. 8
26	Cg-KF9	<i>Fusarium</i> sp. 9	

Keterangan: Cg: Cangar, O: Organik, K: Konvensional, A: *Aspergillus*, B: *Beauveria*, F: *Fusarium*, G: *Gliocladium*, M: *Metarhizium*, X: tidak teridentifikasi

Seluruh isolat yang ditemukan dibedakan berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis. Berikut perbedaaan jamur entomopatogen yang berhasil diperoleh dari tanah pertanian organik dan konvensional.

1. *Beauveria* sp. 1

Jamur *Beauveria* sp. 1 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 14 mencapai 6,8 cm. Koloni berwarna putih pada bagian tengah dan tepi. Balik koloni berwarna putih kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur halus, permukaan koloni menggingung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 2A).



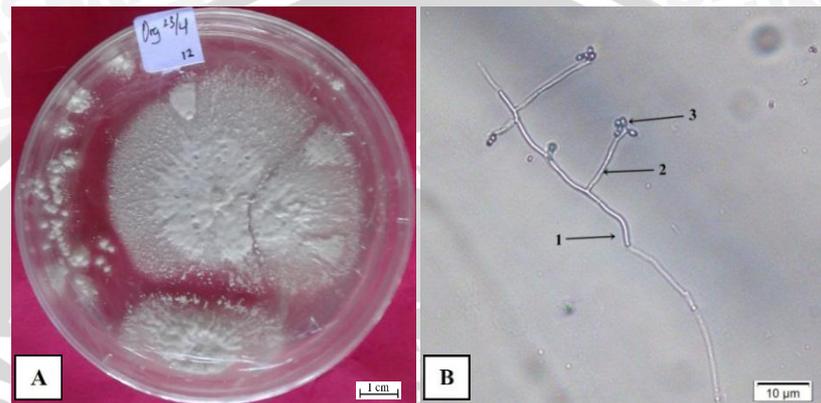
Gambar 2. *Beauveria* sp. 1: A. Makroskopis (Biakan murni jamur pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (Perbesaran 400x): (1) Konidiofor (2) Konidia

Jamur *Beauveria* sp. 1 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat, bercabang dan tidak rapat. Konidiofor tegak ramping yang terbentuk dari cabang sel hifa dengan sistem percabangannya tidak terdapat rhizoid, berwarna hialin, bersekat dan tidak bercabang. Konidia berbentuk bulat, mengumpul dan berukuran $(1,12-1,73) \times (1,07-1,64) \mu\text{m}$ (Gambar 2B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Beauveria* memiliki konidiofor berbentuk tegak dan tunggal dengan ujung konidiofor yang meruncing. Pada ujung konidiofor terdapat konidia yang berbentuk bulat, bersel satu dan berwarna hialin.

2. *Beauveria* sp. 2

Jamur *Beauveria* sp. 2 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter

koloni pada hari ke 14 mencapai 6,4 cm. Koloni berwarna putih di bagian tengah dan tepi. Balik koloni berwarna putih kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur agak kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 3A).

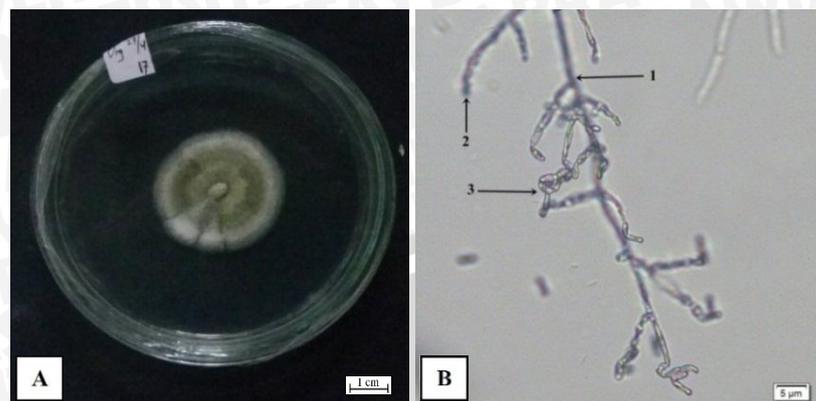


Gambar 3. *Beauveria* sp. 2: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (Perbesaran 400x) (1) Hifa (2) Konidiofor, (3) Konidia

Jamur *Beauveria* sp. 2 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang, dan tidak rapat. Konidiofor tegak ramping yang terbentuk dari cabang sel hifa dengan sistem percabangannya tidak terdapat rhizoid, berwarna hialin, bersekat dan tidak bercabang. Konidia berbentuk bulat, mengumpul dan berukuran $(1,21-1,81) \times (1,14-1,86) \mu\text{m}$ (Gambar 3B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Beauveria* memiliki konidiofor berbentuk tegak dan tunggal dengan ujung konidiofor yang meruncing. Pada ujung konidiofor terdapat konidia yang berbentuk bulat, bersel satu dan berwarna hialin.

3. *Metarhizium* sp.1

Jamur *Metarhizium* sp. 1 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 4,12 cm. Koloni berwarna hijau pada bagian tengah dan putih pada bagian tepi. Balik koloni berwarna putih kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur halus, permukaan koloni menggunung, memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 12A).



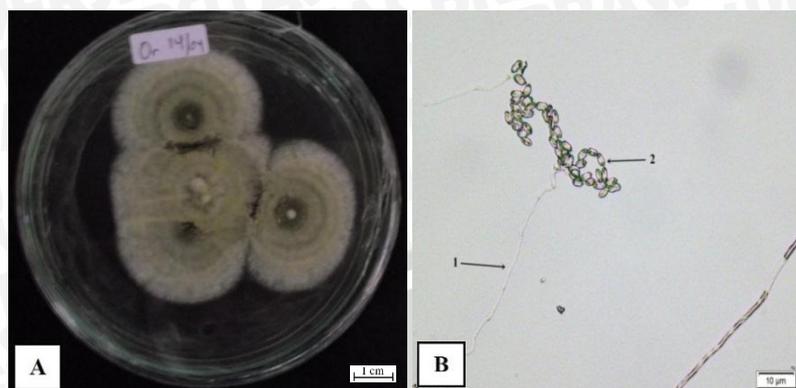
Gambar 4. *Metarhizium* sp. 1: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Konidia

Jamur *Metarhizium* sp. 1 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat, dan bercabang. Konidiofor berbentuk tegak sederhana, bercabang dan berwarna hialin. Konidia berbentuk elips, semi bulat hingga silindris dengan berdindingtebal, berwarna hialin dan berukuran $(5,37-6,32) \times (2,44-4,04) \mu\text{m}$ (Gambar 4B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Metarhizium* memiliki konidiofor hialin, bercabang, fialid tunggal atau berasanan, konidia diproduksi dalam rantai basipetal, konidia berbentuk panjang, bulat, telur hingga slinder, bersel satu, berwarna hialin atau sedikit berpigmen.

4. *Metarhizium* sp. 2

Jamur *Metarhizium* sp. 2 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 14 mencapai 4,63 cm. Koloni berwarna hijau pada bagian tengah dan putih kekuningan pada bagian tepi. Balik koloni berwarna putih kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur agak kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 5A).

Jamur *Metarhizium* sp. 2 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat, bercabang dan tidak rapat. Konidiofor berbentuk tegak sederhana, bersekat dan berwarna hialin. Konidia berbentuk silindris dengan, berwarna hialin dan berukuran $(2,36-3,21) \times (4,03-5,24) \mu\text{m}$ (Gambar 5B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Metarhizium* memiliki konidiofor hialin, bercabang, fialid tunggal atau berpasangan, konidia diproduksi berantai basipetal, konidia tunggal



Gambar 5. *Metarhizium* sp. 2: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Konidia

atau beraturan, konidia diproduksi dalam rantai basipetal, konidia berbentuk panjang, bulat, telur hingga silinder, bersel satu, berwarna hialin atau sedikit berpigmen. Soewarno (2013) menambahkan bahwa penciri khusus jamur *Metarhizium* adalah pengaturan konidia diproduksi secara berantai, ovoid panjang, bersel satu dan agak berwarna.

5. *Metarhizium* sp. 3

Jamur *Metarhizium* sp. 5 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 2,86 cm. Koloni berwarna kuning kehijauan pada bagian tengah dan putih pada bagian tepi. Balik koloni berwarna putih kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur halus, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 6A).

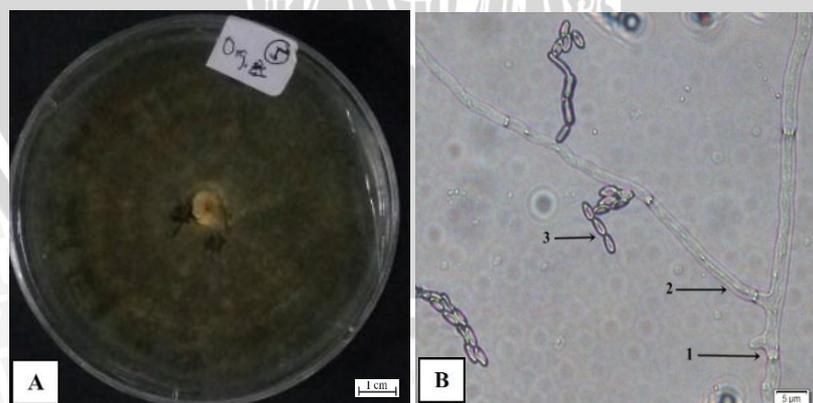


Gambar 6. *Metarhizium* sp. 3: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Konidia

Jamur *Metarhizium* sp. 3 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat, bercabang dan tidak rapat. Konidiofor berbentuk tegak sederhana, bercabang dan berwarna hialin. Konidia silindris dengan, berwarna hialin dan berukuran $(1,01-1,40) \times (3,77-4,55) \mu\text{m}$ (Gambar 6B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Metarhizium* memiliki konidiofor hialin, bercabang, fialid tunggal atau berpasangan, konidia diproduksi dalam rantai basipetal, konidia berbentuk panjang, bulat, telur hingga slinder, bersel satu, berwarna hialin atau sedikit berpigmen. Soewarno (2013) menambahkan bahwa penciri khusus jamur *Metarhizium* adalah pengaturan konidia diproduksi secara berantai, ovoid panjang, bersel satu dan agak berwarna.

6. *Metarhizium* sp. 4

Jamur *Metarhizium* sp. 4 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 14 mencapai 9 cm. Koloni berwarna hijau dan kuning dengan warna berselang-seling kuning dan hijau di setiap lingkaran. Balik koloni berwarna kuning. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggelembung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 7A). Jamur *Metarhizium* sp. 4 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat, bercabang dan tidak rapat. Konidiofor berbentuk tegak sederhana, berwarna hialin. Konidia berbentuk silindris, berwarna hialin dan berukuran $(1,40-2,03) \times (2,93-3,25) \mu\text{m}$ (Gambar 7B).

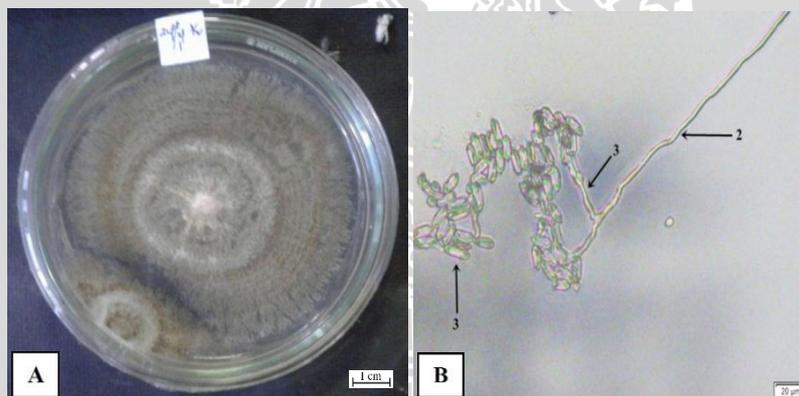


Gambar 7. *Metarhizium* sp. 4: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Konidia

Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Metarhizium* memiliki konidiofor hialin, bercabang, fialid tunggal atau berasingan, konidia diproduksi dalam rantai basipetal, konidia berbentuk panjang, bulat, telur hingga slinder, bersel satu, berwarna hialin atau sedikit berpigmen. Soewarno (2013) menambahkan bahwa penciri khusus jamur *Metarhizium* adalah pengaturan konidia diproduksi secara berantai, ovoid panjang, bersel satu dan agak berwarna.

7. *Metarhizium* sp. 5

Jamur *Metarhizium* sp. 5 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 14 mencapai 7,7 cm. Koloni berwarna hijau dan putih dengan warna berselang-seling putih dan hijau di setiap lingkaran. Balik koloni berwarna hijau kekuningan. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 8A).



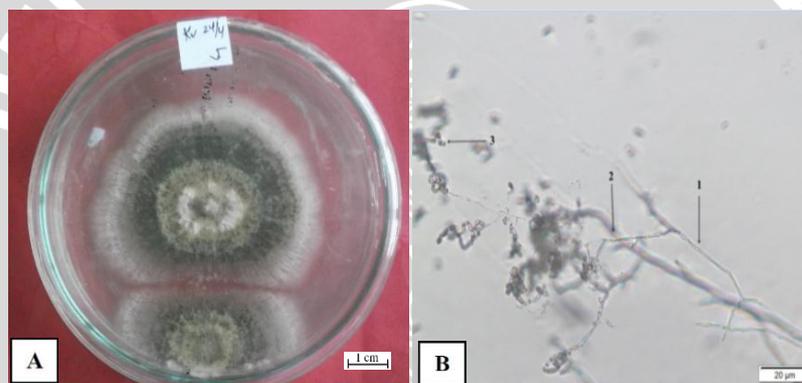
Gambar 8. *Metarhizium* sp. 5: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Konidia

Jamur *Metarhizium* sp. 5 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat, dan bercabang. Konidiofor berbentuk tegak sederhana, bercabang dan berwarna hialin. Konidia berbentuk silindris, berwarna hialin bersekat dan berukuran $(4,84-7,25) \times (10,91-16,04) \mu\text{m}$ (Gambar 8B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Metarhizium* memiliki konidiofor hialin, bercabang, fialid tunggal atau berasingan, konidia diproduksi dalam rantai basipetal, konidia berbentuk panjang, bulat, telur hingga slinder, bersel satu, berwarna hialin atau sedikit berpigmen.

Soewarno (2013) menambahkan bahwa penciri khusus jamur *Metarhizium* adalah pengaturan konidia diproduksi secara berantai, ovoid panjang, bersel satu dan agak berwarna.

8. *Metarhizium* sp. 6

Jamur *Metarhizium* sp. 6 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 14 mencapai 5,2 cm. Koloni berwarna kuning pada bagian tengah dan hijau dibagian tepi. Balik koloni berwarna kuning kehijauan. Koloni bertekstur halus, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 9A)

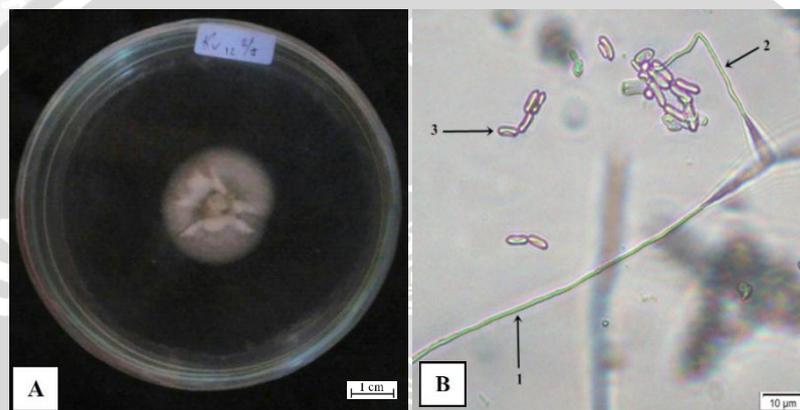


Gambar 9. *Metarhizium* sp. 5: A. Makroskopis (Biakan murni jamur di media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Konidia

Jamur *Metarhizium* sp. 6 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat, dan bercabang. Konidiofor berbentuk tegak sederhana, bercabang dan berwarna hialin. Konidia berbentuk silindris, berwarna hialin bersekat dan berukuran (3,56-6,14) x (9,91-12,20) μm (Gambar 9B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Metarhizium* memiliki konidiofor hialin, bercabang, fialid tunggal atau berpasangan, konidia diproduksi dalam rantai basipetal, konidia berbentuk panjang, bulat, telur hingga slender, bersel satu, berwarna hialin atau sedikit berpigmen. Soewarno (2013) menambahkan bahwa penciri khusus jamur *Metarhizium* adalah pengaturan konidia diproduksi secara berantai, ovoid panjang, bersel satu dan agak berwarna.

9. *Metarhizium* sp. 7

Jamur *Metarhizium* sp. 7 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 2,43 cm. Koloni berwarna putih kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Balik koloni juga berwarna putih kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur halus, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 10A).



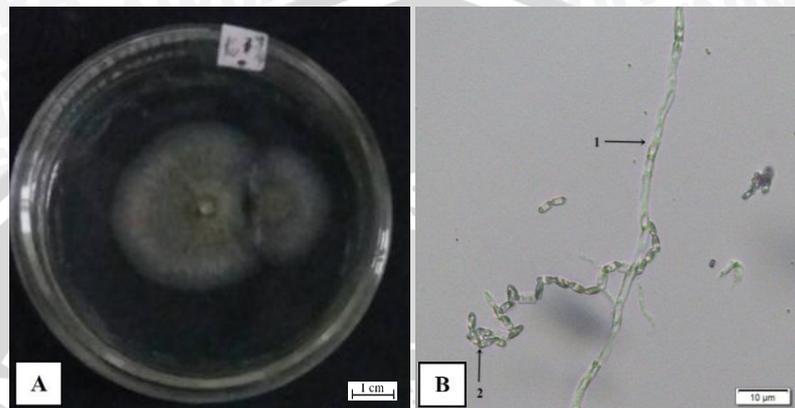
Gambar 10. *Metarhizium* sp. 7: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan A. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Konidia

Jamur *Metarhizium* sp. 7 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat, dan bercabang. Konidiofor berbentuk tegak sederhana, bercabang dan berwarna hialin. Konidia berbentuk silindris, berwarna hialin bersekat dan berukuran $(1,40-2,03) \times (3,06-3,25) \mu\text{m}$ (Gambar 10B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Metarhizium* memiliki konidiofor hialin, bercabang, fialid tunggal atau beraturan, konidia diproduksi dalam rantai basipetal, konidia berbentuk panjang, bulat, telur hingga slender, bersel satu, berwarna hialin atau sedikit berpigmen. Soewarno (2013) menambahkan bahwa penciri khusus jamur *Metarhizium* adalah pengaturan konidia diproduksi secara berantai, ovoid panjang, bersel satu dan agak berwarna.

10. *Metarhizium* sp. 8

Jamur *Metarhizium* sp. 8 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 4,8 cm. Koloni berwarna hijau pada bagian tengah

dan putih pada bagian tepi. Balik koloni berwarna putih kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur halus, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 11A).

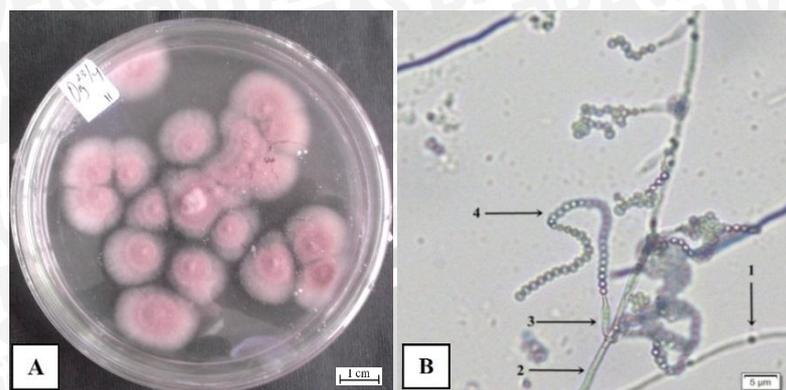


Gambar 11. *Metarhizium* sp. 8: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Konidiofor (2) Konidia

Jamur *Metarhizium* sp. 8 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat, dan bercabang. Konidiofor berbentuk tegak sederhana, bercabang dan berwarna hialin. Konidia berbentuk silindris, berwarna hialin bersekat dan berukuran $(1,98-2,53) \times (3,17-4,01) \mu\text{m}$ (Gambar 11B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Metarhizium* memiliki konidiofor hialin, bercabang, fialid tunggal atau berasingan, konidia diproduksi dalam rantai basipetal, konidia berbentuk panjang, bulat, telur hingga slender, bersel satu, berwarna hialin atau sedikit berpigmen. Soewarno (2013) menambahkan bahwa penciri khusus jamur *Metarhizium* adalah pengaturan konidia diproduksi secara berantai, ovoid panjang, bersel satu dan agak berwarna.

11. *Paecilomyces* sp. 1

Jamur *Paecilomyces* sp. 1 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 14 mencapai 1,7 cm. Koloni berwarna ungu pada bagian tengah dan tepi. Balik koloni berwarna ungu kekuning-kuningan dibagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 12A).

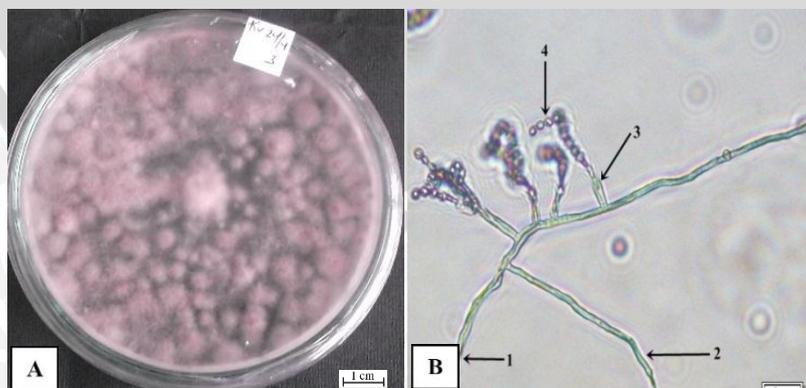


Gambar 12. *Paecilomyces* sp. 1: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa (2) Konidiofor, (3) Fialid, (4) Konidia

berwarna hialin dengan ukuran $(1,10-1,47) \times (0,95-1,97)$ μm (Gambar 12B). Penciri khusus jamur *Paecilomyces*, yaitu fialid berjumlah dua sampai tiga dan pengaturan konidia diproduksi secara berantai tunggal. Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Paecilomyces* memiliki konidiofor dan bercabang lebih terpisah daripada *Penicillium*, konidia hialin, berantai basipetal, bersel satu, bulat telur untuk fusoid, hialin.

12. *Paecilomyces* sp. 2

Jamur *Paecilomyces* sp. 2 yaitu koloni dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 14 mencapai 1,7 cm. Koloni berwarna ungu di bagian tengah dan putih dibagian tepi. Balik koloni berwarna putih pada bagian tengah dan ungu di bagian tepi. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 13A).

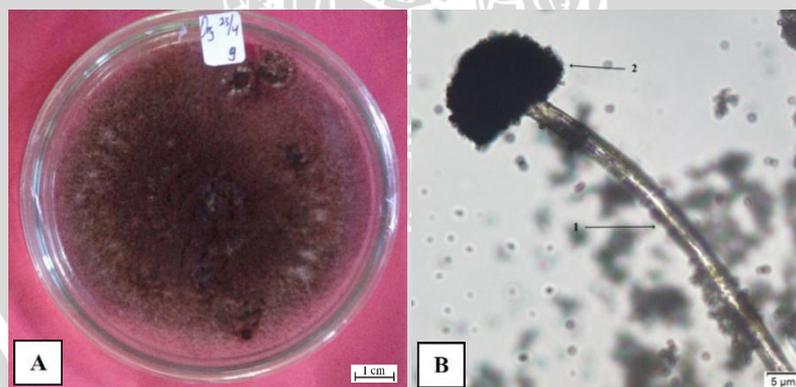


Gambar 13. *Paecilomyces* sp. 2: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa (2) Konidiofor, (3) Fialid, (4) Konidia

Jamur *Paecilomyces* sp. 2 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak sederhana yang terbentuk dari cabang sel hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher panjang. Konidia berbentuk bulat diproduksi secara berantai tunggal, berdinding tebal, berwarna hialin dengan ukuran $(0,40-0,80) \times (0,38-0,64) \mu\text{m}$ (Gambar 13A). Penciri khusus jamur *Paecilomyces*, yaitu fialid berjumlah dua sampai tiga dan pengaturan konidia diproduksi secara berantai tunggal. Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Paecilomyces* memiliki konidiofor dan bercabang lebih terpisah daripada *Penicilium*, konidia hialin, berantai basipetal, bersel satu, bulat telur untuk fusoid, hialin.

13. *Aspergillus* sp. 1

Karakteristik makroskopis *Aspergillus* sp. 1 yaitu koloni dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 14 mencapai 8,3 cm. Koloni berwarna hitam pada bagian tengah dan tepi. Sedangkan balik koloni berwarna putih pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 14A).



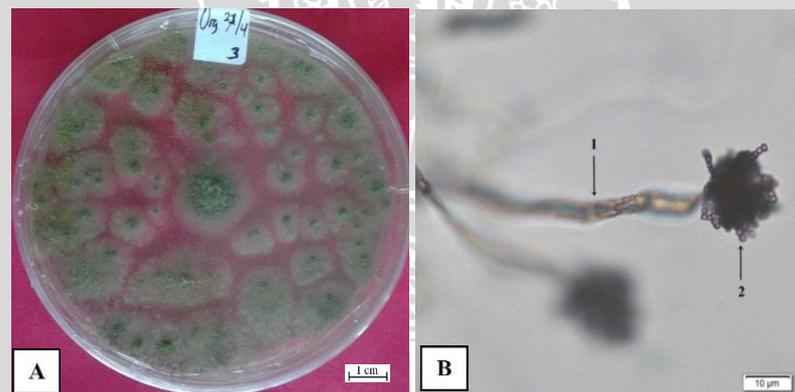
Gambar 14. *Aspergillus* sp. 1: A. Makroskopis (Biakan murni jamur pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Konidiofor (2) Konidia

Karakteristik mikroskopis *Aspergillus* sp. 1 yaitu hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak sederhana yang terbentuk dari cabang sel hifa, berwarna hialin, sekat tidak tampak dan tidak bercabang. Konidia bulat

berdinding tebal, berwarna hitam, diproduksi secara berantai dan berukuran (4,63-6,25) x (5,02-6,90) μm (Gambar 14B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Aspergillus* memiliki konidiofor tegak, sederhana, memiliki konidia berbentuk bulat dan bersel satu. Domsch *et al.* (1980) menambahkan bahwa genus *Aspergillus* memiliki bentuk kumpulan konidia yang berantai, konidiofor berukuran panjang, berdinding tebal, berwarna kecoklatan hingga hitam.

14. *Aspergillus* sp. 2

Jamur *Aspergillus* sp. 2 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 1,3 cm pada hari ke 7. Koloni berwarna hijau pada bagian tengah dan tepi, serta balik koloni berwarna hijau kekuningan. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 15A).

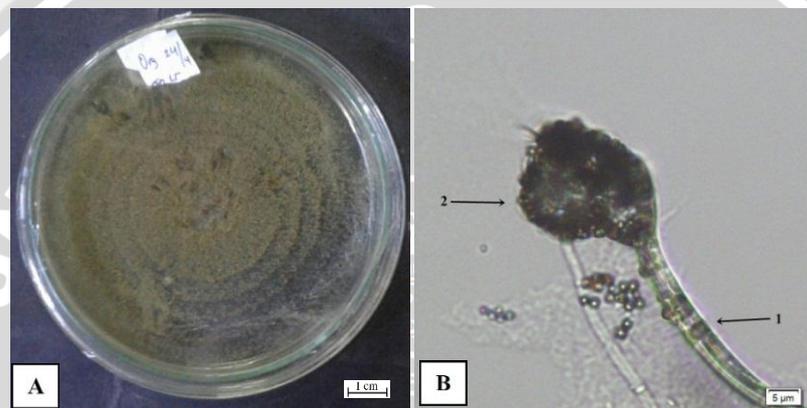


Gambar 15. *Aspergillus* sp. 2: A. Makroskopis (Biakan murni jamur pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Konidiofor (2) Konidia

Konidia bulat berdinding tebal, berwarna coklat, diproduksi secara berantai dan berukuran (1,05-1,70)x(1,26-1,54) μm (Gambar 15B). Watanabe (2002) menambahkan bahwa genus *Aspergillus* memiliki konidiofor berwarna coklat pucat, tegak, sederhana, permukaannya halus, konidia berwarna coklat kekuningan, berbentuk bulat. Domsch *et al.* (1980), menambahkan bahwa genus *Aspergillus* memiliki bentuk kumpulan konidia yang berantai, konidiofor berukuran panjang, berdinding tebal, berwarna kecoklatan hingga hitam.

15. *Aspergillus* sp. 3

Jamur *Aspergillus* sp. 3 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni 9 cm pada hari ke 14. Koloni berwarna hijau pada bagian tengah dan tepi. Sedangkan balik koloni berwarna hijau kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 16A).



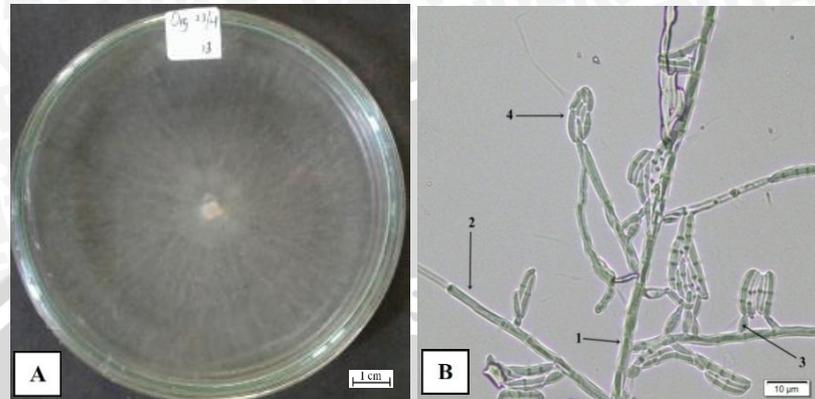
Gambar 16. *Aspergillus* sp. 3: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Konidiofor (2) Konidia

Jamur *Aspergillus* sp. 3 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak sederhana yang terbentuk dari cabang sel hifa, berwarna coklat kekuningan, bersekat dan tidak bercabang. Konidia bulat berdinding tebal, berwarna coklat. diproduksi secara berantai dan berukuran $(1,88-2,23) \times (1,77-2,11) \mu\text{m}$ (Gambar 16B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Aspergillus* memiliki konidiofor tegak, sederhana, memiliki konidia berbentuk bulat dan bersel satu. Watanabe (2002) menambahkan bahwa genus *Aspergillus* memiliki konidiofor berwarna coklat pucat, tegak, sederhana, permukaannya halus, konidia berwarna coklat kekuningan, berbentuk bulat.

16. *Fusarium* sp. 1

Jamur *Fusarium* sp. 1 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 9 cm pada hari ke 7. Koloni berwarna putih pada bagian tengah dan tepi. Balik koloni juga berwarna putih pada bagian tengah dan tepi. Koloni

bertekstur halus, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 17A).

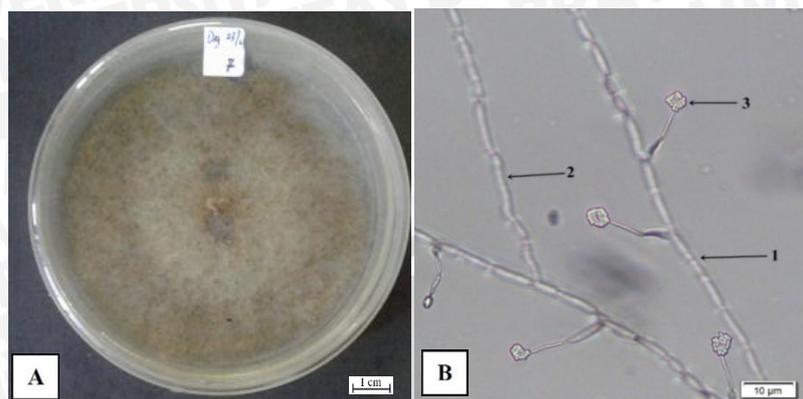


Gambar 17. *Fusarium* sp. 1: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor (3) Fialid, (4) Konidia

Jamur *Fusarium* sp. 1 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti bulan sabit dengan sekat 3-4. Konidia berukuran $(1,35-2,56) \times (7,04-12,80)$ µm (Gambar 17B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping, sederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu. Soewarno *et al.* (2012) menambahkan bahwa jamur *Fusarium* mempunyai makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin.

17. *Fusarium* sp. 2

Jamur *Fusarium* sp. 2 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 9 cm pada hari ke 14. Koloni berwarna kuning kehijauan pada bagian tengah dan tepi. Balik koloni juga berwarna kuning kehijauan pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur halus, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 18A).



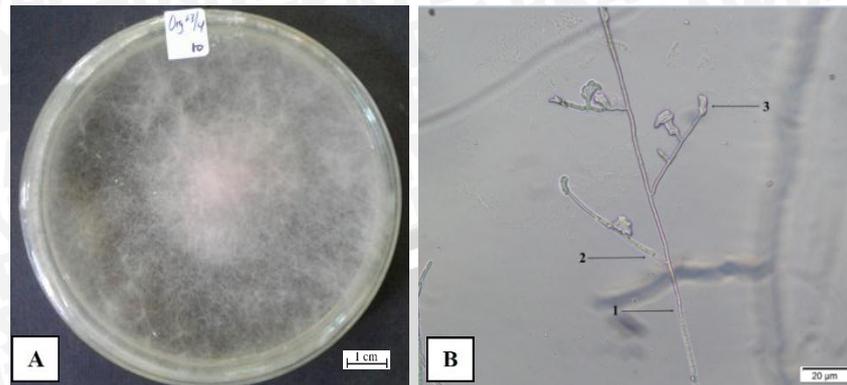
Gambar 18. *Fusarium* sp. 2: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Konidia

Jamur *Fusarium* sp. 2 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti silindris hingga bulan sabit dan mengumpul. Konidia berukuran $(0,49-0,55) \times (2,18-2,33)$ μm (Gambar 18B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping, sederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu.

18. *Fusarium* sp. 3

Jamur *Fusarium* sp. 3 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 9 cm. Koloni berwarna putih keunguan pada bagian tengah dan putih dibagian tepi. Balik koloni berwarna merah pada bagian tengah dan di bagian tepi berwarna putih. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 19A).

Jamur *Fusarium* sp. 3 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti silindris hingga bulan sabit dan mengumpul. Konidia berukuran $(0,93-4,32) \times (5,96-9,76)$ μm (Gambar 19B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping, sederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk

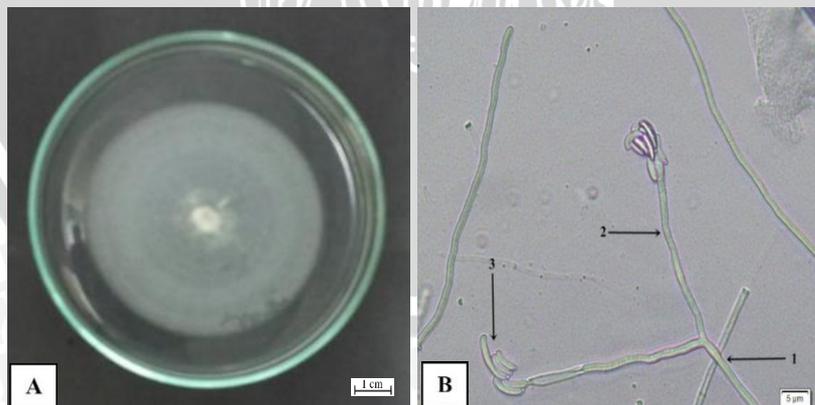


Gambar 19. *Fusarium* sp. 3: A. Makroskopis (Biakan murnipada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Konidia

kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu. Soewarno *et al.* (2012) menambahkan bahwa jamur *Fusarium* mempunyai makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin.

19. *Fusarium* sp. 4

Jamur *Fusarium* sp. 4 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 7,2 cm. Koloni dan balik koloni berwarna putih pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur halus, permukaan koloni menggingung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 20A).

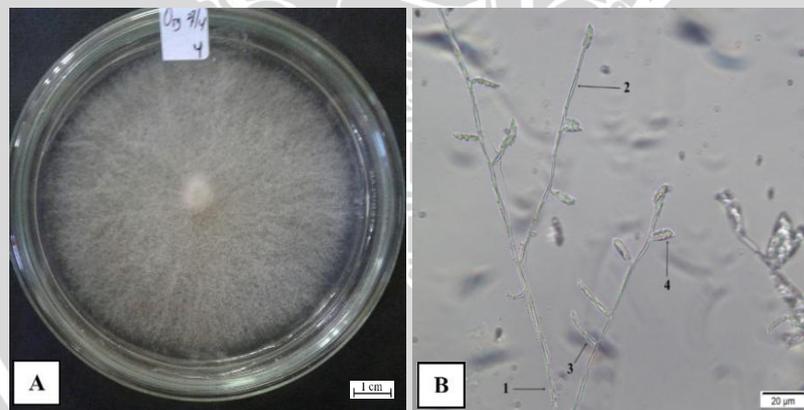


Gambar 20. *Fusarium* sp. 4: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor (3) Konidia

Jamur *Fusarium* sp. 4 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti bulan sabit dengan sekat 3-4. Konidia berukuran $(2,15-3,06) \times (6,17-9,70)$ μm (Gambar 20B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping, sederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu. Soewarno *et al.* (2012) menambahkan bahwa jamur *Fusarium* mempunyai makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin.

20. *Fusarium* sp. 5

Jamur *Fusarium* sp. 5 koloni dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 7,9 cm pada hari ke 7. Koloni dan balik koloni berwarna putih pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 21A).



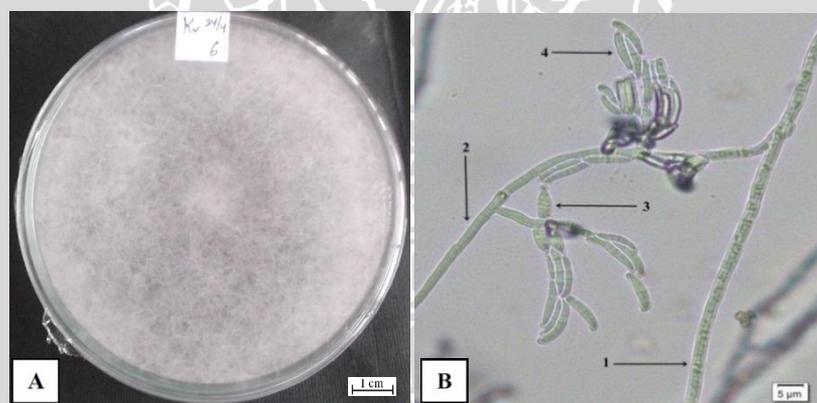
Gambar 21. *Fusarium* sp. 5: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor (3) Fialid, (4) Konidia

Jamur *Fusarium* sp. 5 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti silindris hingga bulan sabit dan

mengumpul. Konidia berukuran $(1,08-4,92) \times (6,92-11,31)$ μm (Gambar 21B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping, sederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu. Soewarno *et al.* (2012) menambahkan bahwa jamur *Fusarium* mempunyai makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin.

21. *Fusarium* sp. 6

Jamur *Fusarium* sp. 6 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 9 cm. Koloni berwarna putih pada bagian tengah dan tepi. Balik koloni juga berwarna putih pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur halus, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 22A).



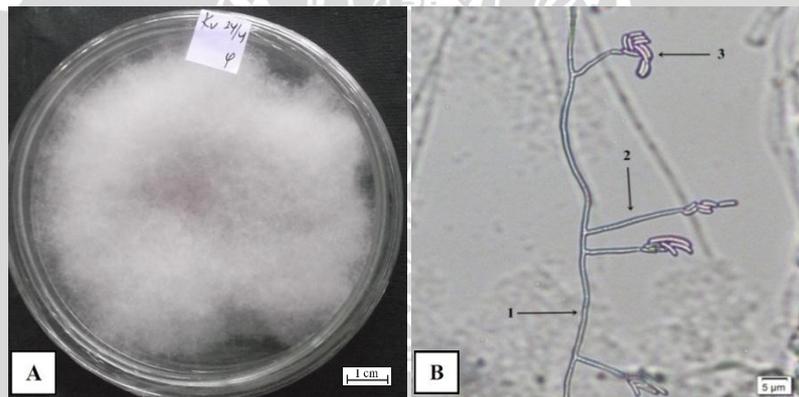
Gambar 22. *Fusarium* sp. 6: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor (3) Fialid, (4) Konidia

Jamur *Fusarium* sp. 6 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti bulan sabit dengan sekat 3-4. Konidia berukuran $(1,34-1,66) \times (8,72-10,30)$ μm (Gambar 22B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping,

seederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu. Soewarno *et al.* (2012) menambahkan bahwa jamur *Fusarium* mempunyai makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin.

22. *Fusarium* sp. 7

Jamur *Fusarium* sp. 7 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 8,8 cm. Koloni berwarna ungu di bagian tengah dan putih dibagian tepi. Balik koloni juga berwarna ungu di bagian tengah dan putih dibagian tepi. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 23A)



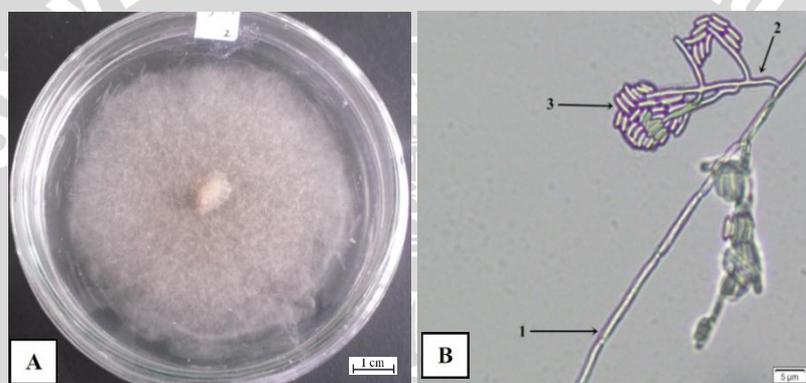
Gambar 23. *Fusarium* sp. 7: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor (3) Konidia

Jamur *Fusarium* sp. 7 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti bulan sabit dan berwarna. Konidia berukuran $(1,14-1,72) \times (6,41-7,79)$ μm (Gambar 23B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping, sederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu. Soewarno *et al.* (2012) menambahkan bahwa jamur *Fusarium* mempunyai

makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin.

23. *Fusarium* sp. 8

Jamur *Fusarium* sp. 8 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 7,8 cm. Koloni berwarna hijau kekuningan dan balik koloni juga berwarna hijau kekuningan. Koloni bertekstur agak kasar, permukaan koloni menggingung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni memusat, membulat beraturan, elevasi cembung dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 24A).



Gambar 24. *Fusarium* sp. 8: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x): (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Konidia

Jamur *Fusarium* sp. 8 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti bulan sabit dan berwarna. Konidia berukuran $(1,55-2,56) \times (6,48-10,94)$ μm (Gambar 24B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping, sederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu. Soewarno *et al.* (2012) menambahkan bahwa jamur *Fusarium* mempunyai makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin.

24. *Fusarium* sp. 9

Jamur *Fusarium* sp. 9 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 9 cm. Koloni berwarna merah kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Balik koloni juga berwarna merah kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur halus, bentuk koloni membulat, elevasi cekung dan tidak memiliki lingkaran konsentris (Gambar 25A).



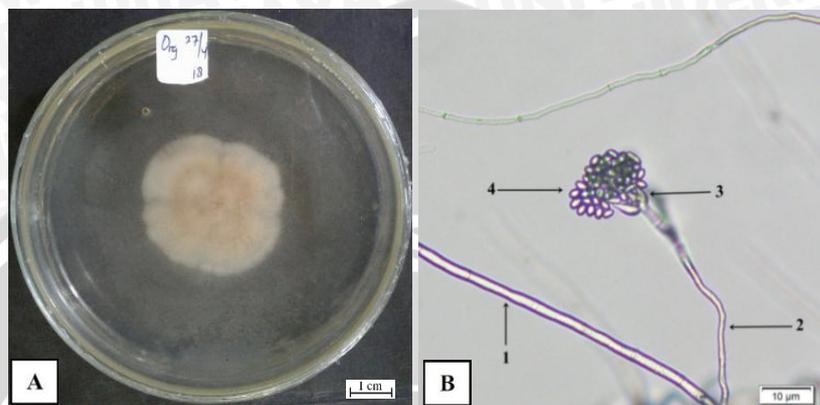
Gambar 25. *Fusarium* sp. 9: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran) (1) Hifa, (2) Konidiofor (3) Konidia

Jamur *Fusarium* sp. 9 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti bulan sabit dengan sekat 3-4. Konidia berukuran $(1,92-2,78) \times (6,51-9,81) \mu\text{m}$ (Gambar 25B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping, sederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu. Soewarno *et al.* (2012) menambahkan bahwa jamur *Fusarium* mempunyai makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin.

25. *Gliocladium* sp.

Jamur *Gliocladium* sp. dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 4,24 cm. Koloni berwarna kuning kemerahan dibagian tengah dan berwarna putih dibagian tepi. Balik koloni juga berwarna

kuning kemerahan dibagian tengah dan berwarna putih bagian tepi. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 26A).

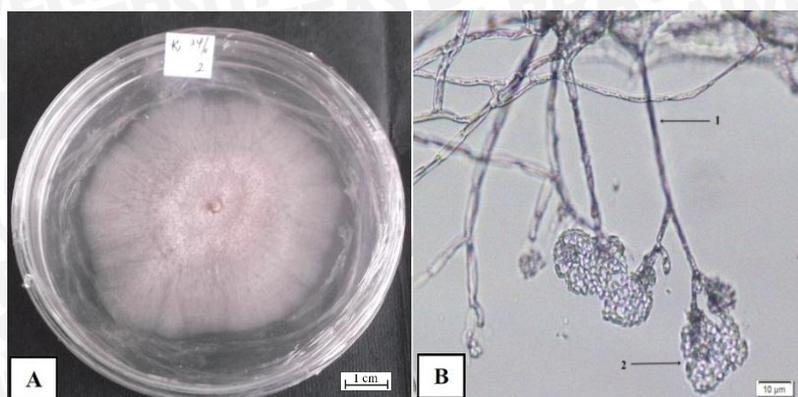


Gambar 26. *Gliocladium* sp.: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Hifa, (2) Konidiofor (3) Fialid, (4) Konidia

Jamur *Gliocladium* sp. memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Konidia berbentuk semi bulat, berwarna hialin dan mengumpul. Konidia berukuran $(1,04-1,62) \times (6,41-7,79) \mu\text{m}$ (Gambar 26B). Menurut Barnett dan Hunter (1998) bahwa *Gliocladium* memiliki konidiofor hialin, bagian atas bantalan cabang penicillate, membentuk konidia (philiaospore) hialin atau berwarna cerah, bersel satu, diproduksi secara berturut-turut apikal dan mengumpul. Domsch *et al.* (1980) menambahkan bahwa genus *Gliocladium* memiliki konidiofor berbentuk kuas padat (*penicillate*), konidia bersel satu, hialin atau terpigmen cerah berdinging halus.

26. Cg-KX1

Jamur Cg-KX1 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni pada hari ke 7 mencapai 7,4 cm. Koloni berwarna kuning keputihan pada bagian tengah dan tepi. Balik koloni berwarna kuning di bagian tengah dan tepi. Koloni bertekstur agak kasar, permukaan koloni menggunung dan mngah dan tepi memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat, elevasi cembung dan memiliki lingkaran konsentris (Gambar 27A).



Gambar 27. Cg-KX1: A. Makroskopis (Biakan murni pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Konidiofor (2) Konidia

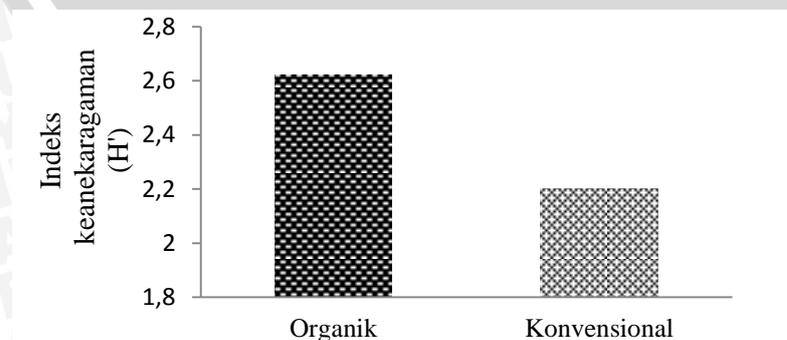
Jamur Cg-KX1 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Konidia berbentuk semi bulat hingga silindris, mengelompok, hialin dan berukuran $(2,94-3,17) \times (4,71-6,12) \mu\text{m}$ (Gambar 27B).

4.2. Keanekaragaman Jamur Entomopatogen

Keanekaragaman jamur entomopatogen pada tanah lahan pertanian organik dan konvensional diperoleh dengan menggunakan rumus keanekaragaman Shannon (H'). Hasil perhitungan disajikan pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai Indeks Keanekaragaman (H') Jamur entomopatogen dari Tanah Pertanian Organik dan Konvensional

No	Lahan	Indeks keanekaragaman (H')
1	Organik	2,623
2	Konvensional	2,202



Gambar 28. Histogram Indeks Keanekaragaman Jamur Entomopatogen

Indeks keanekaragaman jamur entomopatogen yang ditemukan di lahan organik sebesar 2,623 dan lahan konvensional sebesar 2,202 (Tabel 4). Indeks keanekaragaman dari kedua lahan termasuk kriteria keanekaragaman yang sedang. Menurut Brower dan Zar (1977) bahwa nilai indeks keanekaragaman kurang dari satu (<1) termasuk kriteria keanekaragaman rendah, nilai indeks keanekaragaman satu sampai tiga (1-3) termasuk kriteria keanekaragaman sedang dan indeks keanekaragaman lebih dari tiga (>3) termasuk kriteria keanekaragaman tinggi.

Tingkat keanekaragaman jamur entomopatogen pada lahan organik lebih tinggi daripada lahan konvensional. Hal ini disebabkan jumlah populasi jamur dari kedua lahan yang berbeda (Lampiran 1). Semakin sesuai keadaan lingkungan untuk pertumbuhannya maka semakin tinggi jumlah populasi jamur entomoptogen di dalam tanah. Praktik budidaya seperti penggunaan pestisida kimia (Hummel *et al.*, 2002) dan pupuk kimia (Lewis *et al.*, 1996) mempengaruhi keberadaan jamur entomoptogen di dalam tanah. Pada lahan organik tidak menggunakan pestisida, sedangkan lahan konvensional menggunakan pestisida kimia secara terjadwal 2 kali setiap minggu. Bahan aktif pestisida yang digunakan adalah sipermetrin. Menurut Silva *et al.* (2012), bahan aktif sipermetrin mampu menghambat perkecambahan dan perkembangan miselium jamur entomopatogen. Tkaczuk *et al.* (2015) menambahkan bahwa penggunaan pestisida dapat menurunkan patogenesis jamur entomopatogen pada inang serangga.

Pada lahan organik, pupuk yang digunakan adalah pupuk organik yang berasal dari campuran kotoran ayam dan sekam padi. Menurut Clifton (2013), penggunaan pupuk organik dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah termasuk keberadaan jamur entomopatogen. Sebaliknya, pupuk yang digunakan di lahan konvensional adalah pupuk kimia. Menurut Lewis *et al.* (1996), penggunaan pupuk kimia seperti urea dan senyawa nitrogen lainnya dapat menghambat pertumbuhan jamur entomopatogen di dalam tanah.

Selain penggunaan pestisida kimia dan pupuk kimia, rotasi tanam juga mempengaruhi keanekaragaman jamur entomopatogen di tanah (Hummel *et al.*, 2002). Lahan organik menerapkan rotasi tanam dengan mengganti jenis tanaman lain setelah tanaman yang dibudidayakan dipanen, sedangkan pada lahan tanah konvensional tidak menerapkan rotasi tanam. Menurut Tiemann *et al.* (2015),

penerapan rotasi tanam dapat meningkatkan keanekaragaman mikroorganisme. Hal ini disebabkan pergiliran tanaman berpengaruh positif terhadap kandungan bahan organik dan struktur tanah sehingga meningkatkan kesehatan tanah.

Pertanian organik merupakan habitat yang lebih sesuai bagi jamur entomopatogen daripada pertanian konvensional (Jabbour dan Barbercheck, 2009 dalam Clifton, 2013). Mader *et al.* (2002) menambahkan bahwa konversi sistem pertanian konvensional ke pertanian organik meningkatkan keanekaragaman dan aktivitas jamur entomopatogen di dalam tanah.

4.3. Virulensi Jamur Entomopatogen terhadap *S. litura*

Berdasarkan pengamatan selama 7 Hari setelah inokulasi (HSI) menunjukkan bahwa setiap jenis jamur yang diujikan memiliki virulensi yang berbeda-beda terhadap *S. litura* (Tabel 5 dan 6).

Tabel 5. Mortalitas Larva *S. litura* setelah Aplikasi Isolat Jamur Entomopatogen dari Tanah Pertanian Organik

Kode Isolat	Genus	Mortalitas (%)
Cg-OB1	<i>Beauveria</i> sp. 1	63,34 d
Cg-OF1	<i>Fusarium</i> sp. 1	13,34 abc
Cg-OA1	<i>Aspergillus</i> sp. 1	3,34 ab
Cg-OF2	<i>Fusarium</i> sp.2	20 abcd
Cg-OM1	<i>Metarhizium</i> sp. 1	40,00 cd
Cg-OM2	<i>Metarhizium</i> sp. 2	43,34 cd
Cg-OF3	<i>Fusarium</i> sp. 3	30,00 bcd
Cg-OF4	<i>Fusarium</i> sp. 4	0,00 a
Cg-OA2	<i>Aspergillus</i> sp. 2	26,67 bcd
Cg-OM3	<i>Metarhizium</i> sp. 3	23,34 abcd
Cg-Op1	<i>Paecilomyces</i> sp. 1	33,34 cd
Cg-OB2	<i>Beauveria</i> sp. 2	43,34 cd
Cg-OF5	<i>Fusarium</i> sp. 5	23,34 bcd
Cg-OA3	<i>Aspergillus</i> sp. 3	16,67 abc
Cg-OG1	<i>Gliocladium</i> sp.	0, 00 a
Cg-OM4	<i>Metarhizium</i> sp. 4	50,00 cd
Kontrol		0,00 a

BNJ = 27,36

Keterangan: - Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, berbeda tidak nyata pada taraf uji BNJ 5%
- Data ditransformasi menggunakan Arcsin

Tabel 6. Mortalitas Larva *S. litura* setelah Aplikasi Isolat Jamur Entomopatogen dari Tanah Pertanian Konvensional

Kode Isolat	Genus	Mortalitas (%)
Cg-KM5	<i>Metarhizium</i> sp. 5	40,00 b
Cg-KX1	Cg-KX1	6,67 ab
Cg-KP2	<i>Paecilomyces</i> sp. 2	43,34 b
Cg-KF7	<i>Fusarium</i> sp. 7	30,00 b
Cg-KM6	<i>Metarhizium</i> sp. 6	33,34 b
Cg-KF8	<i>Fusarium</i> sp. 8	23,34 ab
Cg-KM7	<i>Metarhizium</i> sp. 7	33,34 b
Cg-KM8	<i>Metarhizium</i> sp. 8	46,67 b
Cg-KF8	<i>Fusarium</i> sp. 8	10,00 ab
Cg-KF9	<i>Fusarium</i> sp. 9	0,00 a
Kontrol		0,00 a
		BNJ = 31,64

Keterangan: - Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama, berbeda tidak nyata pada taraf uji BNJ 5%
 - Data ditransformasi menggunakan Arcsin

Jamur entomopatogen yang diperoleh dari tanah pertanian organik dan konvensional memiliki virulensi yang berbeda antar isolat (Tabel 5 dan 6). Pada lahan organik virulensi tertinggi ditemukan pada *Beauveria* sp.1 (Cg-OB1) yang menyebabkan mortalitas *S.litura* sebesar 63,34%, sedangkan isolat lainnya menghasilkan mortalitas sekitar 0%-50%. Pada lahan konvensional virulensi tertinggi ditemukan pada *Metarhizium* sp. 8 (Cg-KM8) yang menyebabkan mortalitas *S.litura* sebesar 46,67%, sedangkan isolat lainnya menghasilkan mortalitas sekitar 0%- 40%.

Menurut Goettel dan Inglis (1997) kemampuan patogen untuk bisa menimbulkan infeksi pada serangga ditentukan oleh tiga faktor yaitu patogen, inang dan lingkungan. Karakter fisiologis seperti viabilitas dan kerapian konidia menentukan virulensi jamur entomopatogen (Trizelia, 2005). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa setiap isolat memiliki viabilitas yang berbeda (Lampiran 3). Isolat Cg-OF4 dan Cg-KF9 memiliki viabilitas terendah masing-masing sebesar 11% dan 4 % sehingga menyebabkan mortalitas *S. litura* sebesar 0%. Menurut Trizelia (2005), isolat yang virulen memiliki viabilitas yang lebih tinggi dari pada isolat yang avirulen. Semakin tinggi persentase viabilitas maka waktu

perkecambahan yang dibutuhkan akan semakin singkat sehingga menentukan keefektifan jamur entomopatogen (Prayogo *et al.*, 2005).

Hasil pengamatan juga menunjukkan setiap isolat memiliki kerapatan konidia yang berbeda (Lampiran 3). Isolat Cg-OF4 dan Cg-KF9 memiliki kerapatan konidia terendah masing-masing sebesar $2,9 \times 10^6$ konidia/ml akuades dan $1,7 \times 10^6$ konidia/ml akuades sehingga menyebabkan mortalitas *S. litura* sebesar 0%. Menurut Kassa (2002); Trizelia (2005), isolat yang virulen memiliki sporulasi yang lebih tinggi daripada isolat yang avirulen. Semakin tinggi kerapatan konidia yang diaplikasikan ke serangga uji, semakin tinggi pula mortalitas serangga yang akan dicapai (Prayogo, 2009; Permadi 2016). Kerapatan konidia merupakan salah satu faktor penting untuk terjadinya infeksi pada serangga (Tanada dan Kaya, 1993).

Perbedaan virulensi jamur entomopatogen terhadap *S. litura* juga disebabkan oleh senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh setiap jamur (Ortiz-Urquiza dan Kehyani, 2014). *Beauveria* memproduksi *beauvericin* (Wang dan Xu, 2012), *Metarhizium* memproduksi destruksin (Garido-Jurado *et al.*, 2015), *Paecilomyces* memproduksi asam *dipicolinic* (Asaff *et al.*, 2005), *Fusarium* memproduksi asam fusarik (Abdul-Wahid dan Elbana, 2012) dan *Aspergillus* memproduksi aflatoksin (Peterson, 2006). Menurut Permadi (2016), toksin yang dihasilkan jamur menyebabkan kenaikan pH hemolimfa, penggumpalan dan terhentinya peredaran hemolimfa serangga inang (Permadi, 2006). Vey *et al.* (2001) menambahkan toksin juga dapat menimbulkan gangguan pada fungsi hemolimfa dan nukleus serangga, sehingga mengakibatkan pembengkakan dan pengerasan pada serangga yang terinfeksi

Faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban menentukan virulensi jamur entomopatogen. Rerata suhu selama penelitian adalah $27,22^\circ\text{C}$ dan rerata kelembaban adalah 77,28%. Suhu optimum untuk pertumbuhan jamur entomopatogen adalah $20-30^\circ\text{C}$ (Hsia *et al.*, 2014) dan kelembaban sebesar 80% (Namasivayam *et al.*, 2015).

Selain itu, faktor inang seperti umur serangga juga mempengaruhi mortalitas larva oleh jamur entomopatogen. Serangga uji yang digunakan adalah larva *S. litura* instar II. Menurut Ramzan Asi *et al.* (2010) larva yang masih muda

lebih rentan terinfeksi jamur entomopatogen daripada larva yang sudah tua. Hal ini disebabkan kandungan kimia pada kutikula serangga berubah secara bertahap dengan pertambahan usia larva yang mengakibatkan pengerasan kutikula dan peningkatan humoral kekebalan terhadap infeksi jamur entomopatogen (Boman, 1980).

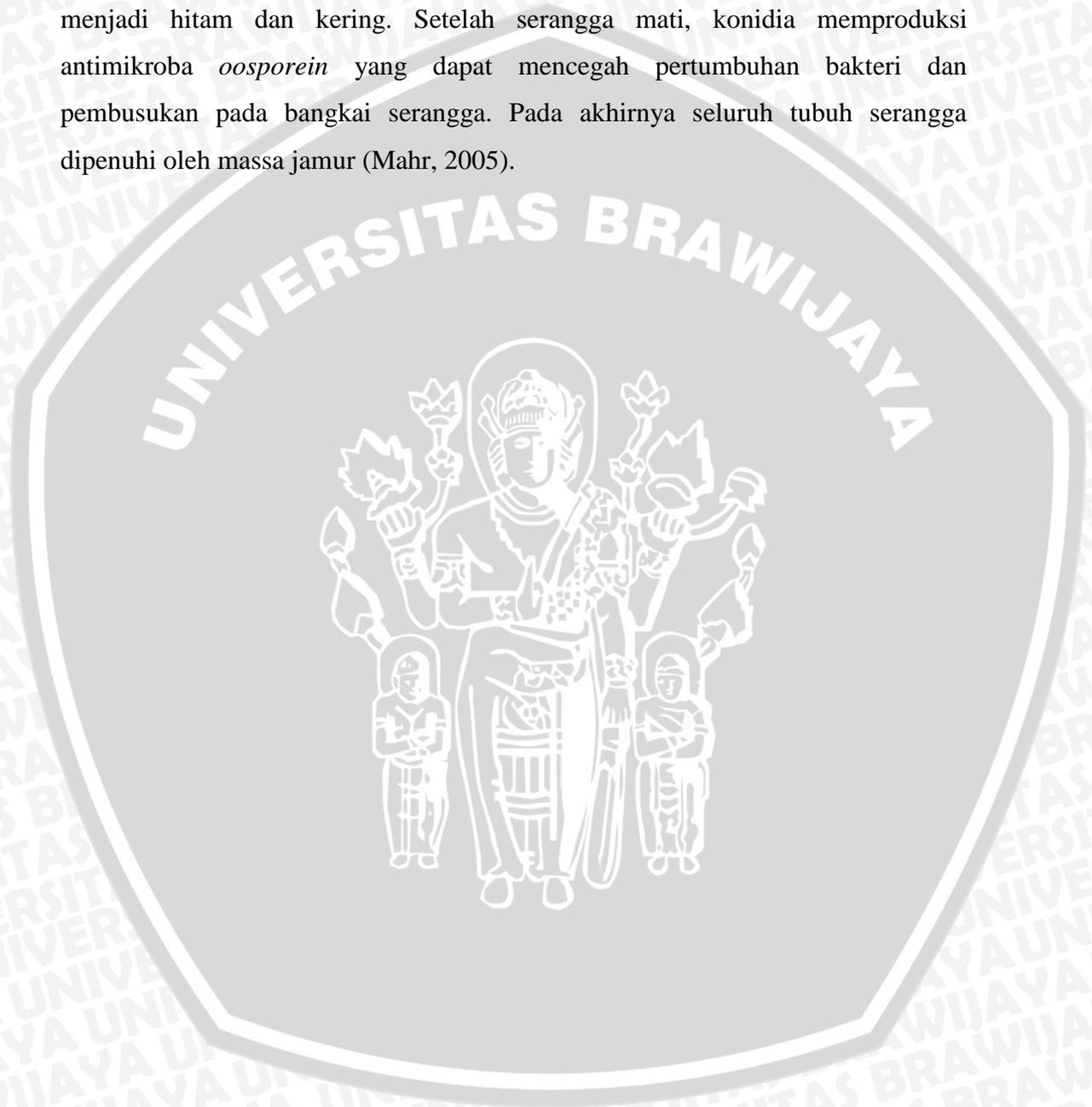
4.4. Gejala yang ditimbulkan oleh Isolat Jamur pada *S. litura*

Larva *S. litura* yang sehat atau normal memiliki ciri warna hijau kecoklatan, pergerakannya aktif dan nafsu makan tinggi. Aplikasi suspensi jamur entomopatogen menyebabkan perubahan perilaku dan morfologi larva *S. litura*. Perubahan perilaku larva ditandai dengan pergerakan melambat dan berkurangnya nafsu makan. Menurut Han *et al.* (2014), ketika masuk ke *hemosel* serangga, miselium berkembang dan menyebar ke seluruh tubuh inang, membentuk hifa dan memproduksi blastospora. Blastospora menyebar keseluruh tubuh dan menyerang sistem saraf dan saluran pencernaan inang (Trizelia, 2005).



Gambar 29. A. Larva *S. litura* Normal dan Larva terinfeksi oleh Jamur Entomopatogen: B. *Beauveria* sp., C. *Metarhizium* sp., D. *Paecilomyces* sp., E. *Fusarium* sp. dan F. *Aspergillus* sp.

Gejala morfologi diawali dengan perubahan warna menjadi coklat kehitaman, kaku, mengkerut dan kering. Larva yang mati mengering akan ditumbuhi miselium jamur. Menurut Prayogo *et al.* (2005), jamur entomopatogen serangga mampu menyerap cairan pada tubuh *S. litura* sehingga tubuh serangga menjadi hitam dan kering. Setelah serangga mati, konidia memproduksi antimikroba *oosporein* yang dapat mencegah pertumbuhan bakteri dan pembusukan pada bangkai serangga. Pada akhirnya seluruh tubuh serangga dipenuhi oleh massa jamur (Mahr, 2005).



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Pada lahan organik ditemukan 16 isolat dari 6 genus jamur yaitu *Beauveria*, *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Fusarium*, *Aspergillus* dan *Gliocladium*. Pada lahan konvensional ditemukan 10 isolat dari 3 genus jamur yaitu *Metarhizium*, *Paecilomyces*, *Fusarium* dan isolat Cg-KX1 yang belum teridentifikasi.
2. Keanekaragaman jamur entomopatogen pada tanah pertanian organik sebesar 2,614 dan tanah pertanian konvensional sebesar 2,202.
3. Jamur entomopatogen yang diperoleh dari kedua lahan memiliki virulensi yang berbeda terhadap *S. litura*. Pada lahan organik virulensi tertinggi dihasilkan oleh jamur *Beauveria* sp.1 yang menyebabkan mortalitas *S. litura* sebesar 63,34% serta terendah dihasilkan *Fusarium* sp. 5 dan *Gliocladium* sp. sebesar 0%. Pada lahan konvensional virulensi tertinggi dihasilkan oleh *Metarhizium* sp. 8 yang menyebabkan mortalitas *S. litura* sebesar 46,67% dan yang terendah dihasilkan oleh *Fusarium* sp. 9 sebesar 0%.

5.2. Saran

Perlu dilakukan identifikasi molekuler untuk mengetahui spesies jamur entomopatogen yang diperoleh dari tanah pertanian organik dan konvensional. Mengelompokkan jamur yang diperoleh ke dalam jamur entomopatogen, pengkoloni skunder dan oportunistik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Wahid, O.A., S.M Elbana. 2012. Evaluation of the Insecticidal Activity of *Fusarium solani* and *Trichoderma harzianum* against *Cockroaches; periplaneta Americana*. African Journal of Microbiology Research. 6(5): 1024-1032
- Ahmed, A.M., M.H. El-Katatny. 2007. Entomopathogenic Fungi as Biopesticides Against the Egyptian Cotton Leaf Worm, *Spodoptera littoralis*: Between Biocontrol-Promise and Immune-Limitation. J. Egypt. Soc. Toxicol. 37: 39-51.
- Asi, M.R., M.H. Bashir, M. Afzal, K. Zia, M. Akram. 2013. Potential of Entomopathogenic Fungi for Biocontrol of *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). The Journal of Animal and Plant Sciences. 23(3): 913-918
- Assaf, A., C. Cerda-García-Rojas, M.D.L. Torre. 2005. Isolation of Dipicolinic Acid as an Insecticidal Toxin from *Paecilomyces fumosoroseus*. Appl Microbiol Biotechnol. 68: 542-547
- Augustyniuk-Kram A., J.K Karol. 2012. Entomopathogenic Fungi as an Important Natural Regulator of Insect Outbreaks in Forests (Review), Forest Ecosystems - More than Just Trees, Dr. Juan A. Blanco. p 265-282
- Barnet, H.L., B.B. Hunter. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth Edition. J American Phytopathological Society Press. 218 pp
- Boman, H.G. 1980. Insect Responses for Microbial Infections. p 769-784. in Burges, H.D (ed.), Microbial Control of Pests and Plant Diseases. Academic Press, New York.
- Brady, B.L.K. 1979. Pathogenic Fungi and Bacteria. Commonwealth Agricultural Bureaux, England.
- Brower, J.E., J.H. Zar. 1977. Field and Laboratory Methods for General Ecology. WM. J. Brown Company Publisher. Dubuque. Iowa. 94 pp
- Clifton, E.H. 2013. Impacts of Conventional and Organic Agriculture on soil-Borne Entomopathogenic Fungi. Thesis. Iowa State University
- Clifton, E. H., S.T. Jaronski, E.W. Hodgson, A.J. Gassaman. 2015. Abundance of Soil-Borne Entomopathogenic Fungi in Organic and Conventional Fields in the Midwestern USA with an Emphasis on the Effect of Herbicides and Fungicides on Fungal Persistence. PLoS ONE. 10(7): 1-17
- Delate Kathleen. 2003. Fundamentals of Organic Agriculture. Iowa State University. 14 pp

- Domsch, K.H., W. Gams, Anderson., 1980. Fungi in Agricultural Soil. Longman Group Limited. London. 859 pp
- El Damir, M. 2006. Effect of Growing Media and Water Volume on Conidia Production of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*. J. Biol. Scie., 6(2): 269-274
- El-Hawary, F.M., A.M.F. Abd El-Salam. 2009. Laboratory Bioassay of some Entomopathogenic Fungi on *Spodoptera littoralis* (Boisd) and *Agrotis ipsilon* (Hufn) Larvae (Lepidoptera: Noctuidae). J. Biol. Sci., 2 (2): 1-4
- EPPO. 2005. Data Sheet on Quarantine Pest: *Spodoptera littoralis* and *S. litura*. p 1-7
- Garrido-Jurado, I., A. Alkhaibari, S.R. Williams, D. L. Oatley-Radcliffe, E. Quesada-Moraga, T. M. Butt. 2015. Toxicity Testing of *Metarhizium* Conidia and Toxins Against Aquatic Invertebrates. Journal of Pest Science. 89: 557-564
- Goettel M.S., G.D. Inglis. 1997. Manual of Techniques in Insect Pathology: Hypomy-cetes. Lacey LA, editor. California (US): Academic Pr.
- Hajek, E. Anne, 1997. Ecology of Terrestrial Fungal Entomopathogens. Advances in Microbial Ecology.15:193-249
- Hall, R.A., H.D. Burges. 1979. Control of *Aphids* in Glasshouses with the Fungus, *Verticillium lecanii*. Annals Applied Biol. 93:235-240.
- Hall, B. Papierok. 1982. Fungi as Biological Control Agents of Arthropods of Agriculture and Medical Importance. Parasitol. 84:205-240.
- Han, J.H., B.R. Jin, J.J. Kim, S.Y. Lee. 2014. Virulence of Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* for the Microbial Control of *Spodoptera exigua*. Mycobiology 42(4): 385-390
- Herawati, N.K., Hendrani, J., Nugraheni. S., 2014. Viabilitas Pertanian Organik dibandingkan dengan Pertanian Konvensional. Research Report. Humanities and Sosial Science. 2: 1-24
- Herlinda, S. 2010. Spore Density and Viability of Entomopathogenic Fungal Isolates from Indonesia, and Their Virulence against *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). Tropical Life Sciences Research. 21(1): 11-19
- Herlinda, S., M.D. Utama, Y. Pujiastuti, Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria bassiana* (Bals.) Akibat Subkultur dan Pengayaan Media serta Virulensinya terhadap Larva *Plutella xylostella* (Linn.). J HPT Tropika 6(2): 70-78.

- Hsia, I.C.C., M.T. Islam, Y. Ibrahim, T.Y. Howand D. Omar, 2014. Evaluation of Conidial Viability of Entomopathogenic Fungi as Influenced by Temperature and Additive. *Int. J. Agric. Biol.*, 16: 146–152
- Hummel, R.L., J.F. Walgenbach., M.E Barbercheck., G.G. Kennedy., G.D. Hoyt., and C. Abellino. 2002. Effect of Production Practices on Soil Borne Entomopathogens in Western North Carolina Vegetable Systems. *Environ. Entomol.* 31: 84-91.
- IFOAM. 2008. The World of Organic Agriculture - Statistics & Emerging Trends 2008. http://www.soel.de/fachtheraaii_downloads/s_74_1_O.pdf. diakses pada tanggal 26 Juni 2016.
- Kassa A., G. Zimmermann, D. Stephan, S. Vidal. 2002. Susceptibility of *Sithophilus zeamais* (Motsch) (Coleoptera: Cuculionidae) and *Prostephanus truncates* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) to Entomopathogenic fungi from Etopiohia. *Blocontr Sci & Tecnol.* 12: 727-736
- Kalshoven, L.G.E. 1981. Pest of in Indonesia. Revised and translated by P.A. van der Laan, University of Amsterdam. PT Ichtiar Baru, van Hoeve, Jakarta.
- Keller S., S. Sutter . 1980. Epizootiologis Untersuchunge Fiber das Entomophaga Auftreten Felbaulich Wichtigen Blattlausarten. *Acta Oecologia Applicata.*
- Lacey, L.A., R. Frutos, H.K. Kaya, and P. Vails. 2001. Insect Pathogens as Biological Control Agents: Do They Have a Future?. *Journal of Biological Control.* 21: 230-248
- Lewis, C.L., D.I. Shapiro, S. Tewart, W. Melvin. 1996. The Effect of Organic Versus Chemical Fertilizers on Insect Pathogens. *Leopold Center Grant Reports.* 5: 18-92
- Mader, P., A. Fliessbach, D. Dubois, L. Gunst, P. Fried, U. Niggli. 2002. Soil Fertility and in Organic Farming. *Science.* 296: 1694–1697
- Marwoto, Suharsono. 2008. Strategi dan Komponen Teknologi Pengendalian Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada Tanaman Kedelai. *J. Litbang. Pert.* 27(4): 131-136.
- Mayrowani Henny. 2012. Pengembangan Pertanian Organik di Indonesia. *Forum Penelitian Agro Ekonomi.* 30(2): 91- 108
- Medo J., L. Cagan. 2011. Factors Affecting The Occurance Of Entomopathogenic Fungi in Soil of Slovakia as Revealed Using Two Methods. *Biological Control.* 59: 200-208
- Morgera E., C.B. Caro, G.M Duran. 2012. Organic Agriculture and The Law. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. pp 301

- Namasivayam, S.K.R., R. Aarthi, P. Anbazhahan. 2005. Studies on Factors Influencing the Viability of Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* in Soil Adapting Culture Dependent Method. J. Biopest. 8(1): 23-27
- Noma, M. Colunga-Garcia, M. Brewer, J. Landis, A. Gooch. 2010. Oriental leafworm *Spodoptera litura*. Michigan State University's Invasive Species factsheets.
- Noris, R., C.E Caswell, M. Kogan. 2003. Concept in Integrated Pest Management. Prentice Hall. New Jersey. 568 pp
- Oddsottir, E.S., C. Nielsen, R. Sen, S. Harding, J.E. Berg. 2010. Distribution Patterns of Soil Entomopathogenic and Birch Symbiotic Ectomycorrhizal Fungi Across Native Woodland and Degraded Habitats in Iceland. Icel. Agric. Sci. 23: 37-49
- Odum, P. E. 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Edisi Ketiga. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Ortiz-Urquiza, A., N.O. Kehyani. 2014. Stress Response Signaling and Virulence: Insights from Entomopathogenic Fungi. Curr Genet. 61:239-249
- Paterson R.R.M. 2006. Fungi and Fungal Toxins as Weapons. Mycological Resesearch Journal. 110: 1003-1010
- Papierok, B., E.A. Hajek. 1997. Fungi: Entomophthorales. In Lacey. L.A. (Ed.). Biological Techniques. Manual of Techniques in Insect Pathology. 187-212.
- Permadi, M.A. 2016. Pemanfaatan Cendawan Entomopatogen *Lecanicillium lecanii*, *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* sebagai Mikroinsektisida terhadap Kutu Loncat Jeruk, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor
- Pionar, O.G., M.G. Thomas. 1984. Laboratory Guide to Insect Pathogens and Parasites. Plenum Press. New York. 392 pp
- Pracaya. 2007. Hama dan Penyakit Tanaman. Edisi revisi. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Prayogo, Y., W. Tengkanoo, Marwoto. 2005. Prospek Cendawan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk Mengendalikan Ulat Grayak *Spodoptera litura* pada Kedelai. J. Litbang. Pertanian. 24:19-26.
- Prayogo, Y. 2009. Kajian Cendawan Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) (Viegas) Zare and Gams Untuk Menekan Perkembangan Telur

Hama Penghisap Polong Kedelai *Riptortus hinearis* (F.) (Hemiptera: Alydidae). Disertasi. Institut Pertanian Bogor

- Ramadhan T.H., K. Hernowo. 2012. Isolasi Entomopatogen Lahan Gambut di Kalimantan Barat dan Determinasi Virulensinya sebagai Material Bioinsektisida. *J. Perkebunan & Lahan Tropika*. 2(2): 51-57
- Ramzan-Asi, M., M.H. Bashir, M. Afzal, M. Ashfaq, S.T. Sahi. 2010. Compatibility of Entomopathogenic Fungi, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* With Selective Insecticides. *Pak. J. Bot.* 42(6): 4207-4214
- Reganold, J.P., Elliott, L.F. & Unger, Y.L. 1987 Long-term Effects of Organic and Conventional Farming on Soil Erosion. *Nature*. 330: 370–372.
- Samuels, R. I., D.L.A. Coroconi, C.A.M.D. Santos, C.A.M. Gava. 2002. Infection of *Blissus antillus* (Hemiptera: Lygaeidae) Eggs by Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana*. *J. Bio Control* 23: 269-273
- Setiawati, W., T.S. Uhan, A. Somantri. 2005. Parasitoid *E. argenteopilosus* sebagai Agens Pengendali Hayati Hama *H. armigera*, *S. litura*, dan *C. pavonana* pada Tumpangsari Tomat dan Brokoli *J. Hort.* 15(4): 279-287
- Silva R.A.D., E.D. Quintela, G.M. Mascari, J.A. F. Barrigossi, L.M. Liao. 2012. Compatibility of Conventional Agrochemicals Used in Rice Crops with the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae*. *Sci. Agric.* 70(3):152-160
- Soewarno, W., B.A.N. Pinaria, C.L. Salaki, O.R. Pinontoan. 2012. Jamur yang Berasosiasi dengan *Plutella xylostella* L. pada Sentra Tanaman Kubis di Kota Tomohon dan Kecamatan Modoinding. *Coccoss*. 3(6): 1-10
- Sun, B.D., X.Z. Liu. 2008. Occurrence and Diversity of Insect-associated Fungi in Natural Soils in China. *Applied Soil Ecology*. 39: 100-108.
- Sun, J., J.R. Fuxa, G. Henderson. 2003. Effects of Virulence, Sporulation, and Temperature on *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* laboratory transmission in *Coptotermes formosanus*. *Journal Invertebrate Pathology*. 84: 38-46
- Tanada, Y., H.K Kaya. 1993. *Insect Pathology*. Academic Press, Inc. NY, New York. p 459-593
- Tiemann, L.K., A.S. Grandy, E.E., E. Atkinson Marin-Spiotta, M.D. McDaniel. 2015. Crop Rotational Diversity Enhances Belowground Communities and Functions in an Agroecosystem. *Ecology Letters*. p 1-2

- Trizelia, 2005. Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deutromycotonia: Hypomycetes): Keragaman genetik, Karakterisasi Fisiologi dan Virulensinya Terhadap *Crocidolomia Pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae). Disertasi. Institut Pertanian Bogor.
- Tkaczuk, C., A. Krol, A. Majchrowska-Safaryan, L. Nicewicz. 2014. The Occurrence Of Entomopathogenic Fungi In Soils From Fields Cultivated In A Conventional And Organic System. *Journal of Ecological Engineering*. 15(4): 137-144
- Tkaczuk C., M. Harasimiuk1, A. Kró11, P. K. Bereś. 2015. The Effect of Selected Pesticides on The Growth of Entomopathogenic Fungi *Hirsutella nodulosa* and *Beauveria bassiana*. *Journal of Ecological Engineering*. 16: 177–183
- Quesada-Moraga, E., J.A. Navas-Cortes, E. A.A. Maranhao, A. Ortiz-Urquiza, C. Santiago-Alvarez. 2007. Factors Affecting The Occurrence and Distribution of Entomopathogenic Fungi in Natural and Cultivated Soils. *Mycological Research*. 111: 947-966.
- Vey A., R.E. Hoagland, T.M. Butt. 2001. Toxic Metabolites of Fungal Biocontrol agent. Di dalam: *Fungi as Biocontrol Agent, Progress, Problem, and Potential*. Butt TM, Jackson C Magan N, editor. Oxford (UK): CABI Publishing. 246 pp
- Wang Q., L. Xu. 2012. Beauvericin, a Bioactive Compound Produced by Fungi. *Molecules Journal*. 17: 2367-2377
- Watanabe, T. 2002. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species (Second Edition)*. CRC Press. Florida.
- Widihastuty, 2001. Evaluasi Peranan Predator dan Parasitoid Telur dan Larva Instar Awal *Spodoptera litura* (F.) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) di Pertanaman Kedelai. Tesis. Institut Pertanian Bogor
- Zimmermann, G. 1986. The *Galleria* bait Method for Detection of Entomopathogenic Fungi in Soil. *J. Appl. Ento.* 102: 213-21



LAMPIRAN



Tabel lampiran 1. Indeks Keanekaragaman Shannon (H') Jamur Entomopatogen pada Tanah Pertanian Organik

Genus	Jumlah spesies	pi	ln(pi)	H'
<i>Beauveria</i> sp. 1	1	0,032258	-3,43399	-0,11077
<i>Fusarium</i> sp. 1	2	0,064516	-2,74084	-0,17683
<i>Aspergillus</i> sp. 1	4	0,129032	-2,04769	-0,26422
<i>Fusarium</i> sp.2	3	0,096774	-2,33537	-0,226
<i>Metarhizium</i> sp. 1	2	0,064516	-2,74084	-0,17683
<i>Metarhizium</i> sp. 2	1	0,032258	-3,43399	-0,11077
<i>Fusarium</i> sp. 3	4	0,129032	-2,04769	-0,26422
<i>Fusarium</i> sp. 4	3	0,096774	-2,33537	-0,226
<i>Aspergillus</i> sp. 2	3	0,096774	-2,33537	-0,226
<i>Metarhizium</i> sp. 3	2	0,064516	-2,74084	-0,17683
<i>Paecilomyces</i> sp. 1	1	0,032258	-3,43399	-0,11077
<i>Beauveria</i> sp. 2	1	0,032258	-3,43399	-0,11077
<i>Fusarium</i> sp. 5	1	0,032258	-3,43399	-0,11077
<i>Aspergillus</i> sp. 3	1	0,032258	-3,43399	-0,11077
<i>Gliocladium</i> sp	1	0,032258	-3,43399	-0,11077
<i>Metarhizium</i> sp. 4	1	0,032258	-3,43399	-0,11077
Total	31			2,623124

Tabel lampiran 2. Indeks Keanekaragaman Shannon (H') Jamur Entomopatogen pada Tanah Pertanian Konvensional

Genus	Jumlah spesies	pi	ln(pi)	H'
<i>Metarhizium</i> sp. 5	1	0,047619	-3,04452	-0,14498
Cg-KX1	1	0,047619	-3,04452	-0,14498
<i>Paecilomyces</i> sp. 2	2	0,095238	-2,35138	-0,22394
<i>Fusarium</i> sp. 5	3	0,142857	-1,94591	-0,27799
<i>Metarhizium</i> sp. 6	1	0,047619	-3,04452	-0,14498
<i>Fusarium</i> sp. 6	2	0,095238	-2,35138	-0,22394
<i>Metarhizium</i> sp. 7	4	0,190476	-1,65823	-0,31585
<i>Metarhizium</i> sp. 8	2	0,095238	-2,35138	-0,22394
<i>Fusarium</i> sp. 8	2	0,095238	-2,35138	-0,22394
<i>Fusarium</i> sp. 9	3	0,142857	-1,94591	-0,27799
Total	21			2,202521

Tabel lampiran 3. Kerapatan dan Viabilitas Isolat Jamur Entomopatogen dari Tanah Pertanian Organik dan Konvensional

No	Sistem Pertanian	Kode Isolat	Genus	Kerapatan (konidia/ml)	Viabilitas (%)
1	Organik	Cg-OB1	<i>Beauveria</i> sp. 1	13,85 x 10 ⁶	36
2		Cg-OF1	<i>Fusarium</i> sp. 1	8,15 x 10 ⁶	29
3		Cg-OA1	<i>Aspergillus</i> sp. 1	2,45 x 10 ⁶	9
4		Cg-OF2	<i>Fusarium</i> sp.2	5,85 x 10 ⁶	29
5		Cg-OM1	<i>Metarhizium</i> sp. 1	11 x 10 ⁶	40
6		Cg-OM2	<i>Metarhizium</i> sp. 2	8,85 x 10 ⁶	40
7		Cg-OF3	<i>Fusarium</i> sp. 3	24,6 x 10 ⁶	35
8		Cg-OF4	<i>Fusarium</i> sp.4	2,9 x 10 ⁶	11
9		Cg-OA2	<i>Aspergillus</i> sp. 2	11 x 10 ⁶	29
10		Cg-OM3	<i>Metarhizium</i> sp. 3	6,75 x 10 ⁶	27
11		Cg-Op1	<i>Paecilomyces</i> sp. 1	5,3 x 10 ⁶	27
12		Cg-OB2	<i>Beauveria</i> sp. 2	7,7 x 10 ⁶	29
13		Cg-OF5	<i>Fusarium</i> sp. 5	12,65 x 10 ⁶	28
14		Cg-OA3	<i>Aspergillus</i> sp. 3	3,75 x 10 ⁶	20
15		Cg-OG1	<i>Gliocladium</i> sp	7,9 x 10 ⁶	20
16		Cg-OM4	<i>Metarhizium</i> sp. 4	17,82 x 10 ⁶	52
1	Konvensional	Cg-KM5	<i>Metarhizium</i> sp. 5	3,6 x 10 ⁶	31
2		Cg-KX1	Cg-KX1	2,25 x 10 ⁶	13
3		Cg-KP2	<i>Paecilomyces</i> sp. 2	43,05 x 10 ⁶	47
4		Cg-KF7	<i>Fusarium</i> sp. 6	8,5 x 10 ⁶	12
5		Cg-KM6	<i>Metarhizium</i> sp. 6	3,35 x 10 ⁶	16
6		Cg-KF8	<i>Fusarium</i> sp. 7	22,3 x 10 ⁶	41
7		Cg-KM7	<i>Metarhizium</i> sp. 7	13,4 x 10 ⁶	34
8		Cg-KM8	<i>Metarhizium</i> sp. 8	20,5 x 10 ⁶	44
9		Cg-KF8	<i>Fusarium</i> sp. 8	22,7 x 10 ⁶	31
10		Cg-KF9	<i>Fusarium</i> sp. 9	1,7 x 10 ⁶	4

Tabel lampiran 4. Analisis Ragam Uji Virulensi Jamur Entomopatogen yang diperoleh dari Tanah Pertanian Organik

SK	dB	JK	KT	Fhitung	Ftabel 5%
Perlakuan	17	12740,83	796,30	9,894	1,92
Galat	34	2736,37	80,48		
Total	50	15477,20			

Keterangan: SK: Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kuadrat; db: Derajat Bebas; KT: KuadratTengah; data ditransformasi menggunakan arcsin $\sqrt{x+0,5}$ dan diuji lanjut BNJ(p>0,05).

Tabel lampiran 5. Analisis Ragam Uji Virulensi Jamur Entomopatogen yang diperoleh dari Tanah Pertanian Konvensional

SK	dB	JK	KT	Fhitung	Ftabel 5%
Perlakuan	10	7556,26	755,62	6,438	2,30
Galat	22	2581,94	117,36		
Total	32	10138,21			

Keterangan: SK: Sumber Keragaman; JK: Jumlah Kuadrat; db: Derajat Bebas; KT: Kuadrat Tengah; data ditransformasi menggunakan arcsin $\sqrt{x+0,5}$ dan diuji lanjut BNJ ($p>0,05$).

Tabel lampiran 6. Rerata Suhu dan Kelembaban media SDAY

Hari ke-	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	26,7	87
2	26,9	86
3	28,2	81
4	26,9	85
5	27,6	83
6	27,3	84
7	27,7	82
8	27,6	80
9	28,5	77
10	27,4	82
11	27,8	79
12	29,3	74
13	26,3	86
14	27,7	81
Rata-rata	27,56	81,92

Tabel lampiran 7. Rerata Suhu dan Kelembaban pada saat Uji virulensi Jamur Entomopatogen terhadap *S. litura*

Hari ke-	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	28,2	75
2	27,4	80
3	28,6	77
4	27,2	80
5	29,1	69
6	26,1	84
7	27,5	76
Rata-rata	27,22	77,28