

**KEANEKARAGAMAN JENIS JAMUR ENTOMOPATOGEN
FILOPLAN PADA EKOSISTEM PADI PHT DAN
KONVENSIONAL SERTA UJI PATOGENISITASNYA**

Oleh :

DICKY PREJEKI PURBA



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2019



**KEANEKARAGAMAN JENIS JAMUR ENTOMOPATOGEN
FILOPLAN PADA EKOSISTEM PADI PHT DAN
KONVENSIONAL SERTA UJI PATOGENISITASNYA**

Oleh :

DICKY PREJEKI PURBA

155040200111183

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

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

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

2019

PERNYATAAN

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

Malang, Desember 2019

Penulis



LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Keanekaragaman Jenis Jamur Entomopatogen Filoplan pada Ekosistem Padi PHT dan Konvensional serta Uji Patogenisitasnya

Nama Mahasiswa : Dicky Prejeki Purba

NIM : 155040200111183

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

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

Tita Widjayanti, SP., M. Si.
NIP. 19870819201903 2 011

Diketahui,

Ketua Jurusan Hama Penyakit Tumbuhan

Luqman Qurata Aini, SP., MP., Ph.D.
NIP. 19720919199802 1 001

Tanggal Persetujuan : 30 DEC 2019

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I,

Penguji II,

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

Tita Widjayanti, SP., M. Si.
NIP. 19870819 201903 2 011

Penguji III,

Penguji IV,

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

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

Tanggal Lulus : 31 DEC 2019



Skripsi ini kupersembahkan untuk

Kedua Orang Tua ku Tersayang, Abang, Kakak,

Semua Keluarga Besar dan Teman – Teman Seperguruan

RINGKASAN

DICKY PREJEKI PURBA. 155040200111183. Keanekaragaman Jenis Jamur Entomopatogen Filoplan pada Ekosistem Padi PHT dan Konvensional serta Uji Patogenisitasnya. Dibawah bimbingan Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. sebagai Pembimbing Utama dan Tita Widjayanti, SP., M.Si. sebagai Pembimbing Pendamping.

Jamur entomopatogen ialah kelompok jamur yang menginfeksi dan dapat menyebabkan penyakit pada serangga hama. Jamur entomopatogen filoplan tanaman lebih efektif dibandingkan rizosfer: Konidia di filoplan kontak secara langsung pada serangga hama yang menyerang daun. Perkembangan serangga hama dipengaruhi oleh beberapa faktor sehingga penerapan pengendalian secara tunggal tidak dapat mengatasi permasalahan. Di ekosistem tanaman padi menunjukkan perbedaan keanekaragaman jamur entomopatogen rizosfer padi ekosistem PHT. Eksplorasi dalam penelitian ini, untuk mengetahui keanekaragaman jamur filoplan yang berpotensi sebagai entomopatogen dari tanaman padi di ekosistem PHT Kendal.

Penelitian dilaksanakan di Desa Kendal, Kecamatan Sekaran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur dan Laboratorium Pengendalian Hayati, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang mulai bulan Maret sampai Juni 2019. Penelitian dilakukan dalam 5 tahap yaitu: (1) penelusuran budidaya pertanaman padi yang menerapkan PHT pada Desa Kendal (2) eksplorasi jamur entomopatogen filoplan pada lahan pertanaman padi (3) seleksi jamur filoplan yang bersifat entomopatogen. (4) patogenisitas jamur entomopatogen filoplan terhadap larva *S. litura*. (5) karakterisasi sampai tingkat genus pada jamur filoplan yang berpotensi sebagai entomopatogen.

Praktek budidaya tanaman ialah berhubungan dengan jumlah isolat jamur entomopatogen. Di Ekosistem PHT Kendal diperoleh dua isolat jamur entomopatogen filoplan ialah *Rhizopus* sp. (PK8) dan *Beauveria* sp. (PK4). Nilai indeks keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan padi pada ekosistem PHT Kendal (2,00), nilai tersebut termasuk kategori keanekaragaman sedang. Berdasarkan hasil pengujian patogenisitas, isolat jamur *Beauveria* sp. (PK4) memiliki kemampuan patogenisitas sebesar 61,67%.

SUMMARY

DICKY PREJEKI PURBA. 155040200111183. Diversity of Filoplan Entomopathogenic Fungi in IPM and Conventional Paddy Ecosystems and their Pathogenicity Tests. Supervised by Dr. Ir Aminudin Afandhi, MS. as Main Advisor and Tita Widjayanti, SP., M. Si. as Second Supervisor.

Entomopathogenic fungi are a group of fungi that can infect insect pests and cause disease. The entomopathogenic fungi of the Filoplan plant is more effective than the rhizosphere: the conidia in Filoplan comes into direct contact with the insect pests that attack the leaves. The development of insect pests is affected by several factors, so using a single control cannot overcome the problem. In the paddy plant ecosystem, there are differences in the diversity of the entomopathogenic fungi rice IPM ecosystem rhizosphere. This research aims to investigate the diversity of Filoplan fungi that can occur as entomopathogens in paddy plants in the IPM-Kendal ecosystem.

The study was conducted from March to June 2019 in Kendal Village, Sekaran District, Regency Lamongan, East Java, and in the Biological Control Laboratory, Pest and Plant Disease Department, Faculty of Agriculture, Brawijaya University, Malang, paddy cultivation with IPM in Kendal Village (2) exploration of entomopathogenic Filoplan fungi on paddy planting areas (3) selection of entomopathogenic Filoplan fungi. (4) Pathogenicity of entomopathogenic Filoplan fungi against *S. litura* larvae. (5) Characterization at the level of the genus in Filoplan fungi that have the potential as entomopathogens.

The practice of plant cultivation is related to the number of entomopathogenic fungi isolates. In the Kendal IPM ecosystem, two entomopathogenic Filoplan fungal isolates were obtained, *Rhizopus* sp. (PK8) and *Beauveria* sp. (PK4). The value of the entomopathogenic fungi diversity index of paddy Filoplan in the IPM-Kendal ecosystem (2.00) is included in the category of moderate diversity. Based on the results of the pathogenicity tests, *Beauveria* sp. (PK4) has pathogenicity of 61.67%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa dengan berkat dan kuasanya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Keanekaragaman Jenis Jamur Entomopatogen Filoplan pada Ekosistem Padi PHT dan Konvensional serta Uji Patogenitasnya”.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. dan Tita Widjayanti, SP., M.Si., selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ketua Jurusan Luqman Qurata Aini, SP., MP., Ph.D. atas persetujuan yang telah diberikan kepada penulis. Serta segenap karyawan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan dan Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuan yang diberikan kepada penulis.

Sukacita, rasa bahagia, terimakasih, dan penghargaan juga penulis berikan kepada orang tua penulis yang telah menjadi alasan untuk penulis tetap berdiri pada segala kondisi karena tanpa adanya doa dan perjuangan dari beliau, penulis tidak akan bisa menyelesaikan skripsi ini. Tidak lupa juga penulis menyampaikan terimakasih untuk semua rekan-rekan mahasiswa dari: Jurusan HPT, Christian Community, Kos Bu Amel, serta rekan-rekan lainnya atas dukungan fisik dan moral yang telah diberikan. Penulis berharap agar dari hasil penelitian ini muncul banyak manfaat bagi banyak kalangan serta menjadi bagian dari kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Desember 2019

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan pada 23 Januari 1998 dari pasangan Bapak Drs. Alimin Purba, M. Pd dan Ibu Nancy Cusu Rohani Panggabean serta memiliki dua orang kakak bernama Dody King Topdi Purba, SP, dan Yulia Anggreni Purba, S. Pd.

Penulis menyelesaikan pendidikan usia dini di TK Fajar pada tahun 2002 sampai tahun 2003, kemudian melanjutkan pendidikan dasar di SD St. Antonius 1, Medan pada tahun 2003 sampai tahun 2009. Penulis menyelesaikan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Putri Cahaya, Medan pada tahun 2009 sampai tahun 2012 dan melanjutkan pendidikan di SMA Sutomo 1, Medan pada tahun 2012 sampai 2015.

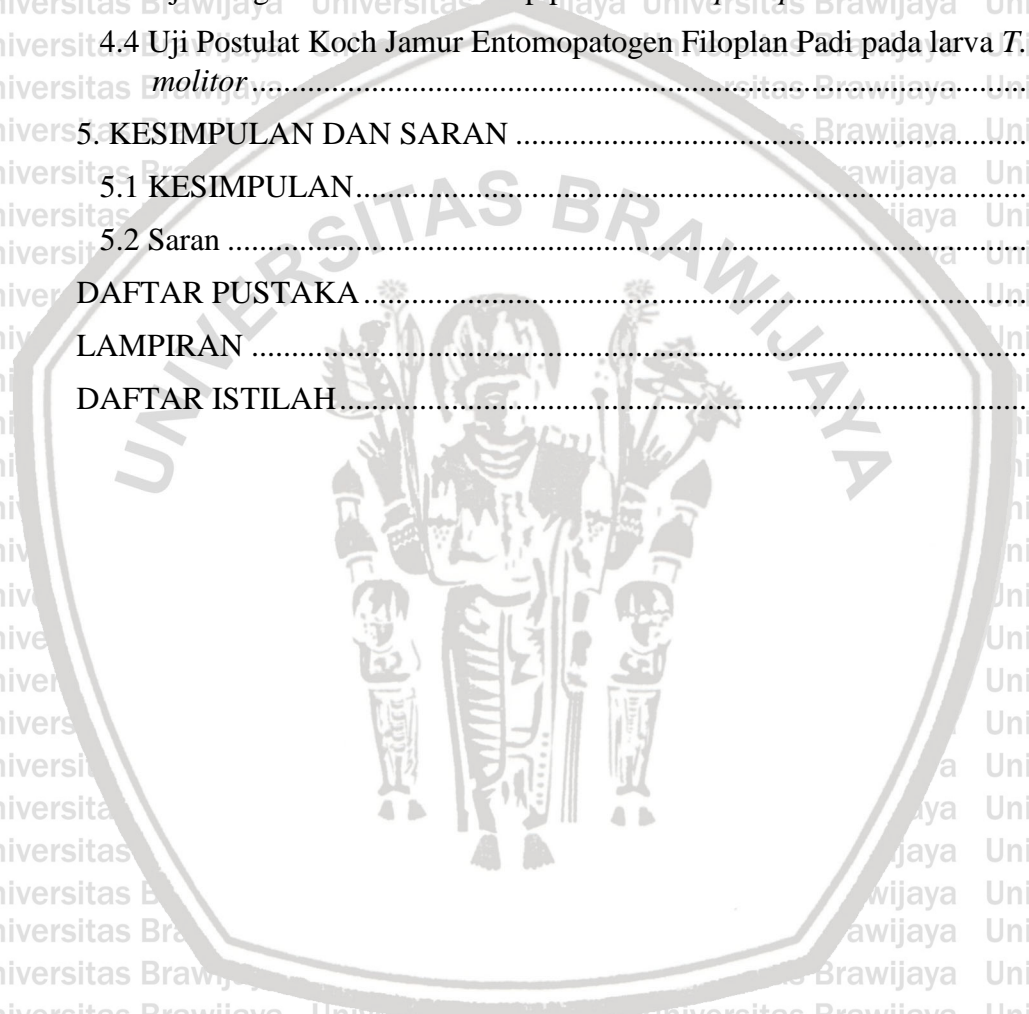
Pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).



DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
SUMMARY.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Ekosistem Padi.....	3
2.2 Keanekaragaman Jamur.....	4
2.3 Jamur Entomopatogen.....	5
2.4 Filoplan Sebagai Habitat Jamur Entomopatogen.....	12
3. BAHAN DAN METODE.....	14
3.1 Kerangka Operasional.....	14
3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian.....	15
3.2.1 Deskripsi Perbedaan Kondisi Ekosistem PHT Kendal.....	15
3.3 Alat Dan Bahan Penelitian.....	16
3.4 Metode Penelitian.....	16
3.4.1 Pengambilan sampel daun padi.....	16
3.4.2 Sterilisasi alat.....	17
3.4.3 Pembuatan Medium <i>Saboraud Dextrose Agar Yeast</i> (SDAY).....	17
3.4.4 Isolasi, Purifikasi dan Identifikasi Jamur.....	17
3.4.5 Perhitungan Keanekaragaman Jamur Entomopatogen.....	18
3.4.6 Uji Postulat Koch Jamur dari Filoplan Daun Padi.....	19

3.5 Analisis Data.....	21
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Identifikasi Jamur Entomopatogen Filoplan Tanaman Padi pada Ekosistem PHT Kendal.....	22
4.2 Tingkat Keanekaragaman Jamur Entomopatogen Filoplan pada Ekosistem Padi PHT Kendal.....	24
4.3 Uji Patogenisitas <i>Beauveria</i> sp pada Larva <i>Spodoptera litura</i>	26
4.4 Uji Postulat Koch Jamur Entomopatogen Filoplan Padi pada larva <i>T. molitor</i>	27
5. KESIMPULAN DAN SARAN	30
5.1 KESIMPULAN.....	30
5.2 Saran	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN	37
DAFTAR ISTILAH.....	39



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
Gambar 1.	<i>Beauveria bassiana</i> . A. Koloni jamur <i>B. bassiana</i> pada media PDA; B. Bentuk konidia dan konidiofor <i>B. bassiana</i> (Ladja, 2009).....	7
Gambar 2.	<i>Penicillium</i> sp. (GP-Pen). A. Biakan murni umur 7 hari pada media SDAY. B. Morfologi mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Metula, (4) Fialid, (5) Konidia (Risbianti, 2015).	8
Gambar 3.	<i>Metarhizium</i> sp. A. Biakan murni umur 7 hari pada media SDAY. B. Morfologi mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Konidiofor, (2) Konidia (Risbianti, 2015).....	9
Gambar 4.	<i>Aspergillus</i> sp. A. Biakan murni umur 7 hari (T) Tengah, (P) Tepi, (S) Tampak samping. B. (1) Konidia, (2) Fialid, (3) Konidiofor tidak bersekat (4) Sketsa (Tanzil, 2014).....	10
Gambar 5.	Kerangka operasional	14
Gambar 6.	Cara pengambilan sampel daun padi	16
Gambar 7.	Karakteristik jamur entomopatogen filoplan <i>Beauveria</i> sp. (PK4) pada tanaman padi A. Makroskopis biakan murni tujuh hari pada media SDAY. B. Mikroskopis: (perbesaran 400x) (1: Konidiofor, 2: Konidia, 3: Hifa)	22
Gambar 8.	Karakteristik jamur entomopatogen filoplan <i>Rhizopus</i> sp. (PK8) pada tanaman padi. A. Makroskopis biakan murni tujuh hari pada media SDAY. B. Mikroskopis: (perbesaran 400 x) (1: Konidiofor, 2: Kolumela, 3: Sporangiospora)	23

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
Tabel 1.	Praktek budidaya tanaman pada ekosistem PHT Kendal.....	15
Tabel 2.	Kriteria indeks keanekaragaman <i>Shannon-Wiener</i>	18



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
Lampiran 1.	Ekosistem PHT Kendal	37
Lampiran 2.	Hasil uji postulat koch pada larva <i>T. molitor</i>	37
Lampiran 3.	Hasil uji patogenisitas <i>Beauveria</i> sp. pada larva <i>S. litura</i>	38
Lampiran 4.	Analisis ragam persentase mortalitas <i>T. molitor</i>	38



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jamur entomopatogen ialah kelompok jamur yang menginfeksi dan dapat menyebabkan penyakit pada serangga hama. Jamur ini bersifat kosmopolitan dan dapat menginfeksi banyak spesies serangga hama. Jamur entomopatogen tersebar pada bagian tanah (rizosfer), bagian tanaman (akar, batang dan daun), serta serangga yang terinfeksi. Selama ini, jamur entomopatogen yang berasal dari tanah (rizosfer) lebih banyak dikaji dibandingkan dengan bagian lain (Sun dan Liu, 2008), salah satunya ialah daun. Padahal, jamur entomopatogen yang berasal dari daun berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut karena banyaknya serangga hama yang menyerang daun.

Hama daun dapat terinfeksi oleh konidia jamur entomopatogen yang bergerak di udara, menempel pada permukaan daun. Jamur entomopatogen filoplan tanaman lebih efektif dibandingkan rizosfer: Konidia di filoplan kontak secara langsung pada serangga hama yang menyerang daun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Chusnul (2016) bahwa *S. litura* dapat dikendalikan dengan menggunakan jamur entomopatogen dari permukaan daun yaitu *Lecanicillium* sp. dengan persentase sebesar 58,3 %.

Kecamatan sekaran, Kabupaten lamongan, Jawa timur merupakan agroekosistem ber-PHT. Desa Kendal ber PHT sejak tahun 2019. Sawah ialah pusat produksi beras, berfungsi untuk memastikan keamanan pangan dan kesehatan masyarakat, terutama di Lamongan, Jawa Timur. Sejak 2019, produktivitas beras di Desa Kendal telah meningkat. Produksi padi sawah di Kendal mencapai 8,3 ton / ha.

Di ekosistem tanaman padi menunjukkan perbedaan keanekaragaman jamur entomopatogen rizosfer padi antara ekosistem PHT dan ekosistem PHT (Noerfitryani, 2018). Eksplorasi dalam penelitian ini, untuk mengetahui keanekaragaman jamur filoplan yang berpotensi sebagai entomopatogen dari tanaman padi di ekosistem PHT dan PHT. *S. litura* menyerang lebih dari 200 spesies tanaman di antaranya cabai, kubis, padi, jagung, tomat, buncis, tembakau, terung, kentang, kacang tanah dan kacang kedelai (Raden, 2016).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi jamur entomopatogen filoplan padi pada ekosistem yang menerapkan PHT di Desa Kendal, Kecamatan Sekaran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur.
2. Menguji patogenisitas jenis jamur serangga terhadap larva *S. litura*

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah memberikan informasi tentang isolat jamur entomopatogen filoplan tanaman padi pada ekosistem PHT Kendal.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Padi

Ekosistem ialah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem pengendalian hama terpadu (PHT) merupakan sebuah instrumen penting bagi mendorong peningkatan produktivitas hasil pertanian, berperan dalam pelestarian lingkungan dan manajemen produksi holistik yang meningkatkan kesehatan agroekosistem seperti siklus biologi, aktivitas biologi tanah dan keanekaragaman hayati (Morgera *et al.*, 2012). Ekosistem pengendalian hama terpadu merupakan sistem pendekatan dimana terjadi interaksi antara komponen (tanaman, serangga, tanah dan hewan) yang sama pentingnya dengan seluruh pertanian itu sendiri (Delate, 2003). PHT memperhatikan empat prinsip penerapan (Sari, 2016) yaitu, budidaya tanaman sehat, pelestarian dan pemanfaatan musuh alami, pengamatan hama dan musuh alami secara teratur dan petani berkemampuan melaksanakan dan ahli PHT.

Pertanian konvensional Menurut (Herawati *et al.*, 2014) ialah sistem pertanian yang berorientasi pada hasil produksi tinggi yang bergantung pada penggunaan pupuk dan pestisida kimia. Perlakuan terhadap ekosistem melalui penggunaan pupuk kimia, pestisida dan peralatan berat mengakibatkan ekosistem menjadi miskin organisme hidup dan biodiversitas. Menurut Kuswandi (2012), dampak dari sistem pertanian konvensional, yaitu: meningkatkan degradasi ekosistem, berkurangnya keanekaragaman hayati, meningkatkan residu penyakit dan menimbulkan gangguan kesehatan masyarakat sebagai akibat dari pencemaran lingkungan. Pertanian konvensional juga dapat mempengaruhi keanekaragaman jamur entomopatogen. Penerapan teknik budidaya konvensional pada suatu ekosistem dapat menurunkan tingkat keanekaragaman jamur entomopatogen, karena lingkungan yang ada pada pertanian konvensional tidak mendukung untuk pertumbuhan dan perkembangan jamur entomopatogen melalui penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang sangat intensif. Herlinda (2014) juga menambahkan bahwa selain menggunakan lebih banyak energi, pertanian konvensional juga merupakan kontributor terhadap perubahan iklim

2.2 Keanekaragaman Jamur

Keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan dihitung dengan menggunakan Indeks *Shannon-Wiener*. Konsep ini merupakan konsep keanekaragaman yang relatif paling dikenal dan banyak digunakan (Magurran, 1998).

Indeks keanekaragaman dapat digunakan untuk menyatakan hubungan kelimpahan spesies dalam komunitas. Keanekaragaman terdiri dari 2 komponen yakni jumlah total spesies dan kemiripan (data kelimpahan tersebar diantara banyak spesies itu).

Keanekaragaman spesies terdiri dari 2 komponen;

- Jumlah spesies dalam komunitas yang sering disebut kekayaan spesies
- Kemiripan spesies. Kemiripan menunjukkan bagaimana kelimpahan spesies itu (yaitu jumlah individu, biomass, penutup tanah, dan sebagainya) tersebar antara banyak spesies itu.

Contohnya : pada suatu komunitas terdiri dari 10 spesies, jika 90% ialah 1 spesies dan 10% ialah 9 jenis yang tersebar, kemiripan disebut rendah. Sebaliknya jika masing-masing spesies jumlahnya 10%, kemiripannya maksimum. Beberapa tahun kemudian muncul penggolongan indeks atas indeks kekayaan dan indeks kemiripan. Setelah itu digabungkan menjadi Indeks Keanekaragaman dengan variabel yang menggolongkan struktur komunitas:

- 1) Jumlah spesies
- 2) Kelimpahan relatif spesies (kemiripan)
- 3) Homogenitas dan ukuran dari area sampel.

Kekayaan spesies dan kesamaannya dalam suatu nilai tunggal digambarkan dengan Indeks Diversitas. Indeks diversitas mungkin hasil dari kombinasi kekayaan dan kesamaan spesies. Ada nilai indeks diversitas yang sama didapat dari komunitas dengan kekayaan yang rendah dan tinggi kesamaan kalau suatu komunitas yang sama didapat dari komunitas dengan kekayaan tinggi dan kesamaan rendah. Jika hanya memberikan nilai indeks diversitas, tidak mungkin untuk mengatakan apa pentingnya relatif kekayaan dan kesamaan spesies.

Kestabilan suatu jenis juga dipengaruhi oleh tingkat keanekaragamannya, semakin tinggi nilai H' , maka keanekaragaman jenis dalam komunitas tersebut

semakin stabil (Rose, 2017). Pupuk organik dapat memicu jaringan tanaman membusuk sebagai substrat untuk miselium EPF (*Entomopathogenic fungi*) dan akibatnya meningkatkan kelimpahan potensi host yang tersedia untuk EPF (Clifton *et al.*, 2015). Percobaan di rumah kaca dengan aplikasi fungisida dan herbisida tidak menunjukkan secara signifikan efek pada EPF. Meskipun lahan organik dianggap lingkungan yang lebih cocok untuk EPF, faktor biotik dan praktek tanam seperti persiapan lahan memiliki dampak yang lebih besar terhadap kelimpahan EPF (Clifton *et al.*, 2015).

Komunitas patogen serangga jamur tanah mungkin berubah selama masa transisi ke pertanian organik (Jabbour dan Barbercheck, 2009 dalam Meyling *et al.*, 2011). Klingen *et al.*, (2002) dalam Meyling *et al.*, (2011) menyatakan bahwa EPF lebih besar pada tanah pertanian organik dibandingkan pertanian konvensional di Norwegia. Lahan organik lebih cocok untuk EPF karena aplikasi bahan kimia yang rendah dan penggunaan pupuk organik yang tinggi. Pada tahun 2011 untuk total kelimpahan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* lebih tinggi pada lahan organik dibandingkan konvensional (Clifton *et al.*, 2015).

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. Keanekaragaman merupakan suatu karakteristik tingkatan komunitas berdasarkan organisasi biologisnya yang dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitasnya (Soegianto, 1994). Konsep tersebut dapat digunakan untuk mengukur kemampuan suatu komunitas pada suatu habitat dalam menyeimbangkan komponennya dari berbagai gangguan yang timbul (Rose, 2017). Suatu jenis yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi mempunyai peluang yang lebih besar untuk mempertahankan kelestarian jenisnya (Rose, 2017).

2.3 Jamur Entomopatogen

Jamur entomopatogen ialah kelompok jamur yang menginfeksi dan dapat menyebabkan penyakit pada serangga hama (Untung, 2006). Jamur entomopatogen

merupakan mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai agens pengendali hayati.

Jamur entomopatogen sebagai agens hayati memiliki keunggulan yaitu memiliki spesifik inang yang lebih tinggi, pengurangan bahaya dan ketidakmampuan serangga untuk mengembangkan resistensi. Dibandingkan dengan penggunaan pestisida kimia, penggunaan jamur entomopatogen lebih ramah lingkungan untuk mengendalikan hama. Jamur entomopatogen sebagian besar berasal dari famili Zygomycotina, Ascomycotina, Basidiomycotina dan Deuteromycotina (Dar *et al.*, 2017).

Jamur entomopatogen menginfeksi serangga secara langsung dengan masuk ke dalam tubuh serangga melalui kulit atau integumen. Konidia jamur masuk ke dalam tubuh serangga dan akan memperbanyak diri melalui pembentukan hifa dalam jaringan epikultikula, epidermis, *hemocoel* dan jaringan-jaringan lainnya, sehingga tubuh serangga dipenuhi miselia jamur. Selain itu, beberapa jamur entomopatogen juga mempengaruhi pigmentasi serangga dan menghasilkan toksin yang mempengaruhi fisiologi serangga. Proses perkembangan jamur dalam tubuh serangga inang sampai inang mati berjalan sekitar 7 hari. Setelah inang mati, jamur membentuk konidia primer dan sekunder yang keluar dari kutikula serangga. Konidia tersebut menyebarkan sporanya melalui angin, hujan dan air. Beberapa jenis jamur dapat mempengaruhi pigmentasi serangga dan menghasilkan toksin yang mempengaruhi fisiologi serangga.

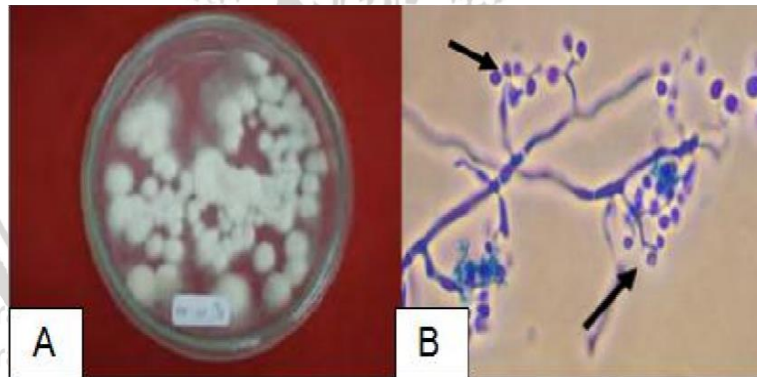
Pengaruh infeksi jamur terhadap pembentukan pigmen, larva atau instar serangga yang terserang jamur memperlihatkan perubahan warna (Untung, 2006).

Jamur yang menginfeksi serangga dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu, jamur patogen serangga, patogen oportunistik, patogen *secondary colonizer*.

Jamur patogen serangga ialah jamur yang dapat menginfeksi dan menimbulkan kematian pada serangga. Patogen oportunistik ialah kelompok jamur yang memiliki karakteristik pertumbuhan cepat dan dapat mengakibatkan infeksi pada serangga yang lemah atau terluka. Contoh patogen oportunistik yaitu, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mortierella*, *Mucor* dan *Penicillium*. *Secondary colonizer* ialah kelompok jamur yang tidak mengakibatkan kematian pada serangga atau memiliki patogenisitas rendah terhadap serangga. Patogen oportunistik maupun *secondary colonizer* memiliki peran penting dalam memediasi interaksi serangga dengan patogen (Sun dan Liu, 2008).

Virulensi jamur entomopatogen melibatkan empat proses yaitu, penempelan, perkecambahan, diferensiasi dan penetrasi. Setiap langkah dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal yang menentukan patogenisitas. Infeksi berhasil dicapai jika konidia atau spora jamur menempel pada serangga inang. Penempelan konidia ke inang biasanya dicapai melalui sekresi lendir (Shahid *et al.*, 2012). Jamur entomopatogen yang telah banyak digunakan untuk pengendalian serangga hama secara hayati ialah *Metarhizium anisopliae* (Metch) (Prayogo *et al.*, 2005), *Beauveria bassiana* (Balsamo) (Trizelia, 2005), *Aspergillus sp.* (Nur, 2005).

***Beauveria bassiana*.** Jamur *B. bassiana* ialah jamur entomopatogen dalam ordo Hypocreales, famili Cordycipitaceae yang mempunyai hifa bersekat, tetapi beberapa ada juga yang berbentuk sel tunggal dan membentuk pseudomiselium jika lingkungan menguntungkan. Secara morfologis jamur *B. bassiana* berwarna putih, sehingga sering disebut dengan *White Muscardine*. Miselium jamur *B. bassiana* berwarna putih dan bersekat. Didalam tubuh serangga yang terinfeksi jamur *B. bassiana* terdiri atas banyak sel, dengan diameter 4 μm , sedang diluar tubuh serangga ukurannya lebih kecil, yaitu 2 μm . Hifa fertil terdapat pada cabang, tersusun melingkar dan biasanya menebal atau menggelembung.

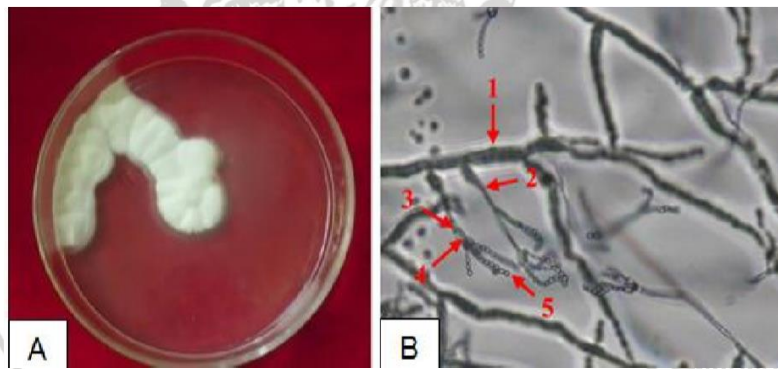


Gambar 1. *Beauveria bassiana*. A. Koloni jamur *B. bassiana* pada media PDA; B. Bentuk konidia dan konidiofor *B. bassiana* (Ladja, 2009).

Penicillium sp. karakteristik makroskopis *Penicillium sp.* yaitu miselia berwarna putih dan pada bagian permukaan belakang koloni berwarna kuning serta terlihat keriput. Miselia bertekstur licin, halus, tebal dan rapat. Koloni berbentuk menggunung dengan elevasi cembung, memusat dan membulat serta tidak terdapat

lingkaran konsentris (Risbianti, 2015). Mikroskopis *Penicillium* sp. yaitu konidiofor berbentuk tegak ramping, bercabang dan tidak bersekat. Fialid berukuran $3,31 \times 8,94 \mu\text{m}$. Metula berukuran $2,70 \times 7,79 \mu\text{m}$ tersusun pada ujung konidiofor dan membawa fialid yang berbentuk botol.

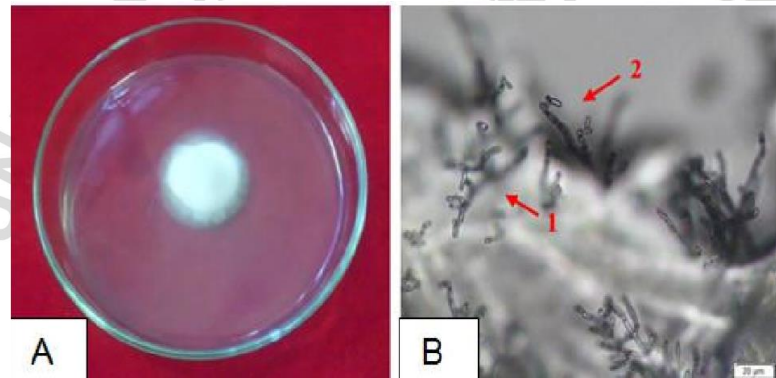
Konidia berbentuk bulat dan berwarna hialin. Konidia berukuran $2,70 \times 2,81 \mu\text{m}$ tersusun berantai, namun tidak bercabang (Risbianti, 2015). Barnett dan Hunter (1998), yang menyatakan bahwa genus *Penicillium* memiliki konidiofor bercabang, konidia hialin atau berwarna cerah, bersel satu, sebagian besar berbentuk bulat atau bulat telur dan tersusun dalam rantai basipetal. Koloni *Penicillium* sp. biasanya berwarna hijau, terkadang putih, sebagian besar memiliki konidiofor. Konidiofor majemuk (synematus) atau tunggal (mononematus), terdiri dari batang tunggal yang membagi beberapa phialid (sederhana/monoverticillata). Semua sel diantara metula dan batang berpotensi menjadi cabang. Percabangan satu tingkat (biverticillata-simetris), percabangan dua tingkat (biverticillata asimetris/ terverticillata), Percabangan tiga tingkat atau lebih tingkatan cabang (quaterverticillata).



Gambar 2. *Penicillium* sp. (GP-Pen). A. Biakan murni umur 7 hari pada media SDAY. B. Morfologi mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Metula, (4) Fialid, (5) Konidia (Risbianti, 2015).

***Metarhizium* sp.** Secara makroskopis karakteristik *Metarhizium* sp. yaitu koloni pada bagian tepi berwarna kuning dan tengah berwarna putih, Koloni pada saat tua berubah warna menjadi kuning dengan bercak-bercak hitam dan pada bagian permukaan belakang berwarna kuning. Miselia tersusun rapat, bertekstur kasar dan tipis. Koloni berbentuk memusat dan tidak terdapat lingkaran konsentris. Secara

mikroskopis, tersusun dari sekumpulan hifa yang berwarna hialin. Konidiofor berbentuk tegak sederhana dan bercabang. Konidia berukuran $5,86 \mu\text{m} \times 3,62 \mu\text{m}$ yang tersusun secara berantai namun tidak bercabang, berbentuk silindris dan berwarna hialin (Risbianti, 2015). *Metarhizium* sp. mampu menginfeksi hama dengan cara penetrasi ke dalam tubuh serangga melalui integumen. *Metarhizium* sp. melakukan penetrasi ke tubuh serangga melalui kontak langsung antara propagul jamur dan tubuh serangga dan membentuk tabung kecambah. Mekanisme penetrasi dimulai dengan pertumbuhan spora pada kutikula. Kutikula serangga diuraikan oleh enzim yang dihasilkan oleh hifa, sehingga konidia jamur dapat masuk ke dalam tubuh serangga (Prayogo et.al, 2005).

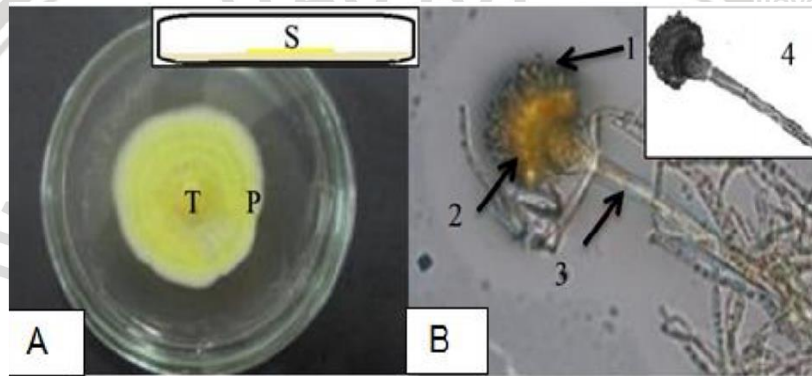


Gambar 3. *Metarhizium* sp. A. Biakan murni umur 7 hari pada media SDAY. B. Morfologi mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Konidiofor, (2) Konidia (Risbianti, 2015).

***Aspergillus* sp.** Karakteristik makroskopis menunjukkan warna koloni saat muda putih kekuningan, ketika tua pada bagian tengah berwarna kuning, bagian tepi berwarna putih kekuningan dan memiliki warna dasar coklat kekuningan. Tipe persebaran berbentuk sebaran memusat, membulat dan konsentris tidak beraturan. Tekstur permukaan koloni agak halus, rapat dan tipis. Ukuran diameter saat berumur 7 hari sebesar 5,7 cm dan waktu memenuhi petri 13x24 jam. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa bersekat, berwarna kuning kecoklatan dan jarak antar sekat rapat. Konidiofor tidak bersekat, tidak bercabang, memiliki metula dan berbentuk tegak dengan ujung menggebung. Fialid berbentuk seperti botol dengan ukuran $2,1 \mu\text{m}$. Konidia berbentuk bulat, berwarna hitam kecoklatan, sebaran bergerombol

diujung vesikula dan kumpulan konidia berantai di ujung fialid (Tanzil, 2014).

Watanabe (2002) menyatakan bahwa genus *Aspergillus* sp. memiliki konidiofor tegak, sederhana, memiliki konidia berbentuk bulat dan bersel satu. Gandjar *et al.*, (1999) bahwa genus *Aspergillus* sp. memiliki konidiofor berdinding halus, berwarna hialin, memiliki konidia berbentuk bulat dan berwarna coklat hingga hitam. *Aspergillus* merupakan jamur yang mampu hidup pada media dengan derajat keasaman dan kandungan gula yang tinggi. Jamur ini dapat menyebabkan pembusukan pada buah-buahan atau sayuran. *Aspergillus* ada yang bersifat parasit, ada pula yang bersifat saprofit.



Gambar 4. *Aspergillus* sp. A. Biakan murni umur 7 hari (T) Tengah, (P) Tepi, (S) Tampak samping. B. (1) Konidia, (2) Fialid, (3) Konidiofor tidak bersekat (4) Sketsa (Tanzil, 2014).

Jamur entomopatogen dipengaruhi oleh ketinggian tempat, habitat dan jenis tanaman (Moraga *et al.*, 2007). Pada umumnya pertumbuhan jamur dipengaruhi oleh faktor substrat, kelembaban, suhu, derajat keasaman substrat (pH), dan senyawa-senyawa kimia dilingkungannya (Gandjar *et al.*, 2006).

Substrat merupakan sumber nutrisi utama bagi jamur. Nutrien-nutrien baru dapat dimanfaatkan sesudah jamur mengekskresi enzim-enzim ekstraseluler yang dapat mengurai senyawa-senyawa kompleks dari substrat tersebut menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Jamur yang tidak dapat menghasilkan enzim sesuai

komposisi substrat dengan sendirinya tidak dapat memanfaatkan nutrien-nutrien dalam substrat tersebut (Gandjar, 2006).

Kelembaban sangat penting untuk pertumbuhan jamur. Pada umumnya jamur tingkat rendah seperti *Rhizopus* atau *Mucor* memerlukan lingkungan dengan kelembapan nisbi 90%, sedangkan jamur *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, banyak *Hyphomycetes* lainnya dapat hidup pada kelembapan nisbi yang lebih rendah, yaitu 80%. Dengan mengetahui sifat-sifat jamur ini penyimpanan bahan pangan dan materi lainnya dapat mencegah kerusakannya (Nugraheni, 2010).

Suhu lingkungan yang baik untuk pertumbuhan, jamur dapat dikelompokkan sebagai jamur psikrofil, mesofil, dan termofil. Secara umum pertumbuhan untuk kebanyakan jamur ialah sekitar 25 – 30 °C. Beberapa jenis jamur bersifat psikrotrofik yakni dapat tumbuh baik pada suhu lemari es dan ada jamur yang masih bisa tumbuh secara lambat pada suhu dibawah suhu pembekuan, misalnya -5 °C sampai -10 °C. Pada suhu ruangan hanya jamur yang bersifat saprofit yang tumbuhnya subur (Singh *et al.*, 2009). Selain itu, ada jamur yang bersifat termofilik yakni mampu tumbuh pada suhu tinggi. Mengetahui kisaran suhu pertumbuhan suatu jamur ialah sangat penting, terutama bila isolat-isolat tertentu atau termotoleran dapat memberikan produk yang optimal meskipun terjadi peningkatan suhu, karena metabolisme jamurnya (Nugraheni, 2010).

Derajat Keasaman (pH) substrat sangat penting untuk pertumbuhan jamur, karena enzim-enzim tertentu hanya akan mengurai suatu substrat sesuai dengan aktivitasnya pada pH tertentu. Umumnya jamur menyenangi pH dibawah 7,0. Namun beberapa jenis jamur tertentu bahkan dapat tumbuh pada pH yang cukup rendah, yaitu pH 4,5 – 5,5 (Gandjar, 2006).

Jamur menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak diperlukannya lagi dan dikeluarkan ke lingkungan. Senyawa-senyawa tersebut merupakan suatu pengamanan bagi dirinya terhadap serangan oleh organisme lain termasuk terhadap sesama mikroorganisme.

Menurut Waluyo (2005) faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur ialah komponen penghambat. Beberapa jamur mengeluarkan komponen yang dapat

menghambat pertumbuhan organisme lain. Pertumbuhan jamur biasanya berjalan lambat dibandingkan dengan pertumbuhan bakteri. Tetapi bila sesekali jamur bisa tumbuh, dimana pertumbuhannya ditandai dengan misellium maka pertumbuhannya akan berlangsung dengan cepat.

Jamur berkembang biak baik secara aseksual misalnya dengan cara pembentukan kuncup atau pembentukan spora maupun secara seksual yaitu dengan peleburan dari dua sel induk (Ristiati, 2000). Faktor lingkungan sangat menentukan struktur reproduksi apa yang akan dibentuk jamur dan untuk tujuan apakah struktur reproduksi seksual atau struktur reproduksi aseksual (Gandjar *et al.*, 2006). Sampai sekarang diketahui bahwa banyak spesies jamur yang hanya bereproduksi secara aseksual (fase anamorf). Akan tetapi perkembangan ilmu pengetahuan berhasil menemukan fase seksual (fase teleomorf) pada sejumlah jamur sebelumnya.

2.4 Filoplan Sebagai Habitat Jamur Entomopatogen

Jamur filoplan tumbuh pada permukaan daun, jamur filoplan telah dipelajari dan dibandingkan antara endofit, saprofit dan patogen tanaman, jamur juga dapat menjadi penyakit pada manusia (Prabakaran, 2011). Jamur pada permukaan daun sangat kuat menempel, ada yang menggunakan stroma, juga ada yang membentuk *sporodochia* dan *synnemata*, jamur filoplan juga dipengaruhi oleh tanaman sekitarnya dan kondisi lingkungan dalam persebaran spora jamur yang mendarat pada daun. Beberapa jamur entomopatogen dari filoplan daun yang diketahui bermanfaat untuk mengendalikan serangga hama ialah *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium leccani*, *Metarhizium anisopliae* (Asi *et al.*, 2013). Jamur *B. bassiana* menyebabkan mortalitas 70% pada larva *S. litura* (Raden *et al.*, 2000).

Mekanisme infeksi cendawan entomopatogen pada serangga digolongkan dalam empat tahapan. Tahap pertama ialah inokulasi, yaitu kontak antara cendawan dengan tubuh serangga (Prayogo *et al.*, 2005). Tahap kedua proses penempelan dan perkecambahan cendawan pada integument serangga, pada tahap ini dibutuhkan kelembaban udara yang tinggi bahkan kadang-kadang air diperlukan untuk perkecambahan cendawan serta cendawan dapat memanfaatkan senyawa-senyawa

yang terdapat pada integumen (Prayogo *et al.*, 2005). Tahap ketiga yaitu penetrasi cendawan kedalam tubuh serangga melalui ruas-ruas tubuh, yang dimulai dengan menempelnya konidia pada kutikula, mulut, dan trakea serangga. Konidia akan berkecambah membentuk tabung-tabung kecambah dan apesorium. Apesorium mulai dibentuk untuk menembus epikutikula, berlangsung secara mekanis / kimia dengan bantuan enzim dan toksin. Tahap keempat ialah destruksi atau proses mematikan serangga dimana terbentuknya hifa yang menembus epidermis hingga mencapai pembuluh heamolimpha kemudian menyerang jaringan lainnya (Prayogo *et al.*, 2005).

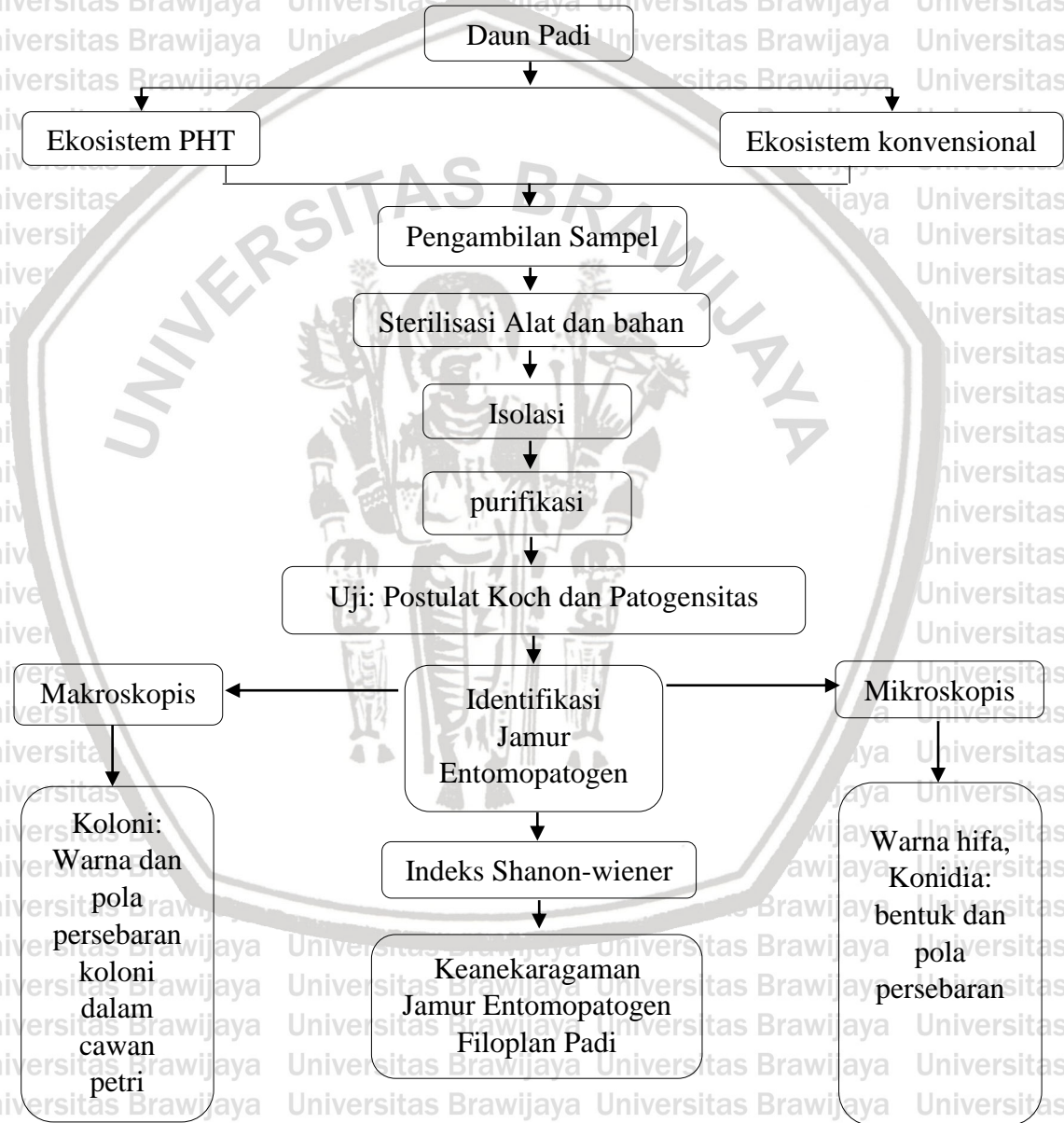


3. BAHAN DAN METODE

3.1 Kerangka Operasional

Kerangka operasional menunjukkan langkah-langkah teknis yang digunakan sehingga penelitian dilakukan secara sistematis dan bertahap.

Kerangka operasional secara skematis disajikan dalam gambar 6.



Gambar 5. Kerangka operasional

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Sampel daun padi diambil dari ekosistem pertanian di Desa Kendal, Kecamatan Sekaran, Kabupaten Lamongan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengendalian Hayati 2, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang pada bulan Maret hingga Juni 2019.

3.2.1 Deskripsi Perbedaan Kondisi Ekosistem PHT Kendal

Jamur entomopatogen diisolasi dari filoplan padi pada ekosistem PHT di Desa Kendal, Kecamatan Sekaran, Kabupaten Lamongan, Jawa timur. Kondisi ekosistem pengambilan sampel daun dapat dilihat pada (Tabel 1).

Tabel 1. Praktek budidaya tanaman pada ekosistem PHT Kendal

Praktek Budidaya Tanaman	PHT Kendal
Koordinat Ekosistem	S 07°02'33" E 112°13'01"
Tanaman Budidaya	Padi
Varietas	M400
Produksi	±8 ton/ha
Umur Tanaman	38 - 42 hst
Pestisida	Diaplikasikan bila saat pengamatan, hama pada ekosistem sudah melewati ambang batas ekonomi, menimbulkan banyak gejala dan serangan pada tanaman padi. Pengendalian menggunakan pestisida dilakukan untuk meminimalisir kekurangan hasil atau gagal panen
Agens Hayati	<i>Beauveria bassiana</i> , dekomposer dan PGPR
Pupuk	Kompos dan POC buatan sendiri
Aplikasi Pupuk	Kompos (sebelum tanam), POC saat pertumbuhan vegetatif dan generatif

3.3 Alat Dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah mikropipet, *blue tip*, stik L, cawan petri, jarum ose, bunsen, pengaduk, labu erlenmeyer, botol media, botol semprot, pinset, jarum suntik, gelas ukur 1000 mL dan 250 mL, mikroskop, tabung reaksi, kamera, autoklaf, *shaker machine*, spidol, dan *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC).

Bahan-bahan yang digunakan ialah sampel daun tanaman padi, *Saboraud Dextrose Agar Yeast Extract* (SDAY), akuades, air, pepton, *yeast extract*, agar, alkohol 70%, spirtus, plastik wrap, dekstrosa, aluminium foil, plastik tahan panas, tissue, kertas label, *chloramphenicol*, masker dan sarung tangan.

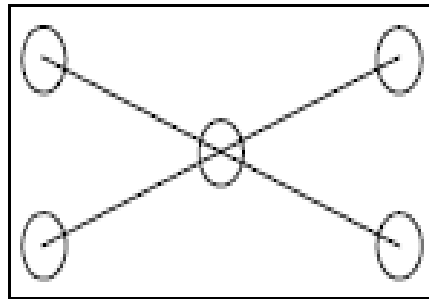
3.4 Metode Penelitian

Analisis keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan padi dilakukan dengan beberapa tahap. Analisis dimulai dari pengambilan sampel daun padi di Desa Kendal, sterilisasi alat dan bahan, pembuatan media, isolasi, purifikasi, uji postulat koch, uji patogenisitas dan identifikasi jamur.

3.4.1 Pengambilan sampel daun padi

Sampel diambil dari daun padi di Desa Kendal, Kecamatan sekaran, Kabupaten lamongan, Jawa timur.. Pengambilan dilakukan pada masing-masing ekosistem dengan metode diagonal (ditentukan 5 titik). Pada setiap sampel tanaman dilakukan pengambilan sampel daun yang sehat dengan perbedaan varietas padi.

Sampel daun padi di Desa Kendal ialah daun padi varietas M400. Pengambilan sampel daun padi dilakukan saat tanaman umur 38-42 hari setelah tanam dengan ekosistem seluas 400 m².



Gambar 6. Cara pengambilan sampel daun padi

3.4.2 Sterilisasi alat

Sterilisasi alat dilakukan pada alat-alat yang digunakan untuk media perbanyakan jamur, yaitu cawan petri, tissue, labu erlenmeyer, gelas ukur, botol media dan tabung reaksi. Alat-alat dicuci sampai bersih kemudian direndam didalam larutan klorox selama 24 jam. Setelah 24 jam, diangkat dan dikeringkan. Setelah alat-alat kering, cawan petri dilapisi dengan kertas dan dibungkus dengan plastik dan dimasukkan kedalam autoklaf pada suhu 121°C pada tekanan 5 atm selama 30 menit.

3.4.3 Pembuatan Medium *Saboraud Dextrose Agar Yeast (SDAY)*

Tahapan untuk pembuatan SDAY yaitu dengan melarutkan dekstrosa sebanyak 40 gr, *yeast extract* 2,5 gr, pepton 2,5 gr dan agar 15 gr kedalam akuades steril hingga mencapai volume total satu liter. Lalu medium ditambah antibiotik kloramfenikol sebanyak 2 tablet. Selanjutnya medium disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 5 atm selama 30 menit. Medium dituang secara aseptis kedalam cawan petri dengan volume masing-masing 20 ml, kemudian dibiarkan mengeras (Samuels *et al.*, 2002).

3.4.4 Isolasi, Purifikasi dan Identifikasi Jamur

Isolasi jamur. Isolasi dilakukan dengan metode perendaman, daun tanaman padi yang sehat direndam dan dikocok selama 60 menit, sehingga diharapkan jamur yang akan tumbuh ialah jamur yang hanya berasal dari permukaan daun padi. Tahapan awal isolasi yaitu tiap sampel daun padi yang sehat diambil secukupnya kemudian direndam dengan aquadest steril 100 ml dalam tabung erlenmeyer dan dikocok dengan *shaker machine* selama 60 menit. Kemudian air rendaman diambil 1 ml menggunakan mikropipet dan dilanjutkan dengan metode pengenceran bertingkat (*diluttion plate*) hingga 10^{-5} dan dituang pada cawan petri berisi media SDAY yang telah ditambahkan antibiotik. Cara ini dilakukan untuk mengisolasi jamur filoplan yang bersporulasi dipermukaan, spora jamur yang diduga baru mendarat pada permukaan dan juga spora jamur yang baru berkecambah.

Purifikasi Jamur. Purifikasi dilakukan pada setiap koloni jamur yang dianggap berbeda berdasarkan morfologi makroskopis meliputi warna dan bentuk koloni. Masing-masing mikroorganisme tersebut diambil dengan jarum ose, kemudian

ditumbuhkan lagi pada cawan petri media SDAY. Dari beberapa koloni jamur yang tumbuh pada cawan petri, jika terdapat koloni yang memiliki ciri makro sama maka diambil salah satu koloni untuk dipurifikasi.

Identifikasi Jamur. Identifikasi berdasarkan panduan identifikasi jamur, Watanabe (2002) dan Gandjar (2000). Pengamatan makroskopis meliputi warna koloni, bentuk koloni dalam cawan petri (konsentris dan tidak konsentris), tekstur koloni dan pertumbuhan koloni (cm/hari). Pengamatan secara mikroskopis meliputi ada tidaknya septa pada hifa (bersekat atau tidak bersekat), pertumbuhan hifa (bercabang atau tidak bercabang), ada atau tidaknya konidia, warna hifa dan konidia (gelap atau hialin transparan), dan bentuk konidia (bulat, lonjong, berantai atau tidak beraturan).

3.4.5 Perhitungan Keanekaragaman Jamur Entomopatogen

Perhitungan keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan daun padi menggunakan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (Magurran, 2004 dalam Miranti *et al.*, 2015).

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{(ni)}{n} \right] \text{Ln} \left[\frac{(ni)}{n} \right]$$

Keterangan:

H' : Indeks *Shannon-Weiner*

ni : Jumlah Koloni (i)

n : Total Jumlah Koloni

Indeks keanekaragaman dihitung dengan kriteria menurut *Shannon-Wiener* seperti pada (Tabel 2).

Tabel 2. Kriteria indeks keanekaragaman *Shannon-Wiener*

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

3.4.6 Uji Postulat Koch Jamur dari Filoplan Daun Padi

Penghitungan kerapatan konidia. Perhitungan kerapatan konidia dilakukan berdasarkan Effendy *et al.*, (2010) dengan cara mengambil suspensi jamur sebanyak 1 ml dan ditetaskan pada *haemocytometer*. Kerapatan konidia dihitung di bawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 400x. Perhitungan menggunakan rumus (Gabriel dan Riyatno, 1989 dalam Herlinda *et al.*, 2006) yaitu:

$$C = \frac{t}{(n \cdot x)} \times 10^6$$

Keterangan:

C : Kerapatan spora per ml larutan

t : Jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati

n : Jumlah kotak sampel (5 kotak besar x 16 kotak kecil)

x : 0.25 faktor koreksi penggunaan kota sampel skala kecil pada *haemocytometer*

Penghitungan viabilitas konidia. Penghitungan viabilitas konidia dilakukan dengan mengambil 1 ml suspensi konidia kemudian ditetaskan pada *object glass* dan ditutup dengan *cover glass*. Viabilitas konidia dihitung setelah diinkubasi selama 24 jam. Jumlah konidia berkecambah dan tidak berkecambah dihitung pada bidang pandang di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x. Perhitungan viabilitas menggunakan rumus Gabriel dan Riyatni, 1989 (*dalam Herlinda et al.*, 2006) yaitu:

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

Keterangan:

V : Viabilitas konidia

g : Jumlah konidia berkecambah

u : Jumlah konidia tidak berkecambah

Uji postulat koch jamur dari filoplan daun padi. Uji Postulat Koch dilakukan dalam 2 tahap, yaitu reinokulasi dan reisolasi dari setiap isolat yang diperoleh. Jamur yang tumbuh pada larva diisolasi dan diinokulasi kembali seperti

tahap awal. Isolat yang diperoleh diuji kemampuannya dengan menginfeksi isolat murni ke dalam tubuh larva instar tiga melalui metode pencelupan larva (Koestoni, 1985). Metode ini merupakan modifikasi yang biasa digunakan untuk insektisida yang bekerja sebagai racun kontak (Koestoni, 1985). Caranya ialah dengan menambahkan 5 mL NaCl 0.85% ke dalam kultur murni dari setiap isolat dalam cawan petri. Cawan petri tersebut digoyangkan hingga permukaan koloni benar-benar terendam dan sporanya jatuh ke dalam larutan fisiologis. Setiap isolat koloni jamur diinokulasi 10 larva *T. molitor* yang baru berganti kulit. Setiap perlakuan diberi ulangan 3 kali. Inokulasi dilakukan dengan mencelupkan 10 larva *T. molitor* yang baru berganti kulit ke dalam suspensi isolat jamur dengan konsentrasi 10^7 konidia/ml selama 5 detik dan dikeringkan di atas tisu steril. Perlakuan kontrol dilakukan dengan mencelupkan larva *T. molitor* ke dalam aquades steril. *T. molitor* dipindahkan ke wadah plastik yang berisi pakan dedak.

Uji patogenesis *Beauveria sp.* pada larva *S. litura*. Tujuan uji patogenesis untuk mengetahui jamur *Beauveria sp.* yang dapat mengakibatkan kematian pada larva *S. litura*. Kerapatan yang digunakan untuk uji patogenesis ialah 10^7 dan diberi ulangan 3 kali. Setiap perlakuan digunakan 20 larva *S. litura*. Metode yang digunakan ialah metode celup, yaitu larva *S. litura* instar 3 decelupkan dalam suspensi konidia jamur *Beauveria sp.* yang dicampur dengan 10 mL aquades 0,1% Tween 80 selama 5 detik dan dikeringkan di atas tisu steril. Perlakuan kontrol dilakukan dengan mencelupkan larva *S. litura* ke dalam aquades steril. Larva *S. litura* dipindahkan ke wadah plastik yang berisi daun jarak kepyar.

Variabel pengamatan. Variabel pengamatan meliputi mortalitas larva *T. molitor* dan larva *S. litura*. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 7 hari atau sampai tidak ada penambahan mortalitas serangga uji selama 3 hari berturut-turut. Mortalitas larva *T. molitor* dan *S. litura* dihitung berdasarkan rumus Priyono, 1989 (dalam Herlinda, 2006).

$$\text{Mortalitas larva (\%)} = \frac{A}{D} \times 100 \%$$

Keterangan:

A : Jumlah serangga yang mati terinfeksi jamur

D : Jumlah serangga uji

Apabila ditemukan larva *T. molitor* dan *S. litura* yang mati pada perlakuan kontrol dengan syarat kurang dari 20% maka dikoreksi dengan menggunakan rumus Abbott (1987).

$$\frac{x - y}{x} \times 100 \%$$

Keterangan:

X : Persentase yang hidup pada kontrol

Y : Persentase yang hidup pada perlakuan

3.5 Analisis Data

Data dianalisis dengan *Microsoft Office Excel* 2013 dan analisis sidik ragam menggunakan program *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) versi 25. Data deskriptif meliputi morfologi dan fisiologi jamur yang ditampilkan dalam bentuk gambar. Data keanekaragaman jamur diperoleh dari hasil isolasi jamur dianalisis menggunakan Indeks Keanekaragaman Shannon – Weiner. Data mortalitas larva *T. molitor* dianalisis menggunakan ANOVA taraf kepercayaan 95%, Perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut dengan uji Tukey dengan taraf $\alpha = 5\%$ (Mattjik & Sumertajaya 2006).

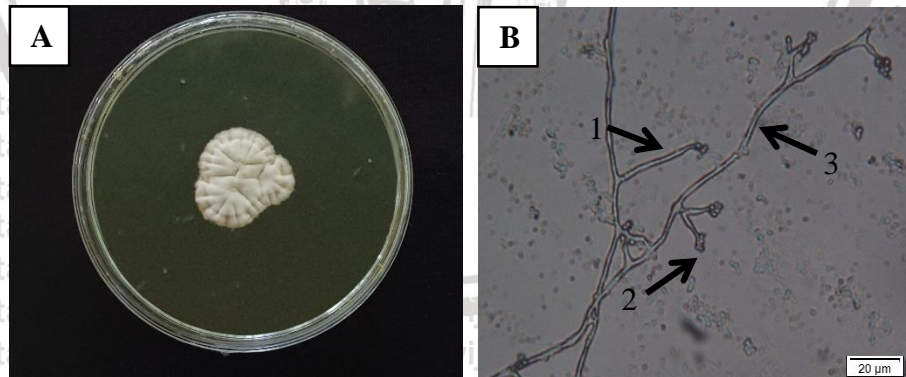
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Jamur Entomopatogen Filoplan Tanaman Padi pada Ekosistem PHT Kendal.

Di ekosistem padi, isolat jamur entomopatogen filoplan diperoleh satu isolat jamur pada ekosistem PHT Kendal yaitu *Rhizopus* sp. (PK8). Dapat disimpulkan bahwa praktek budidaya tanaman ialah berhubungan dengan jumlah isolat jamur entomopatogen. Di aplikasi pupuk ekosistem padi PHT Kendal ialah kompos saat pengolahan lahan dan POC saat pertumbuhan vegetatif dan generatif. Pupuk organik Tanah yang menerima pupuk organik berhubungan positif dengan kelimpahan *M. Anisopliae* (Rose, 2017). Aplikasi agens hayati ekosistem padi PHT Kendal ialah *Beauveria bassiana*, dekomposer dan PGPR. Aplikasi agen hayati pada tanaman padi secara langsung menambah mikroorganisme bermanfaat pada lahan padi.

Semua isolat jamur entomopatogen filoplan diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis menggunakan Watanabe (2002) dan Gandjar *et al* (1999) dibedakan berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopisnya. Deskripsi genus jamur entomopatogen filoplan padi berdasarkan makroskopis dan mikroskopis sebagai berikut:

1. *Beauveria* sp. (PK4)



Gambar 7. Karakteristik jamur entomopatogen filoplan *Beauveria* sp. (PK4) pada tanaman padi A. Makroskopis biakan murni tujuh hari pada media SDAY.

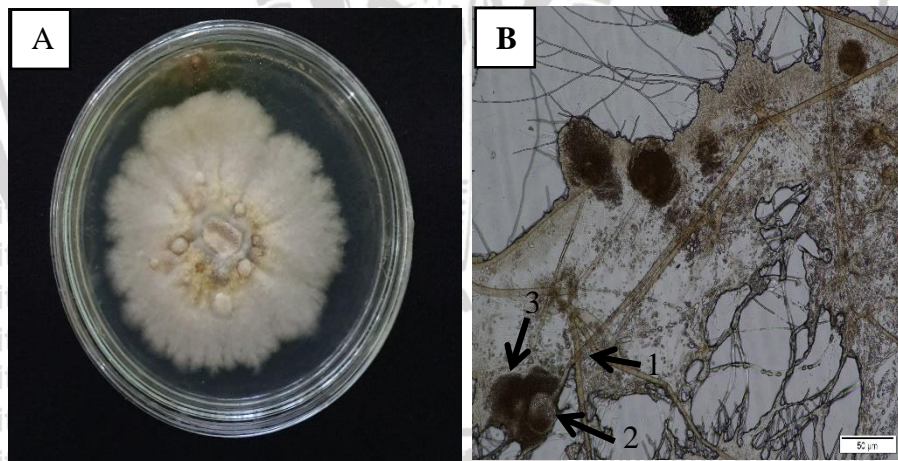
B. Mikroskopis: (perbesaran 400x) (1: Konidiofor, 2: Konidia, 3: Hifa)

Berdasarkan pengamatan makroskopis, diperoleh karakteristik jamur dengan bentuk koloni bulat dengan tepian tidak bercabang dan tidak memiliki garis konsentris.

Warna koloni putih. Diameter koloni saat berumur tujuh hari mencapai 3 cm pada media SDAY. Koloni bertekstur halus, elevasi koloni cembung dan memiliki miselia yang tidak terlalu rapat (Gambar 21A).

Berdasarkan pengamatan mikroskopis, menunjukkan konidiofor tidak bersekat, tegak sederhana dan berwarna hialin. Konidia berbentuk bulat dan berwarna putih (Gambar 21B). Secara mikroskopis jamur *Beauveria* sp. memiliki hifa berukuran lebar 1–2 μm dan berkelompok dalam sekelompok sel-sel konidiofor berukuran 3–6 μm x 3 μm . Hifa bercabang-cabang dan menghasilkan sel-sel konidiofor yang berbentuk seperti botol, dengan leher kecil, dan panjang cabang hifa dapat mencapai lebih dari 20 μm dan lebar 1 μm . Jamur ini tidak membentuk kladospora, namun dapat juga membentuk blastospora (Ahmad, 2008) serta mempunyai miselia yang bersekat berwarna putih (Talanca, 2005). Selain itu, konidia *Beauveria* sp. memiliki bentuk bervariasi, yaitu globose, elips, silindris, dan koma. Konidia berbentuk elips berukuran 2,90–4,20 μm x 1,80–2,50 μm , bentuk silindris berukuran 3,30–4,80 μm x 2,10–2,50 μm , dan bentuk koma berukuran 1,90–2,50 μm .

2. *Rhizopus* sp. (PK8)



Gambar 8. Karakteristik jamur entomopatogen filoplan *Rhizopus* sp. (PK8) pada tanaman padi. A. Makroskopis biakan murni tujuh hari pada media SDAY. B. Mikroskopis: (perbesaran 400 x) (1: Konidiofor, 2: Kolumela, 3: Sporangiospora)

Berdasarkan pengamatan makroskopis, diperoleh karakteristik jamur dengan bentuk koloni bulat dengan tepian tidak bercabang dan tidak memiliki garis konsentris.

Warna koloni putih kehijauan pada bagian tengah dan putih pada bagian pinggir.

Diameter koloni saat berumur tujuh hari mencapai 6 cm pada media SDAY. Koloni bertekstur halus, elevasi koloni datar dan memiliki miselia yang rapat (Gambar 28A).

Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis, menunjukkan bahwa sporangiofor tidak bersekat, agak kecoklatan. Sporangiofor tegak, ramping dan tidak bersekat. Kolumela bulat dan hialin. Sporangiospora berbentuk bulat dan bergerombol (Gambar 28B). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Gandjar *et al.*, (1999) yang menyatakan bahwa koloni berwarna keputihan dan menjadi abu-abu kecoklatan dengan bertambahnya usia biakan, seta mencapai tinggi kurang lebih 10 mm. Sporangiofor dapat tunggal atau berkelompok hingga lima, kadang-kadang membentuk struktur seperti percabangan garpu, berdinding halus. Sporangia berbentuk bulat hingga semi bulat, dinding berduri, berwarna coklat gelap hingga coklat kehitaman. Sporangiospora berbentuk bulat, ovoid atau tidak teratur, seringkali berbentuk poligenal, bergaris-garis pada permukaannya. Kolumela berbentuk ovoid atau bulat dan berdinding halus atau agak kasar.

4.2 Tingkat Keanekaragaman Jamur Entomopatogen Filoplan pada Ekosistem Padi PHT Kendal.

Di ekosistem padi, Nilai indeks keanekaragaman jamur PHT Kendal sebesar 2,00, nilai tersebut termasuk kategori keanekaragaman sedang. Nilai IKJ dihitung dari cawan petri yang mempunyai minimal 10 koloni. Perhitungan nilai indeks keanekaragaman pada bakteri dihitung hanya dari cawan petri yang mempunyai 30-300 koloni, cendawan 10-100 koloni, dan aktinomisetes 30-300 koloni (Hastuti *et al.*, 2007).

Tingkat keanekaragaman tersebut disebabkan oleh praktek budidaya tanaman dan estimasi waktu penerapan ekosistem. Aplikasi agens hayati ekosistem padi PHT Kendal ialah *Beauveria bassiana*, dekomposer dan PGPR, sedang PHT tidak mengaplikasikan agens hayati. Pupuk organik dapat memicu jaringan tanaman membusuk sebagai substrat untuk miselium jamur entomopatogen dan akibatnya meningkatkan kelimpahan yang tersedia untuk jamur entomopatogen. Pada tahun 2011

untuk total keanekaragaman *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* lebih tinggi pada lahan organik (Clifton *et al.*, 2013).

Keanekaragaman komunitas ditandai oleh banyaknya spesies organisme yang membentuk komunitas tersebut. Semakin banyak jumlah spesies semakin tinggi keanekaragamannya. Indeks keanekaragaman menunjukkan hubungan antara jumlah spesies dengan jumlah individu yang menyusun suatu komunitas (Heddy dan Kurniati, 1994). 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. Konsep tersebut dapat digunakan untuk mengukur kemampuan suatu ekosistem dalam menyeimbangkan komponennya dari berbagai gangguan yang timbul.

Keanekaragaman jamur entomopatogen suatu ekosistem dipengaruhi oleh besarnya kerapatan, jumlah dan tingkat penyebaran masing-masing jenis. Untuk mengetahui tingkat kestabilan keanekaragaman jamur entomopatogen dapat digunakan nilai indeks keanekaragaman. Kestabilan suatu jenis juga dipengaruhi oleh tingkat keanekaragamannya, semakin tinggi nilai H' , maka keanekaragaman jenis dalam ekosistem tersebut semakin stabil. Suatu jenis yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi mempunyai peluang yang lebih besar untuk mempertahankan kelestarian jenisnya (Rose, 2017).

Berdasarkan pengukuran suhu pada ekosistem PHT Kendal didapatkan hasil suhu udara sebesar 24,6 °C dan kelembapan udara sebesar 75%. Keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan ditentukan dengan jumlah koloni yang tumbuh pada media SDAY. Setiap sampel daun yang diisolasi menunjukkan hasil yang berbeda.

Faktor yang mempengaruhi keanekaragaman jamur entomopatogen yaitu biotik dan abiotik. Faktor biotik meliputi varietas dan spesies inang, faktor abiotik meliputi suhu, kelembapan relatif, kandungan air tanah dan teknik budidaya (Craine *et al.*, 2013).

Faktor lingkungan seperti kelembapan yang tinggi 89% dengan suhu udara 29°C, kondisi lingkungan dapat mempengaruhi perkembangan jamur yang ada di dalam jaringan tanaman. Suhu optimum untuk pertumbuhan jamur entomopatogen ialah 20-

30°C (Hsia *et al.*, 2014) dan kelembaban berkisar antara 80-95% (Permadi *et al.*, 2019).

Menurut Widyati (2013) faktor iklim, terutama suhu dan kelembaban udara sangat menentukan keanekaragaman jamur. Dapat disimpulkan bahwa faktor lingkungan suhu dan kelembaban udara mempengaruhi keanekaragaman jamur entomopatogen pada ekosistem PHT.

Pemanfaatan bahan-bahan organik pada suatu lahan dengan tidak menggunakan pupuk dan pestisida sintetis dapat membuat tanah gembur dan tidak keras serta kering.

Hal tersebut dapat mengurangi faktor pemicu jamur entomopatogen dapat teracuni akibat penggunaan pupuk sintetis. Berdasarkan hasil wawancara terhadap petani padi di ekosistem PHT Desa Kendal bahwa praktek budidaya tanaman padi yang dilakukan tidak menggunakan pestisida dan pupuk sintetis. Penggunaan pupuk sintetis dan pestisida dapat digantikan dengan memanfaatkan pupuk organik cair (POC) buatan sendiri dan pemberian *Beauveria bassiana*, dekomposer dan PGPR pinus dan menjadi bahan organik tanah. Menurut pernyataan Herawati *et al.*, (2014) keberadaan jamur entomopatogen filoplan sangat tergantung pada praktek budidaya tanaman. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida mengakibatkan ekosistem menjadi miskin organisme hidup dan biodiversitas.

4.3 Uji Patogenisitas *Beauveria sp* pada Larva *Spodoptera litura*

Hasil pengujian patogenisitas, jamur *Beauveria sp.* (PK4) memiliki kemampuan patogenisitas sebesar 61,67%. Menurut Hasyim *et al.*, (2009) secara umum serangga dapat terinfeksi oleh konidia jamur entomopatogen melalui kontak dengan kutikula atau melalui celah diantara segmen-segmen tubuhnya. Konidia jamur entomopatogen secara umum menginfeksi serangga, ketika konidia menempel pada inang yang cocok akan berkecambah, memulai reaksi pengenalan dan aktivasi enzim (Shahid, 2012). Semakin banyak konidia jamur *Beauveria sp.* yang menempel pada tubuh larva *S. litura* maka tingkat mortalitas larva juga akan semakin tinggi. Semakin tinggi kerapatan konidia yang diinfeksi, maka semakin tinggi peluang kontak antara patogen dengan inang (Rustama *et al.*, 2008).

Proses infeksi jamur entomopatogen pada serangga digolongkan dalam empat tahapan. Tahap pertama ialah inokulasi, yaitu kontak antara jamur dengan tubuh

serangga. Tahap kedua proses penempelan dan perkecambahan jamur pada serangga, pada tahap ini dibutuhkan kelembaban udara yang tinggi bahkan kadang-kadang air diperlukan untuk perkecambahan jamur. Tahap ketiga yaitu penetrasi jamur kedalam tubuh serangga melalui ruas-ruas tubuh, yang dimulai dengan menempelnya konidia pada kutikula, mulut, dan trakea serangga. Konidia akan berkecambah membentuk tabung-tabung kecambah dan apresorium. Apresorium mulai dibentuk untuk menembus epikutikula, berlangsung secara mekanis / kimia dengan bantuan enzim dan toksin. Tahap keempat ialah destruksi atau proses mematikan serangga dimana terbentuknya hifa yang menembus epidermis hingga mencapai pembuluh heamolimpha kemudian menyerang jaringan lainnya (Prayogo *et al.*, 2005).

Semakin tinggi serangan, maka proses kematian larva yang terinfeksi akan semakin cepat. Tingkat mortalitas larva *S. litura* termasuk dalam patogenisitas sedang. Klasifikasi tingkat patogenisitas ada tiga yaitu: Patogenisitas tinggi dengan persentase kematian >64,49%, patogenisitas sedang dengan persentase kematian 30,99 - 64,49% dan patogenisitas rendah dengan persentase kematian <30,99% (Thungrabeab *et al.*, 2006). Meneliti potensi kecambah dan mengisolasi virulensi dari setiap habitat yang berbeda akan memperjelas korelasi antara karakter fenotipik koloni dan mengisolasi potensi sebagai agen pengendali (Afandhi, 2012). Ketersediaan virulensi *B. bassiana* sebagai myco-insektisida atau patogen yang secara alami bertahan di lapangan adalah langkah pertama pada pengembangan agen pengontrol elemen biologis (Afandhi, 2012).

4.4 Uji Postulat Koch Jamur Entomopatogen Filoplan Padi pada larva *T. molitor*

Hasil uji postulat koch jamur entomopatogen filoplan padi menyebabkan perubahan perilaku dan morfologi *T. molitor*. Perubahan perilaku dilihat dengan pergerakan larva yang melemah. Perubahan morfologi *T. molitor* dilihat dengan perubahan warna pada larva dan larva yang sudah mati akan ditumbuhi oleh miselia jamur. Menurut Hasnah *et al.*, (2012) keefektifan jamur entomopatogen untuk mengendalikan hama sasaran sangat tergantung pada umur serangga, stadia perkembangan, permukaan kutikula dan kerapatan spora.

Peningkatan mortalitas larva *T. molitor* terjadi pada hari ke dua hingga ke sepuluh. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rustama *et al.*, (2008) kematian serangga akibat jamur entomopatogen terjadi pada 2 sampai 14 hari setelah terinfeksi, namun bisa juga terjadi kurang dari 24 jam. Kecepatan mortalitas serangga tergantung kerentanan serangga, kepadatan dan viabilitas konidia jamur.

Pada uji postulat koch, patogenisitas jamur entomopatogen filoplan pada *T. molitor* menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Hasil pengamatan selama 10 HSA terhadap mortalitas *T. molitor* oleh *Rhizopus* sp. 3 sebesar 26,67%.

Salah satu faktor penyebab mortalitas larva ialah kerentanan larva. Larva *T. molitor* pada uji postulat koch yang digunakan ialah larva *T. molitor* yang baru berganti kulit. Larva tersebut memiliki lapisan kutikula yang sangat lunak dan tipis, sehingga mudah mengalami infeksi. Hal tersebut diduga menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya mortalitas pada perlakuan pemberian jamur pada larva *T. molitor*, karena dapat memudahkan jamur untuk melakukan penetrasi ke dalam tubuh larva *T. molitor*.

Selain kerentanan larva, kecocokan dengan inang untuk tumbuh juga mempengaruhi mortalitas larva. Hal ini sesuai dengan pernyataan Shahid (2012) yang menyatakan bahwa konidia jamur entomopatogen secara umum menginfeksi serangga, akan berkecambah ketika konidia menempel pada inang yang cocok, memulai reaksi pengenalan dan aktivasi enzim.

Proses infeksi jamur entomopatogen pada larva tentu *T. molitor* sangat rumit. Proses infeksi jamur entomopatogen pada serangga digolongkan dalam empat tahapan. Tahap pertama ialah inokulasi, yaitu kontak antara jamur dengan tubuh serangga. Tahap kedua proses penempelan dan perkecambahan jamur pada serangga, pada tahap ini dibutuhkan kelembaban udara yang tinggi bahkan kadang-kadang air diperlukan untuk perkecambahan jamur. Tahap ketiga yaitu penetrasi jamur ke dalam tubuh serangga melalui ruas-ruas tubuh, yang dimulai dengan menempelnya konidia pada kutikula, mulut, dan trakea serangga. Konidia akan berkecambah membentuk tabung-tabung kecambah dan apresorium. Apresorium mulai dibentuk untuk menembus epikutikula, berlangsung secara mekanis / kimia dengan bantuan enzim dan toksin. Tahap keempat ialah destruksi atau proses mematikan serangga dimana terbentuknya

hifa yang menembus epidermis hingga mencapai pembuluh heamolimpha kemudian menyerang jaringan lainnya (Prayogo *et al.*, 2005).

Faktor lain yang menyebabkan mortalitas larva *T. molitor* adalah kerapatan dan viabilitas jamur. Jamur entomopatogen dari filoplan daun padi memiliki kerapatan dan viabilitas konidia yang berbeda-beda. Menurut Susilawati (2015) perkecambahan yang tinggi (viabilitas) akan menyebabkan proses infeksi dan kematian yang cepat pada serangga inang. Semakin tinggi kerapatan konidia yang diinfeksi, maka semakin tinggi peluang kontak antara patogen dengan inang (Rustama *et al.*, 2008). Genus jamur *Rhizopus* ialah jamur oportunistis yang mampu menginfeksi larva yang sedang lemah atau terluka.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

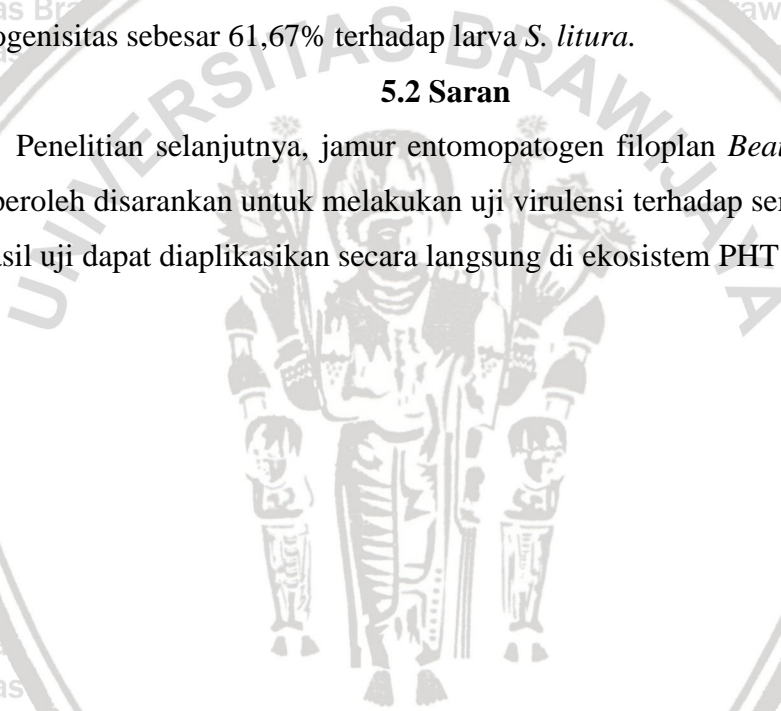
5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Di ekosistem PHT Kendal terdapat dua isolat jamur entomopatogen filoplan yaitu *Rhizopus* sp. (PK8) dan *Beauveria* sp. (PK4).
2. Nilai indeks keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan padi PHT Kendal ialah 2,00, nilai termasuk kategori keanekaragaman sedang.
3. Pengujian patogenisitas, jamur *Beauveria* sp. (PK4) memiliki kemampuan patogenisitas sebesar 61,67% terhadap larva *S. litura*.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya, jamur entomopatogen filoplan *Beauveria* sp. (PK4) yang diperoleh disarankan untuk melakukan uji virulensi terhadap serangga hama dan isolat hasil uji dapat diaplikasikan secara langsung di ekosistem PHT Kendal.



DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W. S. 1987. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 3 (2): 302-303
- Ahmad, R. Z. 2008. Pemanfaatan Cendawan untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kesehatan Ternak. *J Litbang Pert* 27 (3): 86
- Afandhi, A., W. A. Aluf, B. Prasetya. 2019. Evaluation of the Lowland Rice Sustainability Based on the Dimensions of Biological Control in Besar Village, Lamongan District. *The Indonesian Green Technology Journal*. E-ISSN. 2338-1787
- Afandhi, A., dan S.R.C. Syamsidi. 2010. The Protectant Potential of a Gamblong Flour to Enhance Efficacy of *Beauveria bassiana* Fungi Used as a Foliar Treatment against *Spodoptera litura*. *The 8th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology*.
- Afandhi, A., S.R.C. Syamsidi, S.M. Mimbar, dan B. Wiroatmodjo. 2012. Isolation and Phenotypic Characterization of Morphology in Fungus *Beauveria Bassiana* (Balsamo) Vuillemin Colony Naturally from Leaf Surface, Soil, and Insect As Host in Tomato Plantation. *Agrivita*. 34 (3): 303-310
- Alvarez-Perez, S., A. Mateos, L. Dominguez, E. Martinez-Nevado, J.L. Blanco, M.E. Garcia. 2010. Polyclonal *Aspergillus fumigatus* infection in captive penguins. *Veterinary Microbiology* 144(3): 444-449. Carroll, G.C. & P. Tudzynski. 1997. *The Mycota, Vol. V: Plant Relationship, Part A*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg & New York.
- Arifin, M., dan A. Iqbal. 1993. Arah, Strategi dan Program Penelitian Biodiversitas Dan Interaksi Komponen Ekosistem Pertanian Tanaman Pangan Sebagai Unsur Dasarpengelolaan Hama Secara Alamiah. Seminar Hama Tanaman, 4-7 Maret 1993 di Sukarami. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Pangan Sukarami.
- Amaria, W., Taufiq, E., dan Harni, R. 2013. Seleksi dan Identifikasi Jamur Antagonis Sebagai Agens Hayati Jamur Akar Putih (*Rigidoporus microporus*) pada tanaman karet. *Buletin RISTRI* 4 (1):1-8.
- Asi MR, MH. Bashir, M. Afzal, K. Zia, M. Akram. 2013. Potential of Entomopathogenic Fungi for Biocontrol of *Spodoptera litura Fabricius* (Lepidoptera: Noctuidae). *The Journal of Animal & Plant Sciences* 23(3): 913-918.
- Barnett, H. L., dan Hunter, B. B., 1998. *Illustrated General of Imperfect Fungi Fourth Edition*. Minnesota: The American Phytopathological Society.
- 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. Tesis Magister, Iowa State University, Amerika Serikat.
- Craine, J.M., Ocheltree, T.W., Nippert, J.B., Towne, E.G., Skibbe, A.M., Kembel, S.W., Fargione, J.E. 2013. Global Diversity of Drought Tolerance and Grassland Climate-Change Resilience. *Nature Climate Change*, 3: 63-67.
- Dar, S.A., Bashir A.R., and Ajaz A.K. 2017. Insect Pest Management by Entomopathogenic Fungi. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5 (3): 1185-1190.
- Delate, K. 2003. *Fundamentals of Organic Agriculture*. Iowa State University. 14 pp
- Effendy T.A., Robby S, Abdullah S dan Abdul M. 2010. Jamur Entomopatogen Asal Tanah Lebak Sumatera Selatan dan Potensinya sebagai Agens Hayati Walang Sangit (*Leptocorisa oratorius* F.). *Jurnal HPT Tropika*. 10 (2): 154-161.
- Gandjar, I., A.S. Robert, T.V. Karin, Ariyanti O., and Iman S. 1999. *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Gandjar I., S. Wellyzar dan O. Ariyanti. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Hasnah, Susanna, Sably H. 2012. Keefektifan jamur *Bauveria bassiana* Vuill terhadap mortalitas kepik hijau *Nezara viridula* L. pada stadia nimfa dan imago. *J Floratek* 7(1): 13-24.
- Herawati, N.K., Hendrani, J., Nugraheni. S., 2014. Viabilitas Pertanian Organik dibandingkan dengan Pertanian PHT. *Research Report. Humanities and Sosial Science*. 2:1-24
- Herlinda S., Muhammad D.U., Yulia P dan Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria bassiana* (Bals.) Akibat Subkultur dan Pengayaan Media serta Virulensinya terhadap Larva *Plutella xylostella* (Linn.). *Jurusan HPT Tropika*. 6 (2) : 70-78.
- IFOAM. 2008. *The World of Organic Agriculture – Statistics & Emerging Trends* 2008. [http://www.soel.de/fachtheraaii_downloads/s_74_1 O.pdf](http://www.soel.de/fachtheraaii_downloads/s_74_1_O.pdf). diakses pada tanggal 26 juni 2016.
- Inglis G.D, Goettel MS, Butt TM, Strasser H, 2001. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: Butt TM, Jackson C, Magan N (eds), *Fungi As Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential*. CABI Publishing, Wallingford. 23–69.
- Irwan. 2016. Potensi Bioinsektisida Formulasi Cair Berbahan Aktif *Beauveria bassiana* (BALS.) Vuill Dan *Metharizium sp.* Untuk Mengendalikan Wereng Coklat Pada Tanaman Padi. Universitas Tadulako.

- Klingen, I. and Eilenberg, J. and Meadow, R. 2002. "Effects of farming system, field margins and bait insect on the occurrence of insect pathogenic fungi in soils". In *Journal Agriculture, Ecosystems and Environment* 91: 191-198.
- Koestoni, T.M. (1985). Analisis Probit. Kelompok Peneliti Hama Lembang. Balai Penelitian Hortikultura.
- Ladja, F. T., 2009. Pengaruh Jamur Entomopatogen *Verticillium lecanii* dan *Beauveria bassiana* Terhadap Kemampuan *Nephotettix virescens* Distant (Hemiptera: Cicadellidae) dalam Menularkan Virus Tungro. Tesis Magister, Institut Pertanian, Bogor.
- Levetin E. and K. Dorsey. 2006. Contribution of Leaf Surface Jamur to The Air Spora. *Aerobiologia* 22:3-12.
- Ludwiq, J.A., and J. F. Reynolds, 1988. *Statistical Ecology a Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons, New York.
- Magurran, A. E. 1998. *Ecological Diversity and It's Measurement*. Princeton Univesity Press. New Jersey: Princeton University Press.
- Mattjik AA, Sumertajaya M. 2006. Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Mendgen, K. & H. Deising. 1993. Infection structures of fungal plant pathogens – a cytological and physiological evaluation. *New Phytol.* 124: 193-213.
- Meyling, N., Jorgen, E. 2006. Isolation and Characterisation of *Beauveria bassiana* Isolates from *Phylloplanes* of Hedgerow Vegetation. *Mycological Research* 110. 188-195.
- Miranti, A.K., Rukmi, M.G.I. dan Suprihadi, A. 2015. Diversitas Jamur Seresah Daun Tolok (*Muntingia calabura* L.) di Kawasan Desa Sukolilo Barat, Kecamatan Labang, Kabupaten Bangkalan, Madura. *Bioma*. 16 (2): 58-64.
- Moraga, E.Q., A.N.C. Juan, A.A.M. Elizabeth, O.U. Almudena, S.A. Ca'ndido. 2007. Factors Affecting The Occurrence and Distribution of Entomopathogenic Jamur in Natural and Cultivated Soils. *J Mycological Research* 3: 947-966.
- 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.
- Noerfitryani. 2018. Inventarisasi Jenis-Jenis Cendawan Pada Rizosfer Pertanian Padi. Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Nugraheni, E. S. 2010. Karakterisasi Biologi Isolat – Isolat *Fusarium* sp. pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Asal Boyolali. Universitas Sebelas Maret Press. Surakarta.
- Permadi, M. A., Lubis, R. A., dan Siregar, I. K. 2019. Studi Keanekaragaman Cendawan Entomopatogen dari Berbagai Rizosfer Tanaman Hortikultura di

Kota Padangsidimpuan. EKSAKTA : Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA. 4(1): 1-9.

Prabakaran, M., Merinal, S. And Panneerselvam, A. 2011. Investigation of Phylloplane mycoflora from some medicinal plants. *European Journal of Experimental Biology*, vol 1 nomor 2, pp. 219-225.

Prayogo Y. Wedanimbi, T dan Marwoto. 2005. Prospek cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* pada kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*. 24(1): 19-26.

Prayogo, Y. 2006. "Upaya Mempertahankan Keefektifan Jamur Entomopatogen untuk Mengendalikan Hama Tanaman Pangan". Dalam *Jurnal Litbang Pertanian* 25 (2): 47-54.

Raden, M.S., R. Thalib, dan Suprpti. 2000. Pengaruh Pemberian *Beauveria bassiana* Vuill terhadap Kematian dan Perkembangan Larva *Spodoptera litura* Di Rumah Kaca. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. Vol.1, No.1:7- 10 (2000). ISSN 1411-7525.

Ratih, D.H dan Rohani, C.B.G. 2007. Metode Analisis Biologi Tanah. Balai Besar Litbang Sumberdaya Ekosistem Pertanian. Bogor. Jawa Barat. Hal: 13-22.

Risbianti, E. N. dan Afandhi, A. dan Rachmawati, R., 2015. Isolasi Jamur entomopatogen dari Tanah Gambut dengan Pola Tanam Sawi Jagung dan Sawi di Kalimantan Tengah serta Uji Virulensi terhadap *Plutella xylostella* Linnaeus (Lepidoptera: Plutellidae) di Laboratorium. Skripsi Sarjana, Fakultas Pertanian jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Universitas Brawijaya, Malang.

Ristiati, Dra. Ni. Pt. 2000. Pengantar Mikrobiologi Umum Proyek Pengembangan Guru Sekolah Menengah.

Riupassa, P. A., Suwanto, A., dan Tjahjoleksono, A. 2005. Kelimpahan Bakteri Filosfer pada Beberapa Sayuran Lalaban. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, September 2005, hal. 96-98.

Rose, N. S. H. 2017. Keanekaragaman Genus Jamur Entomopatogen Pada Rizosfer Padi Sawah Dengan Penerapan Hama terpadu (PHT) Di Kasembon Malang. Tesis Magister. Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan Pembangunan (PSLP). Universitas Brawijaya.

Rustama, M. M., Melanie., B. Irawan. 2008. Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* terhadap *Crociodolomia pavonana* fab. dalam Kegiatan Studi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Kubis dengan Menggunakan Agensia Hayati. Laporan Akhir Penelitian Peneliti Muda UNPAD Sumber Dana DIPA UNPAD. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Padjadjaran.

Sevim, A.I. Demir, E. Sonmez, S. Kocacevik, Z. Demirbag. 2013. Evaluation of Entomopathogenic Fungi Against the Sycamore Lace Bug, *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*.

- Shahid, A.A., A.Q Rao., A. Bakshs dan T. Husnain. 2012. Entomopathogenic Fungi as Biological Controllers: New Insight into their Virulence and Pathogenicity. *Arc. Biol. Sci., Balgrade.* 6 (1): 21-42.
- Singh, S., M.K. Borah, D.K. Sharma. 2009. Aspergillosis in turkey poults. *Indian Journal of Veterinary Pathology* 33(2): 220–221.
- Sun, B. D dan Liu, X. Z. 2008. Occurrence and Diversity of Insect Associated Jamur in Natural Soil in China. *Elsivier: Applied Soil Ecology.* 30 (2008): 100-108.
- Susilawati. 2015. Sporulasi dan viabilitas konidia cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin di berbagai media tumbuh [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Talanca, A.H. 2005. Bioekologi Cendawan *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Prosiding Seminar Nasional Jagung.* Hlm 482–487.
- Tanzil, A. I. dan Muhibuddin, A. dan Djauhari, S., 2014. Eksplorasi Keanekaragaman Jamur Tanah pada Rizosfer Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) di Ekosistem Endemis dan Non Endemis serta Potensi Antagonisnya terhadap Patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Penyebab Layu Fusarium Tomat. Skripsi Sarjana, Fakultas Pertanian jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Brawijaya, Malang.
- Thungrabeab, M., P. Blaeser., C. Sengonca. 2006. Possibilities for Biocontrol of The Onion thrips Thrips tabaci Lindeman (*Thysanoptera: Thripitidae*) using Difference Entomopathogenic from Thailand. *Mitt. Dtach. Ges Allg. Angew. Entomology* 15.
- Trizelia. 2005. Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana*: Keragaman Genetik, Karakterisasi Fisiologi dan Virulensinya Terhadap *Crocidolomia pavonana*. Disertasi Doktor, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Trizelia, Reflinaldon & Shinta H.C, Samer. 2010. Keanekaragaman Jamur Entomopatogen pada Rizosfir Ekosistem Cabai Dataran Tinggi dan Dataran Rendah di Sumatera Barat. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis Padang. 25163: Padang.
- Untung, K. 2006. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu. Edisi Kedua. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Untung, K. 2010. Diktat Dasar-dasar Ilmu Hama Tanaman. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Waluyo, L. 2005. Mikrobiologi Lingkungan. Universitas Muhammadiyah Malang Press. Malang, 381 hlm.
- Watanabe T. 2002. Pictorial Atlas of Soil and Seed Jamur. Ed ke-2. Florida: CSC Press.
- Widyati, E. 2013. Pentingnya Keanekaragaman Fungsional Organisme Tanah terhadap Produktivitas Ekosistem. *Tekno Hutan Tanaman.* 6 (1): 29-39.

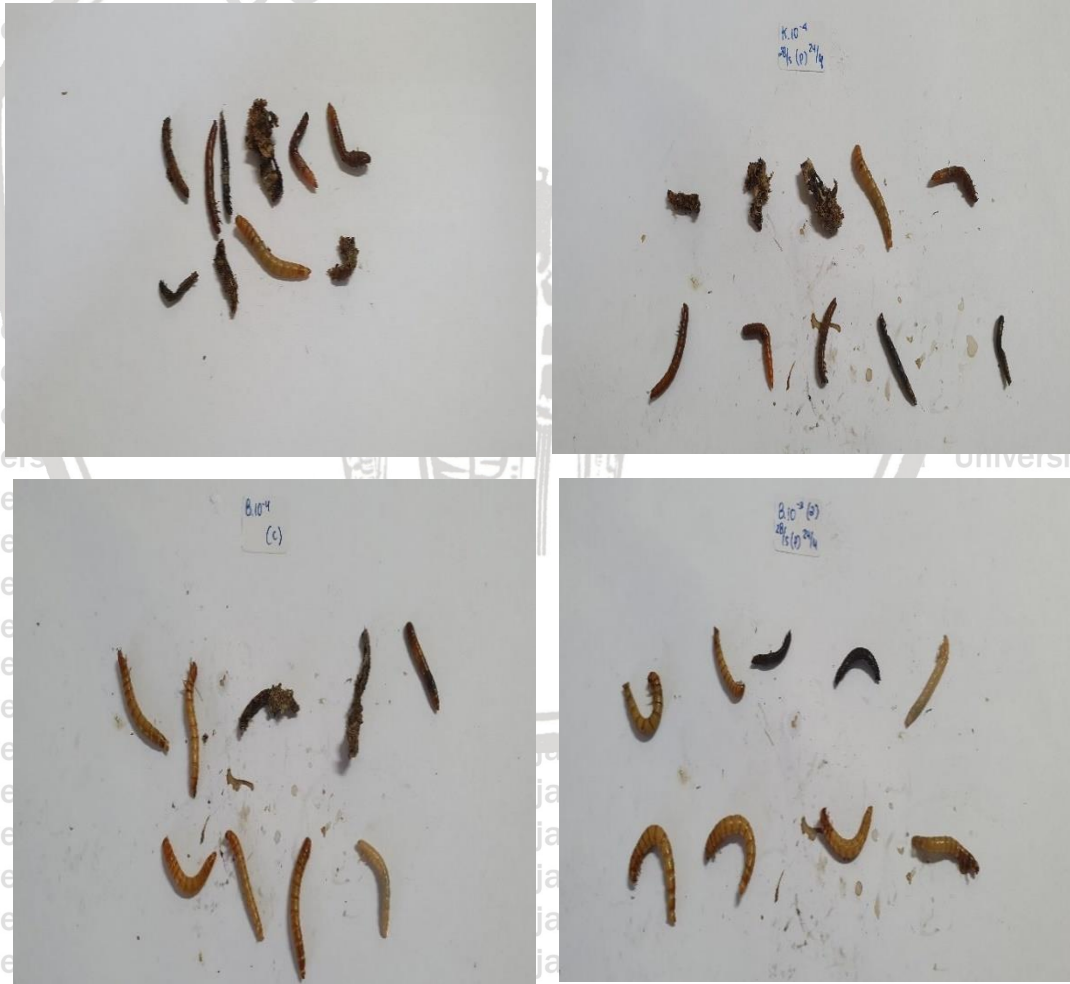
Yusuf, S., Pangestiningih, Y., Oemry, S. 2013. Uji Efektifitas Entomopatogen Pada Imago Penggerek Buah Kakao *Conopomorpha cramerella* Snellen (Lepidoptera: Gracillariidae) Di LABORATORIUM. Fakultas Pertanian USU. Universitas Sumatera Utara.



LAMPIRAN



Lampiran 1. Ekosistem Desa Kendal



Lampiran 2. Hasil uji postulat koch pada larva *T. molitor*





Lampiran 3. Hasil uji patogenisitas *Beauveria sp.* pada larva *S.litura*

Source of variation	Type III sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Corrected model	3674,510 ^a	16	229,657	3,166	0,002
Intercept	51458,825	1	51458,824	709,297	0,000
Jamur	3674,510	16	229,657	3,166	0,002
Error	2466,667	34	72,549		
Total	57600,000	51			
Corrected total	6141,176	50			

Lampiran 4. Analisis ragam persentase mortalitas *T. molitor*



DAFTAR ISTILAH

Agens hayati	:Setiap organisme yang meliputi spesies, sub spesies, atau varietas dari semua jenis serangga, nematode, protozoa, jamur, bakteri, virus, mikoplasma, serta organisme lain yang dalam semua tahap perkembangannya dapat dipergunakan untuk keperluan pengendalian OPT dalam proses produksi, pengoekosistem hasil pertanian dan berbagai keperluan lainnya
Analisis	:Penguraian suatu pokok atas berbagai bagiannya dan penelaahan bagian itu sendiri serta hubungan antar bagian untuk memperoleh pengertian yang tepat dan pemahaman arti keseluruhan
Ekosistem	:Suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya.
Elevasi	:Ketinggian suatu tempat terhadap daerah sekitarnya; sudut tinggi dari suatu benda
Entomopatogen	:Jamur yang bersifat patogen dan menyebabkan kematian pada serangga hama dengan persentase mortalitas 100%
Fialid	:Cabang hifa
Filoplan	:Golongan mikroorganisme yang hidup pada permukaan daun
Genus	:Salah satu bentuk pengelompokan dalam klasifikasi makhluk hidup yang secara hierarki tingkatnya di atas spesies, tetapi lebih rendah daripada familia
Hialin	:Transparan atau tidak berwarna
Hifa	:Struktur jamur berbentuk seperti tabung yang memanjang

Hipotesis : Sesuatu yang dianggap benar untuk alasan atau pengutaraan pendapat (teori, proposisi, dan sebagainya) meskipun kebenarannya masih harus dibuktikan; anggapan dasar

Identifikasi : Penentuan atau penetapan identitas

Inkubasi : Penjaga biakan dalam kondisi yang menguntungkan bagi pertumbuhan

Isolasi : Pemisahan dua atau lebih populasi sehingga mereka tidak dapat saling mengawini; memisahkan mikroorganisme dari campurannya

Isolat : Biakan murni pertama yang dibuat dari sumber segar aslinya

Jamur : Cendawan yang tergolong Agaricales, memiliki daging buah, berukuran makroskopis, dapat dipegang dan dipetik

Jenis : Satuan dasar klasifikasi biologi, terdiri atas gabungan populasi yang diperkirakan dapat saling mengawini dengan bebas dan dapat dikenal cirinya secara morfologi

Indeks Keanekaragaman Jamur : Indeks yang biasa digunakan untuk menilai tingkat keanekaragaman jenis (tumbuhan atau hewan) di suatu tempat

Keanekaragaman hayati : Keseluruhan keanekaragaman makhluk yang diperlihatkan suatu daerah mulai dari keanekaragaman genetika, jenis, dan ekosistemnya, ukuran dari kesehatan ekosistem.

Kelimpahan spesies : Jumlah individu dari tiap spesies

Keanekaragaman : Gabungan antara kekayaan jenis dan pemerataan dalam satu nilai tunggal, kumpulan seluruh penghuni biosfer yang berhubungan antara satu dengan yang lainnya dan saling mempengaruhi

Koloni	:Sekumpulan mikroorganisme atau sel hidup
Kolumela	:Jaringan yang tidak mengambil bagian dalam pembentukan spora
Konidia	:Spora yang dihasilkan dengan jalan membentuk sekat melintang pada ujung hifa atau dengan diferensiasi hingga terbentuk banyak konidia
Konidiofor	:Hifa terspesialisasi yang menghasilkan spora aseksual yang disebut konidia
Konsentrasi	:Persentase kandungan bahan di dalam satu larutan
Konsentris	:Memiliki pusat yang sama
Kosmopolitan	:Pesebaran yang luas
Makroskopis	:Suatu objek yang dapat dilihat tanpa bantuan mikroskop
Media	:Substansi hara yang digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme
Miselial	:Kumpulan hifa pada jamur yang berfungsi untuk menyerap bahan makanan (organik) dari lingkungan tempat hidup jamur; anyaman hifa yang membentuk talus jamur
Morfologi	:Ilmu yang mempelajari tentang bentuk organisme, terutama hewan dan tumbuhan yang mencakup bagian-bagiannya
Mortalitas	:ukuran jumlah kematian pada suatu populasi
Patogen oportunistik	:Jamur yang mampu menginfeksi serangga apabila tubuh serangga lemah dengan mortalitas 1-90%
Pengendalian Hayati	:Penggunaan musuh alami (pemangsa, parasitoid, dan patogen) untuk mengendalikan populasi hama.
Purifikasi	:Proses pemisahan mikroorganisme yang diinginkan dari populasi campuran ke media biakan (buatan) untuk mendapatkan kultur murni

Rizosfer	:Selapis tanah yang menyelimuti rizoplane yang masih dipengaruhi oleh aktivitas akar dan merupakan habitat yang sangat baik bagi pertumbuhan mikroba oleh karena akar tanaman menyediakan berbagai bahan organik yang umumnya menstimulir pertumbuhan mikroba
Spesies	:Sekelompok individu yang mempunyai karakteristik yang berbeda dari kelompok lain. Karakteristik tersebut bisa dilihat dari fisiologi, morfologi atau biokimia
Spora	:Alat perkembangbiakan yang terdiri atas satu atau beberapa sel yang dihasilkan dengan cara seksual atau aseksual oleh jamur dan tumbuhan rendah
Steril	:tidak terkontaminasi mikroorganisme lain
Sterilisasi	:Perlakuan untuk menjadikan suatu bahan atau benda bebas dari mikroorganisme dengan cara pemanasan, penyinaran, atau dengan zat kimia untuk mematikan mikroorganisme hidup maupun spora
Viabilitas	:Kemampuan Jamur untuk bertahan hidup



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jamur entomopatogen ialah kelompok jamur yang menginfeksi dan dapat menyebabkan penyakit pada serangga hama. Jamur ini bersifat kosmopolitan dan dapat menginfeksi banyak spesies serangga hama. Jamur entomopatogen tersebar pada bagian tanah (rizosfer), bagian tanaman (akar, batang dan daun), serta serangga yang terinfeksi. Selama ini, jamur entomopatogen yang berasal dari tanah (rizosfer) lebih banyak dikaji dibandingkan dengan bagian lain (Sun dan Liu, 2008), salah satunya ialah daun. Padahal, jamur entomopatogen yang berasal dari daun berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut karena banyaknya serangga hama yang menyerang daun.

Hama daun dapat terinfeksi oleh konidia jamur entomopatogen yang bergerak di udara, menempel pada permukaan daun. Jamur entomopatogen filoplan tanaman lebih efektif dibandingkan rizosfer: Konidia di filoplan kontak secara langsung pada serangga hama yang menyerang daun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Chusnul (2016) bahwa *S. litura* dapat dikendalikan dengan menggunakan jamur entomopatogen dari permukaan daun yaitu *Lecanicillium* sp. dengan persentase sebesar 58,3 %.

Kecamatan sekaran, Kabupaten lamongan, Jawa timur merupakan agroekosistem ber-PHT. Desa Kendal ber PHT sejak tahun 2019. Sawah ialah pusat produksi beras, berfungsi untuk memastikan keamanan pangan dan kesehatan masyarakat, terutama di Lamongan, Jawa Timur. Sejak 2019, produktivitas beras di Desa Kendal telah meningkat. Produksi padi sawah di Kendal mencapai 8,3 ton /ha.

Di ekosistem tanaman padi menunjukkan perbedaan keanekaragaman jamur entomopatogen rizosfer padi antara ekosistem PHT dan ekosistem PHT (Noerfitryani, 2018). Eksplorasi dalam penelitian ini, untuk mengetahui keanekaragaman jamur filoplan yang berpotensi sebagai entomopatogen dari tanaman padi di ekosistem PHT dan PHT. *S. litura* menyerang lebih dari 200 spesies tanaman di antaranya cabai, kubis, padi, jagung, tomat, buncis, tembakau, terung, kentang, kacang tanah dan kacang kedelai (Raden, 2016).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi jamur entomopatogen filoplan padi pada ekosistem yang menerapkan PHT di Desa Kendal, Kecamatan Sekaran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur.
2. Menguji patogenisitas jenis jamur serangga terhadap larva *S. litura*

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini ialah memberikan informasi tentang isolat jamur entomopatogen filoplan tanaman padi pada ekosistem PHT Kendal.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Padi

Ekosistem ialah suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekosistem pengendalian hama terpadu (PHT) merupakan sebuah instrumen penting bagi mendorong peningkatan produktivitas hasil pertanian, berperan dalam pelestarian lingkungan dan manajemen produksi holistik yang meningkatkan kesehatan agroekosistem seperti siklus biologi, aktivitas biologi tanah dan keanekaragaman hayati (Morgera *et al.*, 2012). Ekosistem pengendalian hama terpadu merupakan sistem pendekatan dimana terjadi interaksi antara komponen (tanaman, serangga, tanah dan hewan) yang sama pentingnya dengan seluruh pertanian itu sendiri (Delate, 2003). PHT memperhatikan empat prinsip penerapan (Sari, 2016) yaitu, budidaya tanaman sehat, pelestarian dan pemanfaatan musuh alami, pengamatan hama dan musuh alami secara teratur dan petani berkemampuan melaksanakan dan ahli PHT.

Pertanian konvensional Menurut (Herawati *et al.*, 2014) ialah sistem pertanian yang berorientasi pada hasil produksi tinggi yang bergantung pada penggunaan pupuk dan pestisida kimia. Perlakuan terhadap ekosistem melalui penggunaan pupuk kimia, pestisida dan peralatan berat mengakibatkan ekosistem menjadi miskin organisme hidup dan biodiversitas. Menurut Kuswandi (2012), dampak dari sistem pertanian konvensional, yaitu: meningkatkan degradasi ekosistem, berkurangnya keanekaragaman hayati, meningkatkan residu penyakit dan menimbulkan gangguan kesehatan masyarakat sebagai akibat dari pencemaran lingkungan. Pertanian konvensional juga dapat mempengaruhi keanekaragaman jamur entomopatogen. Penerapan teknik budidaya konvensional pada suatu ekosistem dapat menurunkan tingkat keanekaragaman jamur entomopatogen, karena lingkungan yang ada pada pertanian konvensional tidak mendukung untuk pertumbuhan dan perkembangan jamur entomopatogen melalui penggunaan pupuk kimia dan pestisida yang sangat intensif. Herlinda (2014) juga menambahkan bahwa selain menggunakan lebih banyak energi, pertanian konvensional juga merupakan kontributor terhadap perubahan iklim

2.2 Keanekaragaman Jamur

Keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan dihitung dengan menggunakan Indeks *Shannon-Wiener*. Konsep ini merupakan konsep keanekaragaman yang relatif paling dikenal dan banyak digunakan (Magurran, 1998). Indeks keanekaragaman dapat digunakan untuk menyatakan hubungan kelimpahan spesies dalam komunitas. Keanekaragaman terdiri dari 2 komponen yakni jumlah total spesies dan kemiripan (data kelimpahan tersebar diantara banyak spesies itu).

Keanekaragaman spesies terdiri dari 2 komponen;

- Jumlah spesies dalam komunitas yang sering disebut kekayaan spesies
- Kemiripan spesies. Kemiripan menunjukkan bagaimana kelimpahan spesies itu (yaitu jumlah individu, biomass, penutup tanah, dan sebagainya) tersebar antara banyak spesies itu.

Contohnya : pada suatu komunitas terdiri dari 10 spesies, jika 90% ialah 1 spesies dan 10% ialah 9 jenis yang tersebar, kemiripan disebut rendah. Sebaliknya jika masing-masing spesies jumlahnya 10%, kemiripannya maksimum. Beberapa tahun kemudian muncul penggolongan indeks atas indeks kekayaan dan indeks kemiripan. Setelah itu digabungkan menjadi Indeks Keanekaragaman dengan variabel yang menggolongkan struktur komunitas:

- 1) Jumlah spesies
- 2) Kelimpahan relatif spesies (kemiripan)
- 3) Homogenitas dan ukuran dari area sampel.

Kekayaan spesies dan kesamaannya dalam suatu nilai tunggal digambarkan dengan Indeks Diversitas. Indeks diversitas mungkin hasil dari kombinasi kekayaan dan kesamaan spesies. Ada nilai indeks diversitas yang sama didapat dari komunitas dengan kekayaan yang rendah dan tinggi kesamaan kalau suatu komunitas yang sama didapat dari komunitas dengan kekayaan tinggi dan kesamaan rendah. Jika hanya memberikan nilai indeks diversitas, tidak mungkin untuk mengatakan apa pentingnya relatif kekayaan dan kesamaan spesies.

Kestabilan suatu jenis juga dipengaruhi oleh tingkat keanekaragamannya, semakin tinggi nilai H' , maka keanekaragaman jenis dalam komunitas tersebut semakin stabil (Rose, 2017). Pupuk organik dapat memicu jaringan tanaman

membusuk sebagai substrat untuk miselium EPF (*Entomopathogenic fungi*) dan akibatnya meningkatkan kelimpahan potensi host yang tersedia untuk EPF (Clifton *et al.*, 2015). Percobaan di rumah kaca dengan aplikasi fungisida dan herbisida tidak menunjukkan secara signifikan efek pada EPF. Meskipun lahan organik dianggap lingkungan yang lebih cocok untuk EPF, faktor biotik dan praktek tanam seperti persiapan lahan memiliki dampak yang lebih besar terhadap kelimpahan EPF (Clifton *et al.*, 2015).

Komunitas patogen serangga jamur tanah mungkin berubah selama masa transisi ke pertanian organik (Jabbour dan Barbercheck, 2009 dalam Meyling *et al.*, 2011). Klingen *et al.*, (2002) dalam Meyling *et al.*, (2011) menyatakan bahwa EPF lebih besar pada tanah pertanian organik dibandingkan pertanian konvensional di Norwegia. Lahan organik lebih cocok untuk EPF karena aplikasi bahan kimia yang rendah dan penggunaan pupuk organik yang tinggi. Pada tahun 2011 untuk total kelimpahan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* lebih tinggi pada lahan organik dibandingkan konvensional (Clifton *et al.*, 2015).

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. Keanekaragaman merupakan suatu karakteristik tingkatan komunitas berdasarkan organisasi biologisnya yang dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitasnya (Soegianto, 1994). Konsep tersebut dapat digunakan untuk mengukur kemampuan suatu komunitas pada suatu habitat dalam menyeimbangkan komponennya dari berbagai gangguan yang timbul (Rose, 2017). Suatu jenis yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi mempunyai peluang yang lebih besar untuk mempertahankan kelestarian jenisnya (Rose, 2017).

2.3 Jamur Entomopatogen

Jamur entomopatogen ialah kelompok jamur yang menginfeksi dan dapat menyebabkan penyakit pada serangga hama (Untung, 2006). Jamur entomopatogen merupakan mikroorganisme yang dapat digunakan sebagai agens pengendali hayati. Jamur entomopatogen sebagai agens hayati memiliki keunggulan yaitu memiliki spesifik inang yang lebih tinggi, pengurangan bahaya dan

ketidakmampuan serangga untuk mengembangkan resistensi. Dibandingkan dengan penggunaan pestisida kimia, penggunaan jamur entomopatogen lebih ramah lingkungan untuk mengendalikan hama. Jamur entomopatogen sebagian besar berasal dari famili Zygomycotina, Ascomycotina, Basidiomycotina dan Deuteromycotina (Dar *et al.*, 2017).

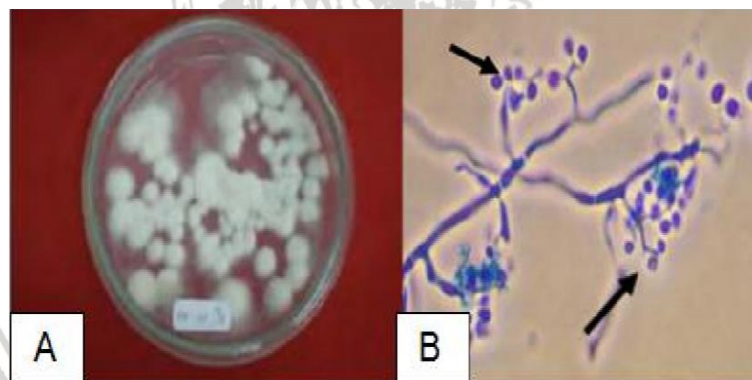
Jamur entomopatogen menginfeksi serangga secara langsung dengan masuk ke dalam tubuh serangga melalui kulit atau integumen. Konidia jamur masuk ke dalam tubuh serangga dan akan memperbanyak diri melalui pembentukan hifa dalam jaringan epikultikula, epidermis, *hemocoel* dan jaringan-jaringan lainnya, sehingga tubuh serangga dipenuhi miselia jamur. Selain itu, beberapa jamur entomopatogen juga mempengaruhi pigmentasi serangga dan menghasilkan toksin yang mempengaruhi fisiologi serangga. Proses perkembangan jamur dalam tubuh serangga inang sampai inang mati berjalan sekitar 7 hari. Setelah inang mati, jamur membentuk konidia primer dan sekunder yang keluar dari kutikula serangga. Konidia tersebut menyebarkan spora melalui angin, hujan dan air. Beberapa jenis jamur dapat mempengaruhi pigmentasi serangga dan menghasilkan toksin yang mempengaruhi fisiologi serangga. Pengaruh infeksi jamur terhadap pembentukan pigmen, larva atau instar serangga yang terserang jamur memperlihatkan perubahan warna (Untung, 2006).

Jamur yang menginfeksi serangga dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu, jamur patogen serangga, patogen oportunistik, patogen *secondary colonizer*. Jamur patogen serangga ialah jamur yang dapat menginfeksi dan menimbulkan kematian pada serangga. Patogen oportunistik ialah kelompok jamur yang memiliki karakteristik pertumbuhan cepat dan dapat mengakibatkan infeksi pada serangga yang lemah atau terluka. Contoh patogen oportunistik yaitu, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Mortierella*, *Mucor* dan *Penicillium*. *Secondary colonizer* ialah kelompok jamur yang tidak mengakibatkan kematian pada serangga atau memiliki patogenitas rendah terhadap serangga. Patogen oportunistik maupun *secondary colonizer* memiliki peran penting dalam memediasi interaksi serangga dengan patogen (Sun dan Liu, 2008).

Virulensi jamur entomopatogen melibatkan empat proses yaitu, penempelan, perkecambahan, diferensiasi dan penetrasi. Setiap langkah

dipengaruhi oleh berbagai faktor internal dan eksternal yang menentukan patogenisitas. Infeksi berhasil dicapai jika konidia atau spora jamur menempel pada serangga inang. Penempelan konidia ke inang biasanya dicapai melalui sekresi lendir (Shahid *et al.*, 2012). Jamur entomopatogen yang telah banyak digunakan untuk pengendalian serangga hama secara hayati ialah *Metarhizium anisopliae* (Metch) (Prayogo *et al.*, 2005), *Beauveria bassiana* (Balsamo) (Trizelia, 2005), *Aspergillus sp.* (Nur, 2005).

***Beauveria bassiana*.** Jamur *B. bassiana* ialah jamur entomopatogen dalam ordo Hypocreales, famili Cordycipitaceae yang mempunyai hifa bersekat, tetapi beberapa ada juga yang berbentuk sel tunggal dan membentuk pseudomiselium jika lingkungan menguntungkan. Secara morfologis jamur *B. bassiana* berwarna putih, sehingga sering disebut dengan *White Muscardine*. Miselium jamur *B. bassiana* berwarna putih dan bersekat. Didalam tubuh serangga yang terinfeksi jamur *B. bassiana* terdiri atas banyak sel, dengan diameter 4 μm , sedang diluar tubuh serangga ukurannya lebih kecil, yaitu 2 μm . Hifa fertil terdapat pada cabang, tersusun melingkar dan biasanya menebal atau menggelembung.

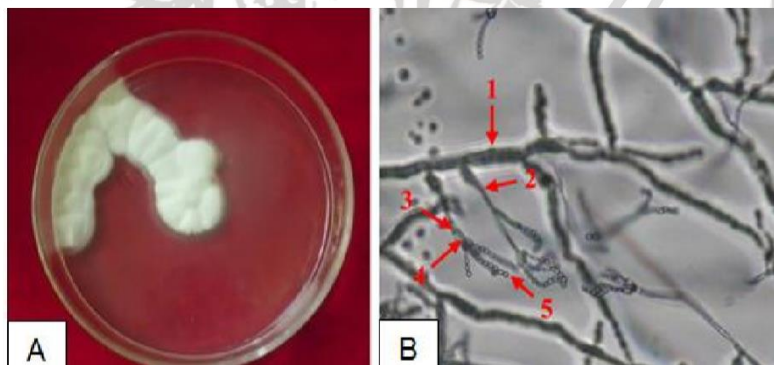


Gambar 1. *Beauveria bassiana*. A. Koloni jamur *B. bassiana* pada media PDA; B. Bentuk konidia dan konidiofor *B. bassiana* (Ladja, 2009).

Penicillium sp. karakteristik makroskopis *Penicillium sp.* yaitu miselia berwarna putih dan pada bagian permukaan belakang koloni berwarna kuning serta terlihat keriput. Miselia bertekstur licin, halus, tebal dan rapat. Koloni berbentuk menggunung dengan elevasi cembung, memusat dan membulat serta tidak terdapat lingkaran konsentris (Risbianti, 2015). Mikroskopis *Penicillium sp.* yaitu konidiofor berbentuk tegak ramping, bercabang dan tidak bersekat. Fialid

berukuran 3,31 x 8,94 μm . Metula berukuran 2,70 x 7,79 μm tersusun pada ujung konidiofor dan membawa fialid yang berbentuk botol.

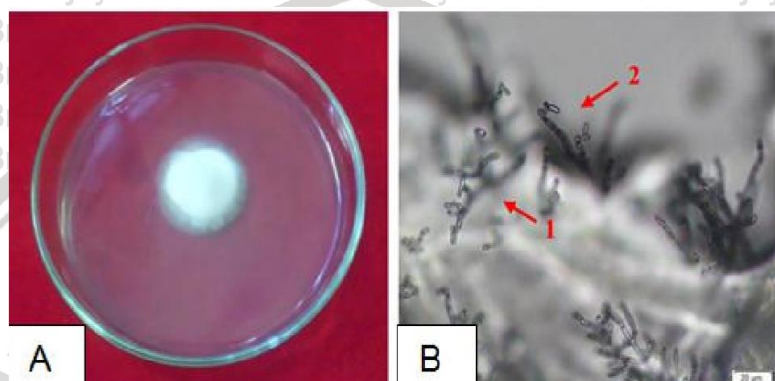
Konidia berbentuk bulat dan berwarna hialin. Konidia berukuran 2,70 x 2,81 μm tersusun berantai, namun tidak bercabang (Risbianti, 2015). Barnett dan Hunter (1998), yang menyatakan bahwa genus *Penicillium* memiliki konidiofor bercabang, konidia hialin atau berwarna cerah, bersel satu, sebagian besar berbentuk bulat atau bulat telur dan tersusun dalam rantai basipetal. Koloni *Penicillium* sp. biasanya berwarna hijau, terkadang putih, sebagian besar memiliki konidiofor. Konidiofor majemuk (synematus) atau tunggal (mononematus), terdiri dari batang tunggal yang membagi beberapa phialid (sederhana/monoverticillata). Semua sel diantara metula dan batang berpotensi menjadi cabang. Percabangan satu tingkat (biverticillata-simetris), percabangan dua tingkat (biverticillata asimetris/terverticillata), Percabangan tiga tingkat atau lebih tingkatan cabang (quaterverticillata).



Gambar 2. *Penicillium* sp. (GP-Pen). A. Biakan murni umur 7 hari pada media SDAY. B. Morfologi mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Metula, (4) Fialid, (5) Konidia (Risbianti, 2015).

***Metarhizium* sp.** Secara makroskopis karakteristik *Metarhizium* sp. yaitu koloni pada bagian tepi berwarna kuning dan tengah berwarna putih, Koloni pada saat tua berubah warna menjadi kuning dengan bercak-bercak hitam dan pada bagian permukaan belakang berwarna kuning. Miselia tersusun rapat, bertekstur kasar dan tipis. Koloni berbentuk memusat dan tidak terdapat lingkaran konsentris. Secara mikroskopis, tersusun dari sekumpulan hifa yang berwarna hialin. Konidiofor berbentuk tegak sederhana dan bercabang. Konidia berukuran 5,86 μm x 3,62 μm yang tersusun secara berantai namun tidak bercabang, berbentuk silindris

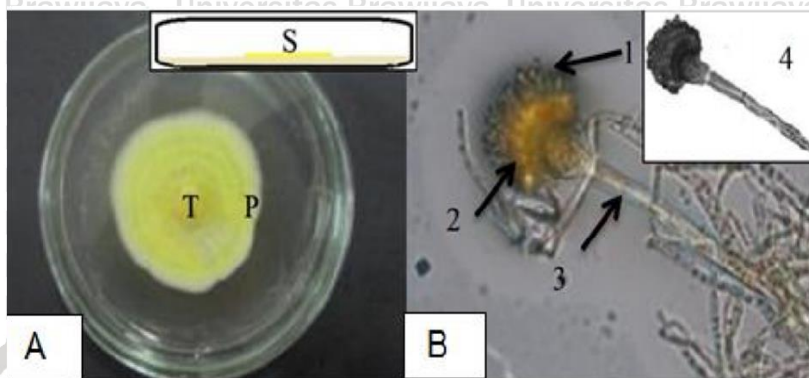
dan berwarna hialin (Risbianti, 2015). *Metarhizium* sp. mampu menginfeksi hama dengan cara penetrasi ke dalam tubuh serangga melalui integumen. *Metarhizium* sp. melakukan penetrasi ke tubuh serangga melalui kontak langsung antara propagul jamur dan tubuh serangga dan membentuk tabung kecambah. Mekanisme penetrasi dimulai dengan pertumbuhan spora pada kutikula. Kutikula serangga diuraikan oleh enzim yang dihasilkan oleh hifa, sehingga konidia jamur dapat masuk ke dalam tubuh serangga (Prayogo et.al, 2005).



Gambar 3. *Metarhizium* sp. A. Biakan murni umur 7 hari pada media SDAY. B. Morfologi mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Konidiofor, (2) Konidia (Risbianti, 2015).

***Aspergillus* sp.** Karakteristik makroskopis menunjukkan warna koloni saat muda putih kekuningan, ketika tua pada bagian tengah berwarna kuning, bagian tepi berwarna putih kekuningan dan memiliki warna dasar coklat kekuningan. Tipe persebaran berbentuk sebaran memusat, membulat dan konsetris tidak beraturan. Tekstur permukaan koloni agak halus, rapat dan tipis. Ukuran diameter saat berumur 7 hari sebesar 5,7 cm dan waktu memenuhi petri 13x24 jam. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa bersekat, berwarna kuning kecoklatan dan jarak antar sekat rapat. Konidiofor tidak bersekat, tidak bercabang, memiliki metula dan berbentuk tegak dengan ujung menggembung. Fialid berbentuk seperti botol dengan ukuran 2,1 μm . Konidia berbentuk bulat, berwarna hitam kecoklatan, sebaran bergerombol diujung vesikula dan kumpulan konidia berantai di ujung fialid (Tanzil, 2014). Watanabe (2002) menyatakan bahwa genus *Aspergillus* sp. memiliki konidiofor tegak, sederhana, memiliki konidia berbentuk bulat dan bersel satu. Gandjar *et al.*, (1999) bahwa genus *Aspergillus* sp. memiliki konidiofor berdinding halus, berwarna hialin, memiliki konidia berbentuk bulat dan berwarna

coklat hingga hitam. *Aspergillus* merupakan jamur yang mampu hidup pada media dengan derajat keasaman dan kandungan gula yang tinggi. Jamur ini dapat menyebabkan pembusukan pada buah-buahan atau sayuran. *Aspergillus* ada yang bersifat parasit, ada pula yang bersifat saprofit.



Gambar 4. *Aspergillus* sp. A. Biakan murni umur 7 hari (T) Tengah, (P) Tepi, (S) Tampak samping. B. (1) Konidia, (2) Fialid, (3) Konidiofor tidak bersekat (4) Sketsa (Tanzil, 2014).

Jamur entomopatogen dipengaruhi oleh ketinggian tempat, habitat dan jenis tanaman (Moraga *et al.*, 2007). Pada umumnya pertumbuhan jamur dipengaruhi oleh faktor substrat, kelembaban, suhu, derajat keasaman substrat (pH), dan senyawa-senyawa kimia dilingkungannya (Gandjar *et al.*, 2006).

Substrat merupakan sumber nutrisi utama bagi jamur. Nutrien-nutrien baru dapat dimanfaatkan sesudah jamur mengekskresi enzim-enzim ekstraseluler yang dapat mengurai senyawa-senyawa kompleks dari substrat tersebut menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana. Jamur yang tidak dapat menghasilkan enzim sesuai komposisi substrat dengan sendirinya tidak dapat memanfaatkan nutrisi-nutrien dalam substrat tersebut (Gandjar, 2006).

Kelembaban sangat penting untuk pertumbuhan jamur. Pada umumnya jamur tingkat rendah seperti *Rhizopus* atau *Mucor* memerlukan lingkungan dengan kelembapan nisbi 90%, sedangkan jamur *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, banyak *Hyphomycetes* lainnya dapat hidup pada kelembapan nisbi yang lebih rendah, yaitu 80%. Dengan mengetahui sifat-sifat jamur ini penyimpanan bahan pangan dan materi lainnya dapat mencegah kerusakannya (Nugraheni, 2010).

Suhu lingkungan yang baik untuk pertumbuhan, jamur dapat dikelompokkan sebagai jamur psikrofil, mesofil, dan termofil. Secara umum pertumbuhan untuk kebanyakan jamur ialah sekitar 25 – 30 °C. Beberapa jenis jamur bersifat psikrotrofik yakni dapat tumbuh baik pada suhu lemari es dan ada jamur yang masih bisa tumbuh secara lambat pada suhu dibawah suhu pembekuan, misalnya -5 °C sampai -10 °C. Pada suhu ruangan hanya jamur yang bersifat saprofit yang tumbuhnya subur (Singh *et al.*, 2009). Selain itu, ada jamur yang bersifat termofilik yakni mampu tumbuh pada suhu tinggi. Mengetahui kisaran suhu pertumbuhan suatu jamur ialah sangat penting, terutama bila isolat-isolat tertentu atau termotoleran dapat memberikan produk yang optimal meskipun terjadi peningkatan suhu, karena metabolisme jamurnya (Nugraheni, 2010).

Derajat Keasaman (pH) substrat sangat penting untuk pertumbuhan jamur, karena enzim-enzim tertentu hanya akan mengurai suatu substrat sesuai dengan aktivitasnya pada pH tertentu. Umumnya jamur menyenangi pH dibawah 7,0. Namun beberapa jenis jamur tertentu bahkan dapat tumbuh pada pH yang cukup rendah, yaitu pH 4,5 – 5,5 (Gandjar, 2006).

Jamur menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak diperlukannya lagi dan dikeluarkan ke lingkungan. Senyawa-senyawa tersebut merupakan suatu pengamanan bagi dirinya terhadap serangan oleh organisme lain termasuk terhadap sesama mikroorganisme.

Menurut Waluyo (2005) faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur ialah komponen penghambat. Beberapa jamur mengeluarkan komponen yang dapat menghambat pertumbuhan organisme lain. Pertumbuhan jamur biasanya berjalan lambat dibandingkan dengan pertumbuhan bakteri. Tetapi bila sesekali jamur bisa tumbuh, dimana pertumbuhannya ditandai dengan misellium maka pertumbuhannya akan berlangsung sengan cepat.

Jamur berkembang biak baik secara aseksual misalnya dengan cara pembentukan kuncup atau pembentukan spora maupun secara seksual yaitu dengan peleburan dari dua sel induk (Ristiati, 2000). Faktor lingkungan sangat menentukan struktur reproduksi apa yang akan dibentuk jamur dan untuk tujuan apakah struktur reproduksi seksual atau struktur reproduksi aseksual (Gandjar *et al.*, 2006). Sampai sekarang diketahui bahwa banyak spesies jamur yang hanya bereproduksi secara

aseksual (fase anamorf). Akan tetapi perkembangan ilmu pengetahuan berhasil menemukan fase seksual (fase teleomorf) pada sejumlah jamur sebelumnya.

2.4 Filoplan Sebagai Habitat Jamur Entomopatogen

Jamur filoplan tumbuh pada permukaan daun, jamur filoplan telah dipelajari dan dibandingkan antara endofit, saprofit dan patogen tanaman, jamur juga dapat menjadi penyakit pada manusia (Prabakaran, 2011). Jamur pada permukaan daun sangat kuat menempel, ada yang menggunakan stroma, juga ada yang membentuk *sporodochia* dan *synnemeta*, jamur filoplan juga dipengaruhi oleh tanaman sekitarnya dan kondisi lingkungan dalam persebaran spora jamur yang mendarat pada daun. Beberapa jamur entomopatogen dari filoplan daun yang diketahui bermanfaat untuk mengendalikan serangga hama ialah *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium leccani*, *Metarhizium anisopliae* (Asi *et al.*, 2013). Jamur *B. bassiana* menyebabkan mortalitas 70% pada larva *S. litura* (Raden *et al.*, 2000).

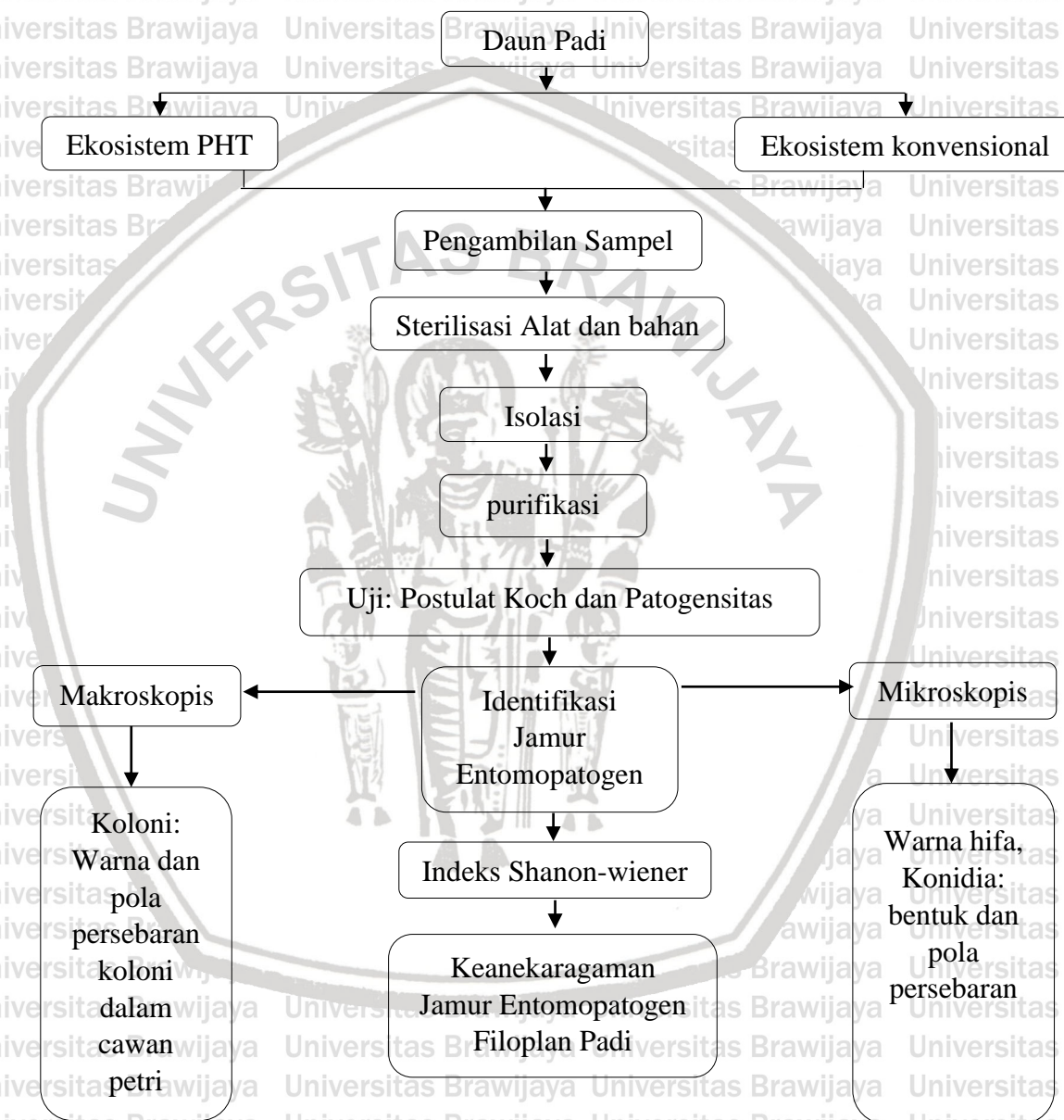
Mekanisme infeksi cendawan entomopatogen pada serangga digolongkan dalam empat tahapan. Tahap pertama ialah inokulasi, yaitu kontak antara cendawan dengan tubuh serangga (Prayogo *et al.*, 2005). Tahap kedua proses penempelan dan perkecambahan cendawan pada integument serangga, pada tahap ini dibutuhkan kelembaban udara yang tinggi bahkan kadang-kadang air diperlukan untuk perkecambahan cendawan serta cendawan dapat memanfaatkan senyawa-senyawa yang terdapat pada integumen (Prayogo *et al.*, 2005). Tahap ketiga yaitu penetrasi cendawan kedalam tubuh serangga melalui ruas-ruas tubuh, yang dimulai dengan menempelnya konidia pada kutikula, mulut, dan trakea serangga. Konidia akan berkecambah membentuk tabung-tabung kecambah dan apresorium. Apresorium mulai dibentuk untuk menembus epikutikula, berlangsung secara mekanis / kimia dengan bantuan enzim dan toksin. Tahap keempat ialah destruksi atau proses mematikan serangga dimana terbentuknya hifa yang menembus epidermis hingga mencapai pembuluh heamolimpha kemudian menyerang jaringan lainnya (Prayogo *et al.*, 2005).

3. BAHAN DAN METODE

3.1 Kerangka Operasional

Kerangka operasional menunjukkan langkah-langkah teknis yang digunakan sehingga penelitian dilakukan secara sistematis dan bertahap.

Kerangka operasional secara skematis disajikan dalam gambar 6.



Gambar 1. Kerangka operasional

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

Sampel daun padi diambil dari ekosistem pertanian di Desa Kendal, Kecamatan Sekaran, Kabupaten Lamongan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Pengendalian Hayati 2, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang pada bulan Maret hingga Juni 2019.

3.2.1 Deskripsi Perbedaan Kondisi Ekosistem PHT Kendal

Jamur entomopatogen diisolasi dari filoplan padi pada ekosistem PHT di Desa Kendal, Kecamatan Sekaran, Kabupaten Lamongan, Jawa timur. Kondisi ekosistem pengambilan sampel daun dapat dilihat pada (Tabel 1).

Tabel 1. Praktek budidaya tanaman pada ekosistem PHT Kendal

Praktek Budidaya Tanaman	PHT Kendal
Koordinat Ekosistem	S 07°02'33" E 112°13'01"
Tanaman Budidaya	Padi
Varietas	M400
Produksi	±8 ton/ha
Umur Tanaman	38 - 42 hst
Pestisida	Diaplikasikan bila saat pengamatan, hama pada ekosistem sudah melewati ambang batas ekonomi, menimbulkan banyak gejala dan serangan pada tanaman padi. Pengendalian menggunakan pestisida dilakukan untuk meminimalisir kekurangan hasil atau gagal panen
Agens Hayati	<i>Beauveria bassiana</i> , dekomposer dan PGPR
Pupuk	Kompos dan POC buatan sendiri
Aplikasi Pupuk	Kompos (sebelum tanam), POC saat pertumbuhan vegetatif dan generatif

3.3 Alat Dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini ialah mikropipet, *blue tip*, stik L, cawan petri, jarum ose, bunsen, pengaduk, labu erlenmeyer, botol media, botol

semprot, pinset, jarum suntik, gelas ukur 1000 mL dan 250 mL, mikroskop, tabung reaksi, kamera, autoklaf, *shaker machine*, spidol, dan *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC).

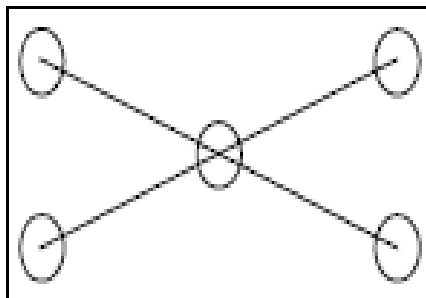
Bahan-bahan yang digunakan ialah sampel daun tanaman padi, *Saboraud Dextrose Agar Yeast Extract* (SDAY), akuades, air, pepton, *yeast extract*, agar, alkohol 70%, spirtus, plastik wrap, dekstrosa, alumunium foil, plastik tahan panas, tissue, kertas label, *chloramphenicol*, masker dan sarung tangan.

3.4 Metode Penelitian

Analisis keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan padi dilakukan dengan beberapa tahap. Analisis dimulai dari pengambilan sampel daun padi di Desa Kendal, sterilisasi alat dan bahan, pembuatan media, isolasi, purifikasi, uji postulat koch, uji patogenisitas dan identifikasi jamur.

3.4.1 Pengambilan sampel daun padi

Sampel diambil dari daun padi di Desa Kendal, Kecamatan sekaran, Kabupaten lamongan, Jawa timur.. Pengambilan dilakukan pada masing-masing ekosistem dengan metode diagonal (ditentukan 5 titik). Pada setiap sampel tanaman dilakukan pengambilan sampel daun yang sehat dengan perbedaan varietas padi. Sampel daun padi di Desa Kendal ialah daun padi varietas M400. Pengambilan sampel daun padi dilakukan saat tanaman umur 38-42 hari setelah tanam dengan ekosistem seluas 400 m².



Gambar 2. Cara pengambilan sampel daun padi

3.4.2 Sterilisasi alat

Sterilisasi alat dilakukan pada alat-alat yang digunakan untuk media perbanyakan jamur, yaitu cawan petri, tissue, labu erlenmeyer, gelas ukur, botol media dan tabung reaksi. Alat-alat dicuci sampai bersih kemudian direndam didalam larutan klorox selama 24 jam. Setelah 24 jam, diangkat dan dikeringkan. Setelah alat-alat kering, cawan petri dilapisi dengan kertas dan dibungkus dengan

plastik dan dimasukkan kedalam autoklaf pada suhu 121°C pada tekanan 5 atm selama 30 menit.

3.4.3 Pembuatan Medium *Saboraud Dextrose Agar Yeast* (SDAY)

Tahapan untuk pembuatan SDAY yaitu dengan melarutkan dekstrosa sebanyak 40 gr, *yeast extract* 2,5 gr, pepton 2,5 gr dan agar 15 gr kedalam akuades steril hingga mencapai volume total satu liter. Lalu medium ditambah antibiotik kloramfenikol sebanyak 2 tablet. Selanjutnya medium disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 5 atm selama 30 menit. Medium dituang secara aseptis kedalam cawan petri dengan volume masing-masing 20 ml, kemudian dibiarkan mengeras (Samuels *et al.*, 2002).

3.4.4 Isolasi, Purifikasi dan Identifikasi Jamur

Isolasi jamur. Isolasi dilakukan dengan metode perendaman, daun tanaman padi yang sehat direndam dan dikocok selama 60 menit, sehingga diharapkan jamur yang akan tumbuh ialah jamur yang hanya berasal dari permukaan daun padi. Tahapan awal isolasi yaitu tiap sampel daun padi yang sehat diambil secukupnya kemudian direndam dengan aquadest steril 100 ml dalam tabung erlenmeyer dan dikocok dengan *shaker machine* selama 60 menit. Kemudian air rendaman diambil 1 ml menggunakan mikropipet dan dilanjutkan dengan metode pengenceran bertingkat (*dilution plate*) hingga 10^{-5} dan dituang pada cawan petri berisi media SDAY yang telah ditambahkan antibiotik. Cara ini dilakukan untuk mengisolasi jamur filoplan yang bersporulasi dipermukaan, spora jamur yang diduga baru mendarat pada permukaan dan juga spora jamur yang baru berkecambah.

Purifikasi Jamur. Purifikasi dilakukan pada setiap koloni jamur yang dianggap berbeda berdasarkan morfologi makroskopis meliputi warna dan bentuk koloni. Masing-masing mikroorganisme tersebut diambil dengan jarum ose, kemudian ditumbuhkan lagi pada cawan petri media SDAY. Dari beberapa koloni jamur yang tumbuh pada cawan petri, jika terdapat koloni yang memiliki ciri makro sama maka diambil salah satu koloni untuk dipurifikasi.

Identifikasi Jamur. Identifikasi berdasarkan panduan identifikasi jamur, Watanabe (2002) dan Gandjar (2000). Pengamatan makroskopis meliputi warna koloni, bentuk koloni dalam cawan petri (konsentris dan tidak konsentris), tekstur

koloni dan pertumbuhan koloni (cm/hari). Pengamatan secara mikroskopis meliputi ada tidaknya septa pada hifa (bersekat atau tidak bersekat), pertumbuhan hifa (bercabang atau tidak bercabang), ada atau tidaknya konidia, warna hifa dan konidia (gelap atau hialin transparan), dan bentuk konidia (bulat, lonjong, berantai atau tidak beraturan).

3.4.5 Perhitungan Keanekaragaman Jamur Entomopatogen

Perhitungan keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan daun padi menggunakan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (Magurran, 2004 dalam Miranti *et al.*, 2015).

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left[\frac{(ni)}{n} \ln \left(\frac{(ni)}{n} \right) \right]$$

Keterangan:

H' : Indeks *Shannon-Weiner*

ni : Jumlah Koloni (i)

n : Total Jumlah Koloni

Indeks keanekaragaman dihitung dengan kriteria menurut *Shannon-Wiener* seperti pada (Tabel 2).

Tabel 2. Kriteria indeks keanekaragaman *Shannon-Wiener*

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

3.4.6 Uji Postulat Koch Jamur dari Filoplan Daun Padi

Penghitungan kerapatan konidia. Perhitungan kerapatan konidia dilakukan berdasarkan Effendy *et al.*, (2010) dengan cara mengambil suspensi jamur sebanyak 1 ml dan ditetaskan pada *haemocytometer*. Kerapatan konidia dihitung di bawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 400x. Perhitungan menggunakan rumus (Gabriel dan Riyatno, 1989 dalam Herlinda *et al.*, 2006) yaitu:

$$C = \frac{t}{(n \cdot x)} \times 10^6$$

Keterangan:

C : Kerapatan spora per ml larutan

t : Jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati

n : Jumlah kotak sampel (5 kotak besar x 16 kotak kecil)

x : 0.25 faktor koreksi penggunaan kota sampel skala kecil pada *haemocytometer*

Penghitungan viabilitas konidia. Penghitungan viabilitas konidia dilakukan dengan mengambil 1 ml suspensi konidia kemudian diteteskan pada *object glass* dan ditutup dengan *cover glass*. Viabilitas konidia dihitung setelah diinkubasi selama 24 jam. Jumlah konidia berkecambah dan tidak berkecambah dihitung pada bidang pandang di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x. Perhitungan viabilitas menggunakan rumus Gabriel dan Riyatni, 1989 (*dalam Herlinda et al., 2006*) yaitu:

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

Keterangan:

V : Viabilitas konidia

g : Jumlah konidia berkecambah

u : Jumlah konidia tidak berkecambah

Uji postulat koch jamur dari filoplan daun padi. Uji Postulat Koch dilakukan dalam 2 tahap, yaitu reinokulasi dan reisolasi dari setiap isolat yang diperoleh. Jamur yang tumbuh pada larva diisolasi dan diinokulasi kembali seperti tahap awal. Isolat yang diperoleh diuji kemampuannya dengan menginfeksi isolat murni ke dalam tubuh larva instar tiga melalui metode pencelupan larva (Koestoni, 1985). Metode ini merupakan modifikasi yang biasa digunakan untuk insektisida yang bekerja sebagai racun kontak (Koestoni, 1985). Caranya ialah dengan menambahkan 5 mL NaCl 0.85% ke dalam kultur murni dari setiap isolat dalam cawan petri. Cawan petri tersebut digoyangkan hingga permukaan koloni benar-benar terendam dan sporanya jatuh ke dalam larutan fisiologis. Setiap isolat koloni jamur diinokulasi 10 larva *T. molitor* yang baru berganti kulit. Setiap perlakuan diberi ulangan 3 kali. Inokulasi dilakukan dengan mencelupkan 10 larva *T. molitor* yang baru berganti kulit ke dalam suspensi isolat jamur dengan konsentrasi 10^7 konidia/ml selama 5 detik dan dikeringkan di atas tisu steril.

Perlakuan kontrol dilakukan dengan mencelupkan larva *T. molitor* ke dalam aquades steril. *T. molitor* dipindahkan ke wadah plastik yang berisi pakan dedak.

Uji patogenisitas *Beauveria sp.* pada larva *S. litura*. Tujuan uji patogenisitas untuk mengetahui jamur *Beauveria sp.* yang dapat mengakibatkan kematian pada larva *S. litura*. Kerapatan yang digunakan untuk uji patogenisitas ialah 10^7 dan diberi ulangan 3 kali. Setiap perlakuan digunakan 20 larva *S. litura*.

Metode yang digunakan ialah metode celup, yaitu larva *S. litura* instar 3 decelupkan dalam suspensi konidia jamur *Beauveria sp.* yang dicampur dengan 10 mL aquades 0,1% Tween 80 selama 5 detik dan dikeringkan di atas tisu steril. Perlakuan kontrol dilakukan dengan mencelupkan larva *S. litura* ke dalam aquades steril. Larva *S. litura* dipindahkan ke wadah plastik yang berisi daun jarak kepyar.

Variabel pengamatan. Variabel pengamatan meliputi mortalitas larva *T. molitor* dan larva *S. litura*. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 7 hari atau sampai tidak ada penambahan mortalitas serangga uji selama 3 hari berturut-turut.

Mortalitas larva *T. molitor* dan *S. litura* dihitung berdasarkan rumus Prijono, 1989 (dalam Herlinda, 2006).

$$\text{Mortalitas larva (\%)} = \frac{A}{D} \times 100 \%$$

Keterangan:

A : Jumlah serangga yang mati terinfeksi jamur

D : Jumlah serangga uji

Apabila ditemukan larva *T. molitor* dan *S. litura* yang mati pada perlakuan kontrol dengan syarat kurang dari 20% maka dikoreksi dengan menggunakan rumus Abbott (1987).

$$\frac{x - y}{x} \times 100 \%$$

Keterangan:

X : Persentase yang hidup pada kontrol

Y : Persentase yang hidup pada perlakuan

3.5 Analisis Data

Data dianalisis dengan *Microsoft Office Excel 2013* dan analisis sidik ragam menggunakan program *Statistical Product and Service Solution (SPSS)* versi 25. Data deskriptif meliputi morfologi dan fisiologi jamur yang ditampilkan dalam

bentuk gambar. Data keanekaragaman jamur diperoleh dari hasil isolasi jamur dianalisis menggunakan Indeks Keanekaragaman Shannon – Weiner. Data mortalitas larva *T. molitor* dianalisis menggunakan ANOVA taraf kepercayaan 95%, Perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut dengan uji Tukey dengan taraf $\alpha = 5\%$ (Mattjik & Sumertajaya 2006).



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

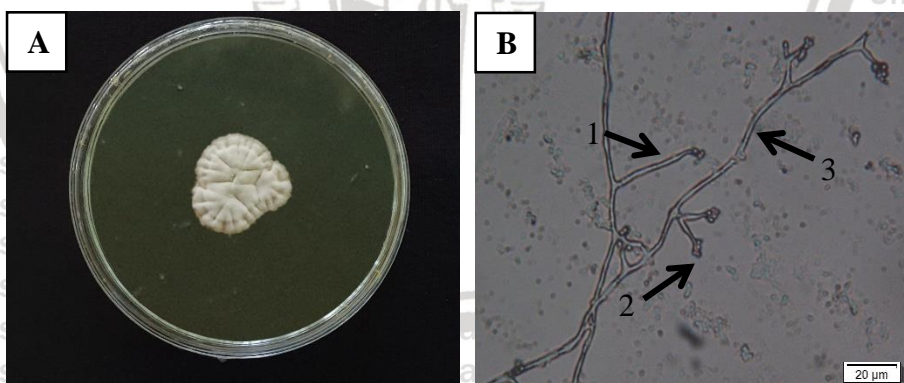
4.1 Identifikasi Jamur Entomopatogen Filoplan Tanaman Padi pada Ekosistem PHT Kendal.

Di ekosistem padi, isolat jamur entomopatogen filoplan diperoleh satu isolat jamur pada ekosistem PHT Kendal yaitu *Rhizopus* sp. (PK8). Dapat disimpulkan bahwa praktek budidaya tanaman ialah berhubungan dengan jumlah isolat jamur entomopatogen. Di aplikasi pupuk ekosistem padi PHT Kendal ialah kompos saat pengolahan lahan dan POC saat pertumbuhan vegetatif dan generatif.

Pupuk organik Tanah yang menerima pupuk organik berhubungan positif dengan kelimpahan *M. Anisopliae* (Rose, 2017). Aplikasi agens hayati ekosistem padi PHT Kendal ialah *Beauveria bassiana*, dekomposer dan PGPR. Aplikasi agen hayati pada tanaman padi secara langsung menambah mikroorganisme bermanfaat pada lahan padi.

Semua isolat jamur entomopatogen filoplan diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis menggunakan Watanabe (2002) dan Gandjar *et al* (1999) dibedakan berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopisnya. Deskripsi genus jamur entomopatogen filoplan padi berdasarkan makroskopis dan mikroskopis sebagai berikut:

1. *Beauveria* sp. (PK4)



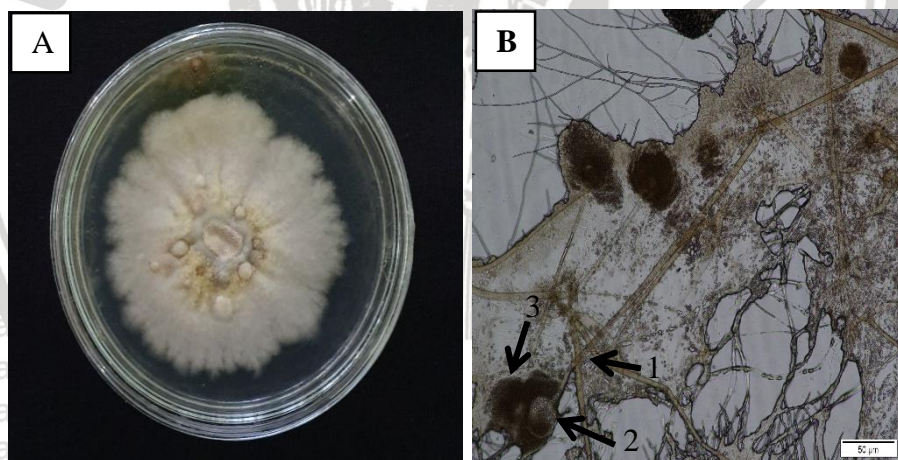
Gambar 7. Karakteristik jamur entomopatogen filoplan *Beauveria* sp. (PK4) pada tanaman padi A. Makroskopis biakan murni tujuh hari pada media SDAY. B. Mikroskopis: (perbesaran 400x) (1: Konidiofor, 2: Konidia, 3: Hifa)

Berdasarkan pengamatan makroskopis, diperoleh karakteristik jamur dengan bentuk koloni bulat dengan tepian tidak bercabang dan tidak memiliki garis konsentris. Warna koloni putih. Diameter koloni saat berumur tujuh hari mencapai

3 cm pada media SDAY. Koloni bertekstur halus, elevasi koloni cembung dan memiliki miselia yang tidak terlalu rapat (Gambar 21A).

Berdasarkan pengamatan mikroskopis, menunjukkan konidiofor tidak bersekat, tegak sederhana dan berwarna hialin. Konidia berbentuk bulat dan berwarna putih (Gambar 21B). Secara mikroskopis jamur *Beauveria* sp. memiliki hifa berukuran lebar 1–2 μm dan berkelompok dalam sekelompok sel-sel konidiofor berukuran 3–6 μm x 3 μm . Hifa bercabang-cabang dan menghasilkan sel-sel konidiofor yang berbentuk seperti botol, dengan leher kecil, dan panjang cabang hifa dapat mencapai lebih dari 20 μm dan lebar 1 μm . Jamur ini tidak membentuk klamidospora, namun dapat juga membentuk blastospora (Ahmad, 2008) serta mempunyai miselia yang bersekat berwarna putih (Talanca, 2005). Selain itu, konidia *Beauveria* sp. memiliki bentuk bervariasi, yaitu globose, elips, silindris, dan koma. Konidia berbentuk elips berukuran 2,90–4,20 μm x 1,80–2,50 μm , bentuk silindris berukuran 3,30–4,80 μm x 2,10–2,50 μm , dan bentuk koma berukuran 1,90–2,50 μm .

2. *Rhizopus* sp. (PK8)



Gambar 8. Karakteristik jamur entomopatogen filoplan *Rhizopus* sp. (PK8) pada tanaman padi. A. Makroskopis biakan murni tujuh hari pada media SDAY. B. Mikroskopis: (perbesaran 400 x) (1: Konidiofor, 2: Kolumela, 3: Sporangiospora)

Berdasarkan pengamatan makroskopis, diperoleh karakteristik jamur dengan bentuk koloni bulat dengan tepian tidak bercabang dan tidak memiliki garis konsentris. Warna koloni putih kehijauan pada bagian tengah dan putih pada bagian pinggir. Diameter koloni saat berumur tujuh hari mencapai 6 cm pada media

SDAY. Koloni bertekstur halus, elevasi koloni datar dan memiliki miselia yang rapat (Gambar 28A).

Berdasarkan pengamatan secara mikroskopis, menunjukkan bahwa sporangiofor tidak bersekat, agak kecoklatan. Sporangiofor tegak, ramping dan tidak bersekat. Kolumela bulat dan hialin. Sporangiospora berbentuk bulat dan bergerombol (Gambar 28B). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Gandjar *et al.*, (1999) yang menyatakan bahwa koloni berwarna keputihan dan menjadi abu-abu kecoklatan dengan bertambahnya usia biakan, seta mencapai tinggi kurang lebih 10 mm. Sporangiofor dapat tunggal atau berkelompok hingga lima, kadang-kadang membentuk struktur seperti percabangan garpu, berdinging halus. Sporangia berbentuk bulat hingga semi bulat, dinding berduri, berwarna coklat gelap hingga coklat kehitaman. Sporangiospora berbentuk bulat, ovoid atau tidak teratur, seringkali berbentuk poligenal, bergaris-garis pada permukaannya. Kolumela berbentuk ovoid atau bulat dan berdinging halus atau agak kasar.

4.2 Tingkat Keanekaragaman Jamur Entomopatogen Filoplan pada Ekosistem Padi PHT Kendal.

Di ekosistem padi, Nilai indeks keanekaragaman jamur PHT Kendal sebesar 2,00, nilai tersebut termasuk kategori keanekaragaman sedang. Nilai IKJ dihitung dari cawan petri yang mempunyai minimal 10 koloni. Perhitungan nilai indeks keanekaragaman pada bakteri dihitung hanya dari cawan petri yang mempunyai 30-300 koloni, cendawan 10-100 koloni, dan aktinomisetes 30-300 koloni (Hastuti *et al.*, 2007).

Tingkat keanekaragaman tersebut disebabkan oleh praktek budidaya tanaman dan estimasi waktu penerapan ekosistem. Aplikasi agens hayati ekosistem padi PHT Kendal ialah *Beauveria bassiana*, dekomposer dan PGPR, sedang PHT tidak mengaplikasikan agens hayati. Pupuk organik dapat memicu jaringan tanaman membusuk sebagai substrat untuk miselium jamur entomopatogen dan akibatnya meningkatkan kelimpahan yang tersedia untuk jamur entomopatogen. Pada tahun 2011 untuk total keanekaragaman *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* lebih tinggi pada lahan organik (Clifton *et al.*, 2013).

Keanekaragaman komunitas ditandai oleh banyaknya spesies organisme yang membentuk komunitas tersebut. Semakin banyak jumlah spesies semakin

tinggi keanekaragamannya. Indeks keanekaragaman menunjukkan hubungan antara jumlah spesies dengan jumlah individu yang menyusun suatu komunitas (Heddy dan Kurniati, 1994). 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. Konsep tersebut dapat digunakan untuk mengukur kemampuan suatu ekosistem dalam menyeimbangkan komponennya dari berbagai gangguan yang timbul.

Keanekaragaman jamur entomopatogen suatu ekosistem dipengaruhi oleh besarnya kerapatan, jumlah dan tingkat penyebaran masing-masing jenis. Untuk mengetahui tingkat kestabilan keanekaragaman jamur entomopatogen dapat digunakan nilai indeks keanekaragaman. Kestabilan suatu jenis juga dipengaruhi oleh tingkat keanekaragamannya, semakin tinggi nilai H' , maka keanekaragaman jenis dalam ekosistem tersebut semakin stabil. Suatu jenis yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi mempunyai peluang yang lebih besar untuk mempertahankan kelestariannya (Rose, 2017).

Berdasarkan pengukuran suhu pada ekosistem PHT Kendal didapatkan hasil suhu udara sebesar $24,6^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan udara sebesar 75% . Keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan ditentukan dengan jumlah koloni yang tumbuh pada media SDAY. Setiap sampel daun yang diisolasi menunjukkan hasil yang berbeda. Faktor yang mempengaruhi keanekaragaman jamur entomopatogen yaitu biotik dan abiotik. Faktor biotik meliputi varietas dan spesies inang, faktor abiotik meliputi suhu, kelembaban relatif, kandungan air tanah dan teknik budidaya (Craine *et al.*, 2013). Faktor lingkungan seperti kelembaban yang tinggi 89% dengan suhu udara 29°C , kondisi lingkungan dapat mempengaruhi perkembangan jamur yang ada di dalam jaringan tanaman. Suhu optimum untuk pertumbuhan jamur entomopatogen ialah $20-30^{\circ}\text{C}$ (Hsia *et al.*, 2014) dan kelembaban berkisar antara $80-95\%$ (Permadi *et al.* 2019). Menurut Widyati (2013) faktor iklim, terutama suhu dan kelembaban udara sangat menentukan keanekaragaman jamur. Dapat disimpulkan bahwa faktor lingkungan suhu dan

kelembaban udara mempengaruhi keanekaragaman jamur entomopatogen pada ekosistem PHT.

Pemanfaatan bahan-bahan organik pada suatu lahan dengan tidak menggunakan pupuk dan pestisida sintetis dapat membuat tanah gembur dan tidak keras serta kering. Hal tersebut dapat mengurangi faktor pemicu jamur entomopatogen dapat teracuni akibat penggunaan pupuk sintetis. Berdasarkan hasil wawancara terhadap petani padi di ekosistem PHT Desa Kendal bahwa praktek budidaya tanaman padi yang dilakukan tidak menggunakan pestisida dan pupuk sintetis. Penggunaan pupuk sintetis dan pestisida dapat digantikan dengan memanfaatkan pupuk organik cair (POC) buatan sendiri dan pemberian *Beauveria bassiana*, dekomposer dan PGPR pinus dan menjadi bahan organik tanah. Menurut pernyataan Herawati *et al.*, (2014) keberadaan jamur entomopatogen filoplan sangat tergantung pada praktek budidaya tanaman. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida mengakibatkan ekosistem menjadi miskin organisme hidup dan biodiversitas.

4.3 Uji Patogenisitas *Beauveria sp* pada Larva *Spodoptera litura*

Hasil pengujian patogenisitas, jamur *Beauveria sp.* (PK4) memiliki kemampuan patogenisitas sebesar 61,67%. Menurut Hasyim *et al.*, (2009) secara umum serangga dapat terinfeksi oleh konidia jamur entomopatogen melalui kontak dengan kutikula atau melalui celah diantara segmen-segmen tubuhnya. Konidia jamur entomopatogen secara umum menginfeksi serangga, ketika konidia menempel pada inang yang cocok akan berkecambah, memulai reaksi pengenalan dan aktivasi enzim (Shahid, 2012). Semakin banyak konidia jamur *Beauveria sp.* yang menempel pada tubuh larva *S. litura* maka tingkat mortalitas larva juga akan semakin tinggi. Semakin tinggi kerapatan konidia yang diinfeksi, maka semakin tinggi peluang kontak antara patogen dengan inang (Rustama *et al.*, 2008).

Proses infeksi jamur entomopatogen pada serangga digolongkan dalam empat tahapan. Tahap pertama ialah inokulasi, yaitu kontak antara jamur dengan tubuh serangga. Tahap kedua proses penempelan dan perkecambahan jamur pada serangga, pada tahap ini dibutuhkan kelembaban udara yang tinggi bahkan kadang-kadang air diperlukan untuk perkecambahan jamur. Tahap ketiga yaitu penetrasi jamur kedalam tubuh serangga melalui ruas-ruas tubuh, yang dimulai dengan

menempelnya konidia pada kutikula, mulut, dan trakea serangga. Konidia akan berkecambah membentuk tabung-tabung kecambah dan apresorium. Apresorium mulai dibentuk untuk menembus epikutikula, berlangsung secara mekanis / kimia dengan bantuan enzim dan toksin. Tahap keempat ialah destruksi atau proses mematikan serangga dimana terbentuknya hifa yang menembus epidermis hingga mencapai pembuluh heamolimpha kemudian menyerang jaringan lainnya (Prayogo *et al.*, 2005).

Semakin tinggi serangan, maka proses kematian larva yang terinfeksi akan semakin cepat. Tingkat mortalitas larva *S. litura* termasuk dalam patogenisitas sedang. Klasifikasi tingkat patogenisitas ada tiga yaitu: Patogenisitas tinggi dengan persentase kematian >64,49%, patogenisitas sedang dengan persentase kematian 30,99 - 64,49% dan patogenisitas rendah dengan persentase kematian <30,99% (Thungrabeab *et al.*, 2006). Meneliti potensi kecambah dan mengisolasi virulensi dari setiap habitat yang berbeda akan memperjelas korelasi antara karakter fenotipik koloni dan mengisolasi potensi sebagai agen pengendali (Afandhi, 2012). Ketersediaan virulensi *B. bassiana* sebagai myco-insektisida atau patogen yang secara alami bertahan di lapangan adalah langkah pertama pada pengembangan agen pengontrol elemen biologis (Afandhi, 2012).

4.4 Uji Postulat Koch Jamur Entomopatogen Filoplan Padi pada larva *T. molitor*

Hasil uji postulat koch jamur entomopatogen filoplan padi menyebabkan perubahan perilaku dan morfologi *T. molitor*. Perubahan perilaku dilihat dengan pergerakan larva yang melemah. Perubahan morfologi *T. molitor* dilihat dengan perubahan warna pada larva dan larva yang sudah mati akan ditumbuhi oleh miselia jamur. Menurut Hasnah *et al.*, (2012) keefektifan jamur entomopatogen untuk mengendalikan hama sasaran sangat tergantung pada umur serangga, stadia perkembangan, permukaan kutikula dan kerapatan spora.

Peningkatan mortalitas larva *T. molitor* terjadi pada hari ke dua hingga ke sepuluh. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rustama *et al.*, (2008) kematian serangga akibat jamur entomopatogen terjadi pada 2 sampai 14 hari setelah terinfeksi, namun bisa juga terjadi kurang dari 24 jam. Kecepatan mortalitas serangga tergantung kerentanan serangga, kerapatan dan viabilitas konidia jamur.

Pada uji postulat koch, patogenisitas jamur entomopatogen filoplan pada *T. molitor* menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Hasil pengamatan selama 10 HSA terhadap mortalitas *T. molitor* oleh *Rhizopus* sp. 3 sebesar 26,67%.

Salah satu faktor penyebab mortalitas larva ialah kerentanan larva. Larva *T. molitor* pada uji postulat koch yang digunakan ialah larva *T. molitor* yang baru berganti kulit. Larva tersebut memiliki lapisan kutikula yang sangat lunak dan tipis, sehingga mudah mengalami infeksi. Hal tersebut diduga menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya mortalitas pada perlakuan pemberian jamur pada larva *T. molitor*, karena dapat memudahkan jamur untuk melakukan penetrasi ke dalam tubuh larva *T. molitor*. Selain kerentanan larva, kecocokan dengan inang untuk tumbuh juga mempengaruhi mortalitas larva. Hal ini sesuai dengan pernyataan Shahid (2012) yang menyatakan bahwa konidia jamur entomopatogen secara umum menginfeksi serangga, akan berkecambah ketika konidia menempel pada inang yang cocok, memulai reaksi pengenalan dan aktivasi enzim.

Proses infeksi jamur entomopatogen pada larva tentu *T. molitor* sangat rumit. Proses infeksi jamur entomopatogen pada serangga digolongkan dalam empat tahapan. Tahap pertama ialah inokulasi, yaitu kontak antara jamur dengan tubuh serangga. Tahap kedua proses penempelan dan perkecambahan jamur pada serangga, pada tahap ini dibutuhkan kelembaban udara yang tinggi bahkan kadang-kadang air diperlukan untuk perkecambahan jamur. Tahap ketiga yaitu penetrasi jamur ke dalam tubuh serangga melalui ruas-ruas tubuh, yang dimulai dengan menempelnya konidia pada kutikula, mulut, dan trakea serangga. Konidia akan berkecambah membentuk tabung-tabung kecambah dan apresorium. Apresorium mulai dibentuk untuk menembus epikutikula, berlangsung secara mekanis / kimia dengan bantuan enzim dan toksin. Tahap keempat ialah destruksi atau proses mematikan serangga dimana terbentuknya hifa yang menembus epidermis hingga mencapai pembuluh heamolimpha kemudian menyerang jaringan lainnya (Prayogo *et al.*, 2005).

Faktor lain yang menyebabkan mortalitas larva *T. molitor* adalah kerapatan dan viabilitas jamur. Jamur entomopatogen dari filoplan daun padi memiliki kerapatan dan viabilitas konidia yang berbeda-beda. Menurut Susilawati (2015) perkecambahan yang tinggi (viabilitas) akan menyebabkan proses infeksi

dan kematian yang cepat pada serangga inang. Semakin tinggi kerapatan konidia yang diinfeksi, maka semakin tinggi peluang kontak antara patogen dengan inang (Rustama *et al.*, 2008). Genus jamur *Rhizopus* ialah jamur oportunistis yang mampu menginfeksi larva yang sedang lemah atau terluka.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Di ekosistem PHT Kendal terdapat dua isolat jamur entomopatogen filoplan yaitu *Rhizopus* sp. (PK8) dan *Beauveria* sp. (PK4).
2. Nilai indeks keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan padi PHT Kendal ialah 2,00, nilai termasuk kategori keanekaragaman sedang.
3. Pengujian patogenisitas, jamur *Beauveria* sp. (PK4) memiliki kemampuan patogenisitas sebesar 61,67% terhadap larva *S. litura*.

5.2 Saran

Penelitian selanjutnya, jamur entomopatogen filoplan *Beauveria* sp. (PK4) yang diperoleh disarankan untuk melakukan uji virulensi terhadap serangga hama dan isolat hasil uji dapat diaplikasikan secara langsung di ekosistem PHT Kendal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W. S. 1987. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 3 (2): 302-303
- Ahmad, R. Z. 2008. Pemanfaatan Cendawan untuk Meningkatkan Produktivitas dan Kesehatan Ternak. *J Litbang Pert* 27 (3): 86
- Afandhi, A., W. A. Aluf, B. Prasetya. 2019. Evaluation of the Lowland Rice Sustainability Based on the Dimensions of Biological Control in Besar Village, Lamongan District. *The Indonesian Green Technology Journal*. E-ISSN. 2338-1787
- Afandhi, A., dan S.R.C. Syamsidi. 2010. The Protectant Potential of a Gamblong Flour to Enhance Efficacy of *Beauveria bassiana* Fungi Used as a Foliar Treatment against *Spodoptera litura*. *The 8th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology*.
- Afandhi, A., S.R.C. Syamsidi, S.M. Mimbar, dan B. Wiroatmodjo. 2012. Isolation and Phenotypic Characterization of Morphology in Fungus *Beauveria Bassiana* (Balsamo) Vuillemin Colony Naturally from Leaf Surface, Soil, and Insect As Host in Tomato Plantation. *Agrivita*. 34 (3): 303-310
- Alvarez-Perez, S., A. Mateos, L. Dominguez, E. Martinez-Nevado, J.L. Blanco, M.E. Garcia. 2010. Polyclonal *Aspergillus fumigatus* infection in captive penguins. *Veterinary Microbiology* 144(3): 444-449. Carroll, G.C. & P. Tudzynski. 1997. *The Mycota, Vol. V: Plant Relationship, Part A*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg & New York.
- Arifin, M., dan A. Iqbal. 1993. Arah, Strategi dan Program Penelitian Biodiversitas Dan Interaksi Komponen Ekosistem Pertanian Tanaman Pangan Sebagai Unsur Dasarpengelolaan Hama Secara Alamiah. Seminar Hama Tanaman, 4-7 Maret 1993 di Sukarami. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Balai Penelitian Tanaman Pangan Sukarami.
- Amaria, W., Taufiq, E., dan Harni, R. 2013. Seleksi dan Identifikasi Jamur Antagonis Sebagai Agens Hayati Jamur Akar Putih (*Rigidoporus microporus*) pada tanaman karet. *Buletin RISTRI* 4 (1):1-8.
- Asi MR, MH. Bashir, M. Afzal, K. Zia, M. Akram. 2013. Potential of Entomopathogenic Fungi for Biocontrol of *Spodoptera litura Fabricius* (Lepidoptera: Noctuidae). *The Journal of Animal & Plant Sciences* 23(3): 913-918.
- Barnett, H. L., dan Hunter, B. B., 1998. *Illustrated General of Imperfect Fungi Fourth Edition*. Minnesota: The American Phytopathological Society.
- 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. Tesis Magister, Iowa State University, Amerika Serikat.
- Craine, J.M., Ocheltree, T.W., Nippert, J.B., Towne, E.G., Skibbe, A.M., Kembel, S.W., Fargione, J.E. 2013. Global Diversity of Drought Tolerance and Grassland Climate-Change Resilience. *Nature Climate Change*, 3: 63-67.
- Dar, S.A., Bashir A.R., and Ajaz A.K. 2017. Insect Pest Management by Entomopathogenic Fungi. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 5 (3): 1185-1190.
- Delate, K. 2003. *Fundamentals of Organic Agriculture*. Iowa State University. 14 pp
- Effendy T.A., Robby S, Abdullah S dan Abdul M. 2010. Jamur Entomopatogen Asal Tanah Lebak Sumatera Selatan dan Potensinya sebagai Agens Hayati Walang Sangit (*Leptocoris oratorius* F.). *Jurnal HPT Tropika*. 10 (2): 154-161.
- Gandjar, I., A.S. Robert, T.V. Karin, Ariyanti O., and Iman S. 1999. *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Gandjar I., S. Wellyzar dan O. Ariyanti. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Hasnah, Susanna, Sably H. 2012. Keefektifan jamur *Bauveria bassiana* Vuill terhadap mortalitas kepik hijau *Nezara viridula* L. pada stadia nimfa dan imago. *J Floratek* 7(1): 13-24.
- Herawati, N.K., Hendrani, J., Nugraheni. S., 2014. Viabilitas Pertanian Organik dibandingkan dengan Pertanian PHT. *Research Report. Humanities and Sosial Science*. 2:1-24
- Herlinda S., Muhammad D.U., Yulia P dan Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria bassiana* (Bals.) Akibat Subkultur dan Pengayaan Media serta Virulensinya terhadap Larva *Plutella xylostella* (Linn.). *Jurusan HPT Tropika*. 6 (2) : 70-78.
- IFOAM. 2008. *The World of Organic Agriculture – Statistics & Emerging Trends 2008*. [http://www.soel.de/fachtheraaii downloads/s_74_1_O.pdf](http://www.soel.de/fachtheraaii/downloads/s_74_1_O.pdf). diakses pada tanggal 26 juni 2016.
- Inglis G.D, Goettel MS, Butt TM, Strasser H, 2001. Use of hyphomycetous fungi for managing insect pests. In: Butt TM, Jackson C, Magan N (eds), *Fungi As Biocontrol Agents: Progress, Problems and Potential*. CABI Publishing, Wallingford, 23–69.
- Irwan. 2016. Potensi Bioinsektisida Formulasi Cair Berbahan Aktif *Beauveria bassiana* (BALS.) Vuill Dan *Metharizium sp.* Untuk Mengendalikan Wereng Coklat Pada Tanaman Padi. Universitas Tadulako.

- Klingen, I. and Eilenberg, J. and Meadow, R. 2002. "Effects of farming system, field margins and bait insect on the occurrence of insect pathogenic fungi in soils". In *Journal Agriculture, Ecosystems and Environment* 91: 191-198.
- Koestoni, T.M. (1985). Analisis Probit. Kelompok Peneliti Hama Lembang. Balai Penelitian Hortikultura.
- Ladja, F. T., 2009. Pengaruh Jamur Entomopatogen *Verticillium lecanii* dan *Beauveria bassiana* Terhadap Kemampuan *Nephotettix virescens* Distant (Hemiptera: Cicadellidae) dalam Menularkan Virus Tungro. Tesis Magister, Institut Pertanian, Bogor.
- Levetin E. and K. Dorsey. 2006. Contribution of Leaf Surface Jamur to The Air Spora. *Aerobiologia* 22:3-12.
- Ludwiq, J.A., and J. F. Reynolds, 1988. *Statistical Ecology a Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons, New York.
- Magurran, A. E. 1998. *Ecological Diversity and It's Measurement*. Princeton Univesity Press. New Jersey: Princeton University Press.
- Mattjik AA, Sumertajaya M. 2006. Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab. Bogor: Institut Pertanian Bogor Press.
- Mendgen, K. & H. Deising. 1993. Infection structures of fungal plant pathogens – a cytological and physiological evaluation. *New Phytol.* 124: 193-213.
- Meyling, N., Jorgen, E. 2006. Isolation and Characterisation of *Beauveria bassiana* Isolates from *Phylloplanes* of Hedgerow Vegetation. *Mycological Research* 110. 188-195.
- Miranti, A.K., Rukmi, M.G.I. dan Supriyadi, A. 2015. Diversitas Jamur Seresah Daun Tolok (*Muntingia calabura* L.) di Kawasan Desa Sukolilo Barat, Kecamatan Labang, Kabupaten Bangkalan, Madura. *Bioma*. 16 (2): 58-64.
- Moraga, E.Q., A.N.C. Juan, A.A.M. Elizabeth, O.U. Almudena, S.A. Ca'ndido. 2007. Factors Affecting The Occurrence and Distribution of Entomopathogenic Jamur in Natural and Cultivated Soils. *J Mycological Research* 3: 947-966.
- 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.
- Noerfitryani. 2018. Inventarisasi Jenis-Jenis Cendawan Pada Rizosfer Pertanian Padi. Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Nugraheni, E. S. 2010. Karakterisasi Biologi Isolat – Isolat *Fusarium* sp. pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Asal Boyolali. Universitas Sebelas Maret Press. Surakarta.
- Permadi, M. A., Lubis, R. A., dan Siregar, I. K. 2019. Studi Keanekaragaman Cendawan Entomopatogen dari Berbagai Rizosfer Tanaman Hortikultura di

Kota Padangsidimpuan. EKSAKTA : Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA. 4(1): 1-9.

Prabakaran, M., Merinal, S. And Panneerselvam, A. 2011. Investigation of Phylloplane mycoflora from some medicinal plants. *European Journal of Experimental Biology*, vol 1 nomor 2, pp. 219-225.

Prayogo Y. Wedanimbi, T dan Marwoto. 2005. Prospek cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* pada kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian*. 24(1): 19-26.

Prayogo, Y. 2006. "Upaya Mempertahankan Keefektifan Jamur Entomopatogen untuk Mengendalikan Hama Tanaman Pangan". Dalam *Jurnal Litbang Pertanian* 25 (2): 47-54.

Raden, M.S., R. Thalib, dan Suprpti. 2000. Pengaruh Pemberian *Beauveria bassiana* Vuill terhadap Kematian dan Perkembangan Larva *Spodoptera litura* Di Rumah Kaca. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. Vol.1, No.1:7- 10 (2000). ISSN 1411-7525.

Ratih, D.H dan Rohani, C.B.G. 2007. Metode Analisis Biologi Tanah. Balai Besar Litbang Sumberdaya Ekosistem Pertanian. Bogor. Jawa Barat. Hal: 13-22.

Risbianti, E. N. dan Afandhi, A. dan Rachmawati, R., 2015. Isolasi Jamur entomopatogen dari Tanah Gambut dengan Pola Tanam Sawi Jagung dan Sawi di Kalimantan Tengah serta Uji Virulensi terhadap *Plutella xylostella* Linnaeus (Lepidoptera: Plutellidae) di Laboratorium. Skripsi Sarjana, Fakultas Pertanian jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Universitas Brawijaya, Malang.

Ristiati, Dra. Ni. Pt. 2000. Pengantar Mikrobiologi Umum Proyek Pengembangan Guru Sekolah Menengah.

Riupassa, P. A., Suwanto, A., dan Tjahjoleksono, A. 2005. Kelimpahan Bakteri Filosfer pada Beberapa Sayuran Lalaban. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, September 2005, hal. 96-98.

Rose, N. S. H. 2017. Keanekaragaman Genus Jamur Entomopatogen Pada Rizosfer Padi Sawah Dengan Penerapan Hama terpadu (PHT) Di Kasembon Malang. Tesis Magister. Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan Pembangunan (PSLP). Universitas Brawijaya.

Rustama, M. M., Melanie., B. Irawan. 2008. Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* terhadap *Crociodolomia pavonana* fab. dalam Kegiatan Studi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Kubis dengan Menggunakan Agensia Hayati. Laporan Akhir Penelitian Peneliti Muda UNPAD Sumber Dana DIPA UNPAD. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Padjadjaran.

Sevim, A.I. Demir, E. Sonmez, S. Kocacevik, Z. Demirbag. 2013. Evaluation of Entomopathogenic Fungi Against the Sycamore Lace Bug, *Corythucha ciliata* (Say) (Hemiptera: Tingidae). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*.

- Shahid, A.A., A.Q Rao., A. Bakshs dan T. Husnain. 2012. Entomopathogenic Fungi as Biological Controllers: New Insight into their Virulence and Pathogenicity. *Arc., Biol. Sci., Balgrade.* 6 (1): 21-42.
- Singh, S., M.K. Borah, D.K. Sharma. 2009. Aspergillosis in turkey poults. *Indian Journal of Veterinary Pathology* 33(2): 220–221.
- Sun, B. D dan Liu, X. Z. 2008. Occurrence and Diversity of Insect Associated Jamur in Natural Soil in China. *Elsivier: Applied Soil Ecology.* 30 (2008): 100-108.
- Susilawati. 2015. Sporulasi dan viabilitas konidia cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin di berbagai media tumbuh [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Talanca, A.H. 2005. Bioekologi Cendawan *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin. *Prosiding Seminar Nasional Jagung.* Hlm 482–487.
- Tanzil, A. I. dan Muhibuddin, A. dan Djauhari, S., 2014. Eksplorasi Keanekaragaman Jamur Tanah pada Rizosfer Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) di Ekosistem Endemis dan Non Endemis serta Potensi Antagonisnya terhadap Patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici Penyebab Layu Fusarium Tomat. Skripsi Sarjana, Fakultas Pertanian jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Brawijaya, Malang.
- Thungrabeab, M., P. Blaeser., C. Sengonca. 2006. Possibilities for Biocontrol of The Onion thrips Thrips tabaci Lindeman (*Thysanoptera: Thripitidae*) using Difference Entomopathogenic from Thailand. *Mitt. Dtach. Ges Allg. Angew. Entomology* 15.
- Trizelia. 2005. Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana*: Keragaman Genetik, Karakterisasi Fisiologi dan Virulensinya Terhadap *Crocidolomia pavonana*. Disertasi Doktor, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Trizelia, Reflinaldon & Shinta H.C, Samer. 2010. Keanekaragaman Jamur Entomopatogen pada Rizosfir Ekosistem Cabai Dataran Tinggi dan Dataran Rendah di Sumatera Barat. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis Padang. 25163: Padang.
- Untung, K. 2006. Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu. Edisi Kedua. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Untung, K. 2010. Diktat Dasar-dasar Ilmu Hama Tanaman. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Waluyo, L. 2005. Mikrobiologi Lingkungan. Universitas Muhammadiyah Malang Press. Malang, 381 hlm.
- Watanabe T. 2002. Pictorial Atlas of Soil and Seed Jamur. Ed ke-2. Florida: CSC Press.
- Widyati, E. 2013. Pentingnya Keanekaragaman Fungsional Organisme Tanah terhadap Produktivitas Ekosistem. *Tekno Hutan Tanaman.* 6 (1): 29-39.

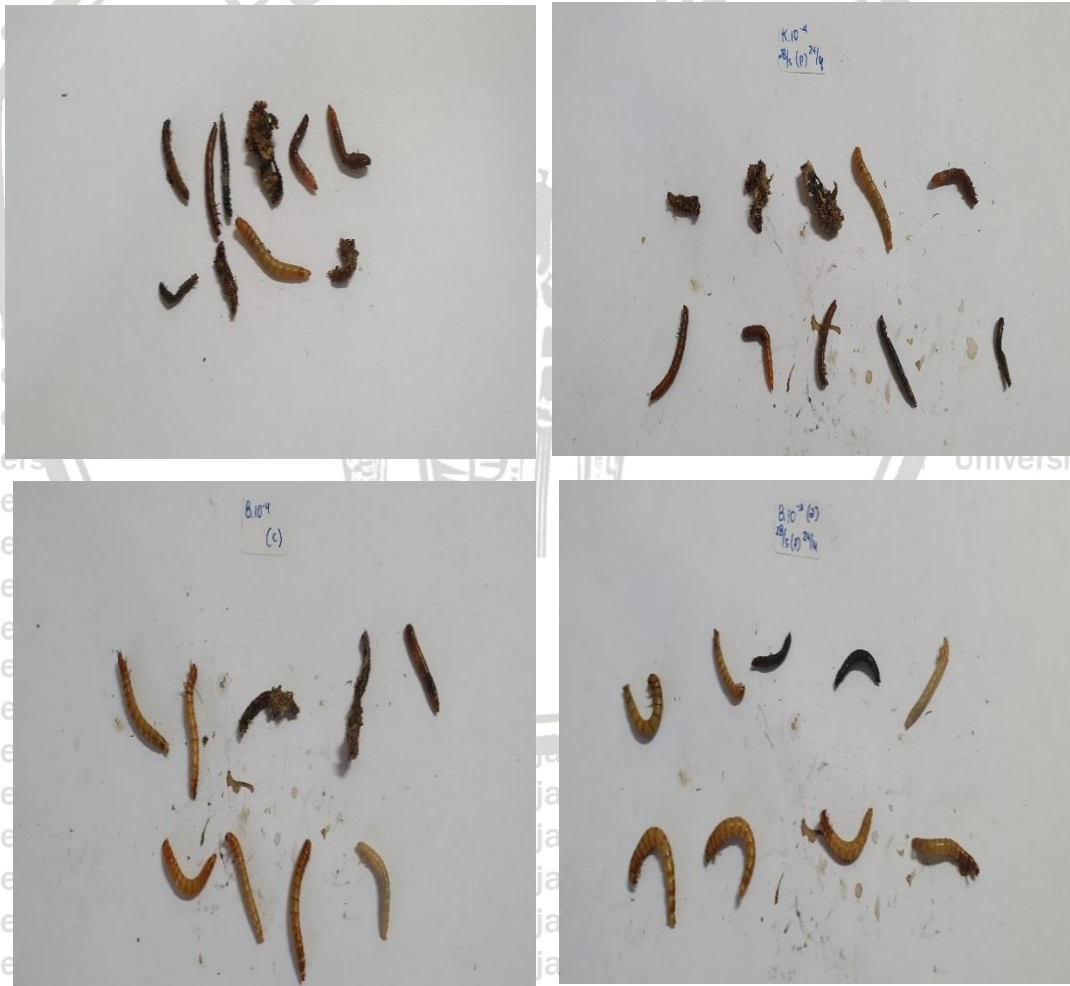
Yusuf, S., Pangestningsih, Y., Oemry, S. 2013. Uji Efektifitas Entomopatogen Pada Imago Penggerek Buah Kakao *Conopomorpha cramerella* Snellen (Lepidoptera: Gracillariidae) Di LABORATORIUM. Fakultas Pertanian USU. Universitas Sumatera Utara.



LAMPIRAN



Lampiran 1. Ekosistem Desa Kendal



Lampiran 2. Hasil uji postulat koch pada larva *T. molitor*





Lampiran 3. Hasil uji patogenisitas *Beauveria sp.* pada larva *S.litura*

Source of variation	Type III sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Corrected model	3674,510 ^a	16	229,657	3,166	0,002
Intercept	51458,825	1	51458,824	709,297	0,000
Jamur	3674,510	16	229,657	3,166	0,002
Error	2466,667	34	72,549		
Total	57600,000	51			
Corrected total	6141,176	50			

Lampiran 4. Analisis ragam persentase mortalitas *T. molitor*



DAFTAR ISTILAH

Agens hayati	:Setiap organisme yang meliputi spesies, sub spesies, atau varietas dari semua jenis serangga, nematode, protozoa, jamur, bakteri, virus, mikoplasma, serta organisme lain yang dalam semua tahap perkembangannya dapat dipergunakan untuk keperluan pengendalian OPT dalam proses produksi, pengoekosistem hasil pertanian dan berbagai keperluan lainnya
Analisis	:Penguraian suatu pokok atas berbagai bagiannya dan penelaahan bagian itu sendiri serta hubungan antar bagian untuk memperoleh pengertian yang tepat dan pemahaman arti keseluruhan
Ekosistem	:Suatu sistem ekologi yang terbentuk oleh hubungan timbal balik tak terpisahkan antara makhluk hidup dengan lingkungannya.
Elevasi	:Ketinggian suatu tempat terhadap daerah sekitarnya; sudut tinggi dari suatu benda
Entomopatogen	:Jamur yang bersifat patogen dan menyebabkan kematian pada serangga hama dengan persentase mortalitas 100%
Fialid	:Cabang hifa
Filoplan	:Golongan mikroorganisme yang hidup pada permukaan daun
Genus	:Salah satu bentuk pengelompokan dalam klasifikasi makhluk hidup yang secara hierarki tingkatnya di atas spesies, tetapi lebih rendah daripada familia
Hialin	:Transparan atau tidak berwarna
Hifa	:Struktur jamur berbentuk seperti tabung yang memanjang

Hipotesis : Sesuatu yang dianggap benar untuk alasan atau pengutaraan pendapat (teori, proposisi, dan sebagainya) meskipun kebenarannya masih harus dibuktikan; anggapan dasar

Identifikasi : Penentuan atau penetapan identitas

Inkubasi : Penjaga biakan dalam kondisi yang menguntungkan bagi pertumbuhan

Isolasi : Pemisahan dua atau lebih populasi sehingga mereka tidak dapat saling mengawini; memisahkan mikroorganisme dari campurannya

Isolat : Biakan murni pertama yang dibuat dari sumber segar aslinya

Jamur : Cendawan yang tergolong Agaricales, memiliki daging buah, berukuran makroskopis, dapat dipegang dan dipetik

Jenis : Satuan dasar klasifikasi biologi, terdiri atas gabungan populasi yang diperkirakan dapat saling mengawini dengan bebas dan dapat dikenal cirinya secara morfologi

Indeks : Indeks yang biasa digunakan untuk menilai tingkat keanekaragaman jenis (tumbuhan atau hewan) di suatu tempat

Keanekaragaman hayati : Keseluruhan keanekaragaman makhluk yang diperlihatkan suatu daerah mulai dari keanekaragaman genetika, jenis, dan ekosistemnya, ukuran dari kesehatan ekosistem.

Kelimpahan spesies : Jumlah individu dari tiap spesies

Keanekaragaman : Gabungan antara kekayaan jenis dan pemerataan dalam satu nilai tunggal, kumpulan seluruh penghuni biosfer yang berhubungan antara satu dengan yang lainnya dan saling mempengaruhi

Koloni	:Sekumpulan mikroorganisme atau sel hidup
Kolumela	:Jaringan yang tidak mengambil bagian dalam pembentukan spora
Konidia	:Spora yang dihasilkan dengan jalan membentuk sekat melintang pada ujung hifa atau dengan diferensiasi hingga terbentuk banyak konidia
Konidiofor	:Hifa terspesialisasi yang menghasilkan spora aseksual yang disebut konidia
Konsentrasi	:Persentase kandungan bahan di dalam satu larutan
Konsentris	:Memiliki pusat yang sama
Kosmopolitan	:Pesebaran yang luas
Makroskopis	:Suatu objek yang dapat dilihat tanpa bantuan mikroskop
Media	:Substansi hara yang digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme
Miselial	:Kumpulan hifa pada jamur yang berfungsi untuk menyerap bahan makanan (organik) dari lingkungan tempat hidup jamur; anyaman hifa yang membentuk talus jamur
Morfologi	:Ilmu yang mempelajari tentang bentuk organisme, terutama hewan dan tumbuhan yang mencakup bagian-bagiannya
Mortalitas	:ukuran jumlah kematian pada suatu populasi
Patogen oportunistis	:Jamur yang mampu menginfeksi serangga apabila tubuh serangga lemah dengan mortalitas 1-90%
Pengendalian Hayati	:Penggunaan musuh alami (pemangsa, parasitoid, dan patogen) untuk mengendalikan populasi hama.
Purifikasi	:Proses pemisahan mikroorganisme yang diinginkan dari populasi campuran ke media biakan (buatan) untuk mendapatkan kultur murni

Rizosfer	:Selapis tanah yang menyelimuti rizoplane yang masih dipengaruhi oleh aktivitas akar dan merupakan habitat yang sangat baik bagi pertumbuhan mikroba oleh karena akar tanaman menyediakan berbagai bahan organik yang umumnya menstimulir pertumbuhan mikroba
Spesies	:Sekelompok individu yang mempunyai karakteristik yang berbeda dari kelompok lain. Karakteristik tersebut bisa dilihat dari fisiologi, morfologi atau biokimia
Spora	:Alat perkembangbiakan yang terdiri atas satu atau beberapa sel yang dihasilkan dengan cara seksual atau aseksual oleh jamur dan tumbuhan rendah
Steril	:tidak terkontaminasi mikroorganisme lain
Sterilisasi	:Perlakuan untuk menjadikan suatu bahan atau benda bebas dari mikroorganisme dengan cara pemanasan, penyinaran, atau dengan zat kimia untuk mematikan mikroorganisme hidup maupun spora
Viabilitas	:Kemampuan Jamur untuk bertahan hidup



KEANEKARAGAMAN JENIS JAMUR ENTOMOPATOGEN FILOPLAN PADA EKOSISTEM PADI PHT DAN KONVENSIONAL SERTA UJI PATOGENISITASNYA

Dicky Prejeki Purba, Aminudin Afandhi, Tita Widjayanti

Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture University of Brawijaya
Jl. Veteran Malang 65145 East Java Indonesia

Email : rhynodicky@gmail.com

Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran, Malang 65145, Indonesia. Tel.: +62-341-551665, 565845. Fax.: +62-341-560011

ABSTRACT

Exploration in this research is to find out the diversity of filoplan fungi that have the potential as entomopathogens of paddy plants in IPM ecosystems. The study was conducted in the of Kendal villages, Sekaran Subdistrict, Lamongan Regency, East Java and the Laboratory of Biological Control, Department of Pests and Plant Diseases, Faculty of Agriculture, Brawijaya University. The study was conducted in 5 stages, namely: (1) tracing of paddy cultivation applying IPM in Kendal Villages (2) exploration of filoplan entomopathogenic fungi on paddy plantations (3) selection of entomopathogenic filoplan fungi. (4) pathogenicity of filoplan entomopathogenic fungi against *S. litura* larvae. (5) characterization to the level of the genus in filoplan fungi that have the potential as entomopathogens. In the Kendal IPM ecosystem, two entomopathogenic Filoplan fungal isolates were obtained, *Rhizopus* sp. (PK8) and *Beauveria* sp. (PK4). The value of the entomopathogenic fungi diversity index of paddy Filoplan in the IPM-Kendal ecosystem (2.00) is included in the category of moderate diversity.

Keywords: Filoplan, Diversity, Entomopathogen, Pathogenicity.

PENDAHULUAN

Jamur entomopatogen ialah kelompok jamur yang menginfeksi dan dapat menyebabkan penyakit pada serangga hama. Jamur ini bersifat kosmopolitan dan dapat menginfeksi banyak spesies serangga hama. Jamur entomopatogen tersebar pada bagian tanah (rizosfer), bagian tanaman (akar, batang dan daun), serta serangga yang terinfeksi. Selama ini, jamur entomopatogen yang berasal dari tanah (rizosfer) lebih banyak dikaji dibandingkan dengan bagian lain (Sun dan Liu, 2008), salah satunya ialah daun. Padahal, jamur entomopatogen yang berasal dari daun berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut karena banyaknya serangga hama yang menyerang daun.

Hama daun dapat terinfeksi oleh konidia jamur entomopatogen yang bergerak di udara, menempel pada permukaan daun. Jamur entomopatogen filoplan tanaman lebih efektif dibandingkan rizosfer: Konidia di filoplan kontak secara langsung pada serangga hama yang menyerang daun. Hal ini sesuai dengan pernyataan Chusnul (2016) bahwa *S. litura* dapat dikendalikan dengan menggunakan jamur entomopatogen dari permukaan daun yaitu *Lecanicillium* sp. dengan persentase sebesar 58,3 %.

Kecamatan sekaran, Kabupaten lamongan, Jawa timur merupakan agroekosistem ber-PHT. Desa Kendal ber PHT sejak tahun 2019. Sawah ialah pusat produksi beras, berfungsi untuk memastikan

keamanan pangan dan kesehatan masyarakat, terutama di Lamongan, Jawa Timur. Sejak 2019, produktivitas beras di Desa Kendal telah meningkat. Produksi padi sawah di Kendal mencapai 8,3 ton / ha.

Di ekosistem tanaman padi menunjukkan perbedaan keanekaragaman jamur entomopatogen rizosfer padi antara ekosistem PHT dan ekosistem PHT (Noerfitryani, 2018). Eksplorasi dalam penelitian ini, untuk mengetahui keanekaragaman jamur filoplan yang berpotensi sebagai entomopatogen dari tanaman padi di ekosistem PHT dan PHT. *S. litura* menyerang lebih dari 200 spesies tanaman di antaranya cabai, kubis, padi, jagung, tomat, buncis, tembakau, terung, kentang, kacang tanah dan kacang kedelai (Raden, 2016).

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk Mengidentifikasi jamur entomopatogen filoplan padi pada ekosistem yang menerapkan PHT di Desa Kendal, Kecamatan Sekaran, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur serta menguji patogenisitas jenis jamur serangga terhadap larva *S. litura*.

Manfaat

Dari hasil penelitian yang dilaksanakan ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang isolat jamur entomopatogen filoplan tanaman padi pada ekosistem PHT Kendal.

METODE PELAKSANAAN

Waktu dan Tempat

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2019 – Juni 2019 di laboratorium Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Sampel daun padi diambil dari ekosistem pertanian di Desa Kendal, Kecamatan Sekaran, Kabupaten Lamongan

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: mikropipet, *blue tip*, stik L, cawan petri, jarum ose, bunsen, pengaduk, labu erlenmeyer, botol media, botol semprot, pinset, jarum suntik, gelas ukur 1000 mL dan 250 mL, mikroskop, tabung reaksi, kamera, autoklaf, *shaker machine*, spidol, dan *Laminar Air Flow Cabinet* (L AFC).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini ialah sampel daun tanaman padi, *Saboraud Dextrose Agar Yeast Extract* (SDAY), akuades, air, pepton, *yeast extract*, agar, alkohol 70%, spirtus, plastik wrap, dekstrosa, alumunium foil, plastik tahan panas, tissue, kertas label, *chloramphenicol*, masker dan sarung tangan.

Metode Penelitian

Analisis keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan padi dilakukan dengan beberapa tahap. Analisis dimulai dari pengambilan sampel daun padi di desa Besar, Kendal dan Ngarum, sterilisasi alat dan bahan, pembuatan media, isolasi, purifikasi, uji postulat koch, uji patogenisitas dan identifikasi jamur.

Pelaksanaan Penelitian

a. Pengambilan Sampel Daun Padi

Sampel diambil dari daun padi pada ekosistem PHT dan konvensional yang berjarak ± 2 km di Kecamatan sekaran, Kabupaten lamongan, Jawa timur. Desa Besar ber-PHT sejak tahun 2016, Desa Kendal ber PHT sejak tahun 2019, sedangkan Desa Ngarum tidak ber-PHT atau konvensional. Pengambilan dilakukan pada masing-masing ekosistem dengan metode diagonal (ditentukan 5 titik). Pada setiap sampel tanaman dilakukan pengambilan sampel daun yang sehat dengan perbedaan varietas padi disetiap Desa. Sampel daun padi di Desa Besar ialah varietas Inpari 32, Desa Kendal ialah daun padi varietas M400 dan Di

Desa Ngarum ialah daun padi varietas ciharang. Pengambilan sampel daun padi dilakukan saat tanaman umur 38-42 hari setelah tanam dengan Desa ekosistem seluas 400 m².

b. Isolasi Jamur

Metode isolasi dilakukan dengan metode perendaman, daun tanaman padi yang sehat direndam dan dikocok selama 60 menit, sehingga diharapkan jamur yang akan tumbuh ialah jamur yang hanya berasal dari permukaan daun padi. Tahapan awal isolasi yaitu tiap sampel daun padi yang sehat diambil secukupnya kemudian direndam dengan aquadest steril 100 ml dalam tabung erlenmeyer dan dikocok dengan *shaker machine* selama 60 menit. Kemudian air rendaman diambil 1 ml menggunakan mikropipet dan dilanjutkan dengan metode pengenceran bertingkat (*dilution plate*) hingga 10⁻⁵ dan dituang pada cawan petri berisi media SDAY yang telah ditambahkan antibiotik. Cara ini dilakukan untuk mengisolasi jamur filoplan yang bersporulasi dipermukaan, spora jamur yang diduga baru mendarat pada permukaan dan juga spora jamur yang baru berkecambah.

c. Uji Postulat Koch

Uji *Postulat Koch* dilakukan dalam 2 tahap, yaitu reinokulasi dan reisolasi dari setiap isolat yang diperoleh. Jamur yang tumbuh pada larva diisolasi dan diinokulasi kembali seperti tahap awal. Isolat yang diperoleh diuji kemampuannya dengan menginfeksi isolat murni ke dalam tubuh larva instar tiga melalui metode pencelupan larva (Koestoni, 1985). Metode ini merupakan modifikasi yang biasa digunakan untuk insektisida yang bekerja sebagai racun kontak (Koestoni, 1985). Caranya ialah dengan menambahkan 5 mL NaCl 0.85% ke dalam kultur murni dari setiap isolat dalam cawan petri. Cawan petri tersebut digoyangkan hingga permukaan koloni

benar-benar terendam dan sporanya jatuh ke dalam larutan fisiologis. Setiap isolat koloni jamur diinokulasi 10 larva *T. molitor* yang baru berganti kulit. Setiap perlakuan diberi ulangan 3 kali. Inokulasi dilakukan dengan mencelupkan 10 larva *T. molitor* yang baru berganti kulit ke dalam suspensi isolat jamur dengan konsentrasi 10⁷ konidia/ml selama 5 detik dan dikeringkan di atas tisu steril. Perlakuan kontrol dilakukan dengan mencelupkan larva *T. molitor* ke dalam aquades steril. *T. molitor* dipindahkan ke wadah plastik yang berisi pakan dedak.

d. Purifikasi/Pemurnian Jamur Filosfer

Purifikasi dilakukan pada setiap koloni jamur yang dianggap berbeda berdasarkan morfologi makroskopis meliputi warna dan bentuk koloni. Masing-masing mikroorganisme tersebut diambil dengan jarum ose, kemudian ditumbuhkan lagi pada cawan petri media SDAY. Dari beberapa koloni jamur yang tumbuh pada cawan petri, jika terdapat koloni yang memiliki ciri makro sama maka diambil salah satu koloni untuk dipurifikasi.

e. Uji Patogenisitas

Tujuan uji patogenisitas untuk mengetahui jamur *Beauveria* sp. yang dapat mengakibatkan kematian pada larva *S. litura*. Kerapatan yang digunakan untuk uji patogenisitas ialah 10⁷ dan diberi ulangan 3 kali. Setiap perlakuan digunakan 20 larva *S. litura*. Metode yang digunakan ialah metode celup, yaitu larva *S. litura* instar 3 decelupkan dalam suspensi konidia jamur *Beauveria* sp. yang dicampur dengan 10 mL aquades 0,1% Tween 80 selama 5 detik dan dikeringkan di atas tisu steril. Perlakuan kontrol dilakukan dengan mencelupkan larva *S. litura* ke dalam aquades steril. Larva *S. litura* dipindahkan ke wadah plastik yang berisi daun jarak kepyar.ruang.

f. Identifikasi Jamur

Identifikasi berdasarkan panduan identifikasi jamur, Watanabe (2002) dan Gandjar (2000). Pengamatan makroskopis meliputi: warna koloni, bentuk koloni dalam cawan petri (konsentris dan tidak konsentris), tekstur koloni dan pertumbuhan koloni (cm/hari). Pengamatan secara mikroskopis meliputi ada tidaknya septa pada hifa (bersekat atau tidak bersekat), pertumbuhan hifa (bercabang atau tidak bercabang), ada atau tidaknya konidia, warna hifa dan konidia (gelap atau hialin transparan), dan bentuk konidia (bulat, lonjong, berantai atau tidak beraturan).

Analisis Data

Data dianalisis dengan *Microsoft Office Excel* 2013 dan analisis sidik ragam menggunakan program *Statistical Product and Service Solution* (SPSS) versi 25. Data deskriptif meliputi morfologi dan fisiologi jamur yang ditampilkan dalam bentuk gambar. Data keanekaragaman jamur diperoleh dari hasil isolasi jamur dianalisis menggunakan Indeks Keanekaragaman Shannon – Weiner. Data mortalitas larva *T. molitor* dianalisis menggunakan ANOVA taraf kepercayaan 95%, Perlakuan yang berpengaruh nyata diuji lanjut dengan uji Tukey dengan taraf $\alpha = 5\%$ (Mattjik & Sumertajaya 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Jamur Entomopatogen Filoplan Tanaman Padi pada Ekosistem PHT Kendal.

Di ekosistem padi, isolat jamur entomopatogen filoplan diperoleh dua isolat jamur pada ekosistem PHT Kendal yaitu *Beauveria* sp. (PK4) dan *Rhizopus* sp. (PK8). Dapat disimpulkan bahwa praktek budidaya tanaman ialah berhubungan dengan jumlah isolat jamur entomopatogen. Di aplikasi pupuk ekosistem padi PHT Kendal ialah

kompos saat pengolahan lahan dan POC saat pertumbuhan vegetatif dan generatif. Pupuk organik Tanah yang menerima pupuk organik berhubungan positif dengan kelimpahan *M. Anisopliae* (Rose, 2017). Aplikasi agens hayati ekosistem padi PHT Kendal ialah *Beauveria bassiana*, dekomposer dan PGPR. Aplikasi agen hayati pada tanaman padi secara langsung menambah mikroorganisme bermanfaat pada lahan padi. Semua isolat jamur entomopatogen filoplan diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis menggunakan Watanabe (2002) dan Gandjar *et al* (1999) dibedakan berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopisnya.

Tingkat Keanekaragaman Jamur Entomopatogen Filoplan pada Ekosistem Padi PHT Kendal.

Di ekosistem padi, Nilai indeks keanekaragaman jamur PHT Kendal sebesar 2,00, nilai tersebut termasuk kategori keanekaragaman sedang. Nilai IKJ dihitung dari cawan petri yang mempunyai minimal 10 koloni. Perhitungan nilai indeks keanekaragaman pada bakteri dihitung hanya dari cawan petri yang mempunyai 30-300 koloni, cendawan 10-100 koloni, dan aktinomisetes 30-300 koloni (Hastuti *et al.*, 2007).

Tingkat keanekaragaman tersebut disebabkan oleh praktek budidaya tanaman dan estimasi waktu penerapan ekosistem. Aplikasi agens hayati ekosistem padi PHT Kendal ialah *Beauveria bassiana*, dekomposer dan PGPR, sedang PHT tidak mengaplikasikan agens hayati. Pupuk organik dapat memicu jaringan tanaman membusuk sebagai substrat untuk miselium jamur entomopatogen dan akibatnya meningkatkan kelimpahan yang tersedia untuk jamur entomopatogen. Pada tahun 2011 untuk total keanekaragaman *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* lebih

tinggi pada lahan organik (Clifton *et al.*, 2013).

Keanekaragaman komunitas ditandai oleh banyaknya spesies organisme yang membentuk komunitas tersebut. Semakin banyak jumlah spesies semakin tinggi keanekaragamannya. Indeks keanekaragaman menunjukkan hubungan antara jumlah spesies dengan jumlah individu yang menyusun suatu komunitas (Heddy dan Kurniati, 1994). 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. Konsep tersebut dapat digunakan untuk mengukur kemampuan suatu ekosistem dalam menyeimbangkan komponennya dari berbagai gangguan yang timbul.

Keanekaragaman jamur entomopatogen suatu ekosistem dipengaruhi oleh besarnya kerapatan, jumlah dan tingkat penyebaran masing-masing jenis. Untuk mengetahui tingkat kestabilan keanekaragaman jamur entomopatogen dapat digunakan nilai indeks keanekaragaman. Kestabilan suatu jenis juga dipengaruhi oleh tingkat keanekaragamannya, semakin tinggi nilai H' , maka keanekaragaman jenis dalam ekosistem tersebut semakin stabil. Suatu jenis yang memiliki tingkat kestabilan yang tinggi mempunyai peluang yang lebih besar untuk mempertahankan kelestarian jenisnya (Rose, 2017).

Berdasarkan pengukuran suhu pada ekosistem PHT Kendal didapatkan hasil suhu udara sebesar $24,6^{\circ}\text{C}$ dan kelembapan udara sebesar 75%. Keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan ditentukan dengan jumlah koloni yang tumbuh pada media SDAY. Setiap sampel daun yang diisolasi menunjukkan hasil yang berbeda. Faktor

yang mempengaruhi keanekaragaman jamur entomopatogen yaitu biotik dan abiotik. Faktor biotik meliputi varietas dan spesies inang, faktor abiotik meliputi suhu, kelembapan relatif, kandungan air tanah dan teknik budidaya (Craine *et al.*, 2013). Faktor lingkungan seperti kelembapan yang tinggi 89% dengan suhu udara 29°C , kondisi lingkungan dapat mempengaruhi perkembangan jamur yang ada di dalam jaringan tanaman. Suhu optimum untuk pertumbuhan jamur entomopatogen ialah $20-30^{\circ}\text{C}$ (Hsia *et al.*, 2014) dan kelembapan berkisar antara 80-95% (Permadi *et al.* 2019). Menurut Widyati (2013) faktor iklim, terutama suhu dan kelembapan udara sangat menentukan keanekaragaman jamur. Dapat disimpulkan bahwa faktor lingkungan suhu dan kelembapan udara mempengaruhi keanekaragaman jamur entomopatogen pada ekosistem PHT.

Pemanfaatan bahan-bahan organik pada suatu lahan dengan tidak menggunakan pupuk dan pestisida sintetis dapat membuat tanah gembur dan tidak keras serta kering. Hal tersebut dapat mengurangi faktor pemicu jamur entomopatogen dapat teracuni akibat penggunaan pupuk sintetis. Berdasarkan hasil wawancara terhadap petani padi di ekosistem PHT Desa Kendal bahwa praktek budidaya tanaman padi yang dilakukan tidak menggunakan pestisida dan pupuk sintetis. Penggunaan pupuk sintetis dan pestisida dapat digantikan dengan memanfaatkan pupuk organik cair (POC) buatan sendiri dan pemberian *Beauveria bassiana*, dekomposer dan PGPR pinus dan menjadi bahan organik tanah. Menurut pernyataan Herawati *et al.*, (2014) keberadaan jamur entomopatogen filoplan sangat tergantung pada praktek budidaya tanaman. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida mengakibatkan ekosistem menjadi miskin organisme hidup dan biodiversitas.

Uji Patogenisitas *Beauveria* sp pada Larva *Spodoptera litura*

Hasil pengujian patogenisitas, jamur *Beauveria* sp. (PK4) memiliki kemampuan patogenisitas sebesar 61,67%. Menurut Hasyim *et al.*, (2009) secara umum serangga dapat terinfeksi oleh konidia jamur entomopatogen melalui kontak dengan kutikula atau melalui celah diantara segmen-segmen tubuhnya. Konidia jamur entomopatogen secara umum menginfeksi serangga, ketika konidia menempel pada inang yang cocok akan berkecambah, memulai reaksi pengenalan dan aktivasi enzim (Shahid, 2012). Semakin banyak konidia jamur *Beauveria* sp. yang menempel pada tubuh larva *S. litura* maka tingkat mortalitas larva juga akan semakin tinggi. Semakin tinggi kerapatan konidia yang diinfeksi, maka semakin tinggi peluang kontak antara patogen dengan inang (Rustama *et al.*, 2008).

Proses infeksi jamur entomopatogen pada serangga digolongkan dalam empat tahapan. Tahap pertama ialah inokulasi, yaitu kontak antara jamur dengan tubuh serangga. Tahap kedua proses penempelan dan perkecambahan jamur pada serangga, pada tahap ini dibutuhkan kelembaban udara yang tinggi bahkan kadang-kadang air diperlukan untuk perkecambahan jamur. Tahap ketiga yaitu penetrasi jamur kedalam tubuh serangga melalui ruas-ruas tubuh, yang dimulai dengan menempelnya konidia pada kutikula, mulut, dan trakea serangga. Konidia akan berkecambah membentuk tabung-tabung kecambah dan apresorium. Apresorium mulai dibentuk untuk menembus epikutikula, berlangsung secara mekanis / kimia dengan bantuan enzim dan toksin. Tahap keempat ialah destruksi atau proses mematikan serangga dimana terbentuknya hifa yang menembus epidermis hingga mencapai pembuluh heamolimpha kemudian menyerang jaringan lainnya (Prayogo *et al.*, 2005).

Semakin tinggi serangan, maka proses kematian larva yang terinfeksi akan semakin cepat. Tingkat mortalitas larva *S. litura* termasuk dalam patogenisitas sedang. Klasifikasi tingkat patogenisitas ada tiga yaitu: Patogenisitas tinggi dengan persentase kematian >64,49%, patogenisitas sedang dengan persentase kematian 30,99 - 64,49% dan patogenisitas rendah dengan persentase kematian <30,99% (Thungrabeab *et al.*, 2006). Meneliti potensi kecambah dan mengisolasi virulensi dari setiap habitat yang berbeda akan memperjelas korelasi antara karakter fenotipik koloni dan mengisolasi potensi sebagai agen pengendali (Afandhi, 2012). Ketersediaan virulensi *B. bassiana* sebagai myco-insektisida atau patogen yang secara alami bertahan di lapangan adalah langkah pertama pada pengembangan agen pengontrol elemen biologis (Afandhi, 2012).

Uji Postulat Koch Jamur Entomopatogen *Filoplan Padi* pada larva *T. molitor*

Hasil uji postulat koch jamur entomopatogen filoplan padi menyebabkan perubahan perilaku dan morfologi *T. molitor*. Perubahan perilaku dilihat dengan pergerakan larva yang melemah. Perubahan morfologi *T. molitor* dilihat dengan perubahan warna pada larva dan larva yang sudah mati akan ditumbuhi oleh miselia jamur. Menurut Hasnah *et al.*, (2012) keefektifan jamur entomopatogen untuk mengendalikan hama sasaran sangat tergantung pada umur serangga, stadia perkembangan, permukaan kutikula dan kerapatan spora.

Peningkatan mortalitas larva *T. molitor* terjadi pada hari ke dua hingga ke sepuluh. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rustama *et al.*, (2008) kematian serangga akibat jamur entomopatogen terjadi pada 2 sampai 14 hari setelah terinfeksi, namun bisa juga terjadi kurang dari 24 jam. Kecepatan mortalitas serangga tergantung kerentanan

serangga, kerapatan dan viabilitas konidia jamur.

Pada uji postulat Koch, patogenisitas jamur entomopatogen filoplan pada *T. molitor* menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Hasil pengamatan selama 10 HSA terhadap mortalitas *T. molitor* oleh *Rhizopus* sp. 3 sebesar 26,67%.

Salah satu faktor penyebab mortalitas larva ialah kerentanan larva. Larva *T. molitor* pada uji postulat Koch yang digunakan ialah larva *T. molitor* yang baru berganti kulit. Larva tersebut memiliki lapisan kutikula yang sangat lunak dan tipis, sehingga mudah mengalami infeksi. Hal tersebut diduga menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya mortalitas pada perlakuan pemberian jamur pada larva *T. molitor*, karena dapat memudahkan jamur untuk melakukan penetrasi ke dalam tubuh larva *T. molitor*. Selain kerentanan larva, kecocokan dengan inang untuk tumbuh juga mempengaruhi mortalitas larva. Hal ini sesuai dengan pernyataan Shahid (2012) yang menyatakan bahwa konidia jamur entomopatogen secara umum menginfeksi serangga, akan berkecambah ketika konidia menempel pada inang yang cocok, memulai reaksi pengenalan dan aktivasi enzim.

Proses infeksi jamur entomopatogen pada larva tentu *T. molitor* sangat rumit. Proses infeksi jamur entomopatogen pada serangga digolongkan dalam empat tahapan. Tahap pertama ialah inokulasi, yaitu kontak antara jamur dengan tubuh serangga. Tahap kedua proses penempelan dan perkecambahan jamur pada serangga, pada tahap ini dibutuhkan kelembaban udara yang tinggi bahkan kadang-kadang air diperlukan untuk perkecambahan jamur. Tahap ketiga yaitu penetrasi jamur ke dalam tubuh serangga melalui ruas-ruas tubuh, yang dimulai dengan menempelnya konidia pada kutikula, mulut, dan trakea serangga. Konidia akan berkecambah membentuk tabung-tabung kecambah dan apresorium.

Apresorium mulai dibentuk untuk menembus epikutikula, berlangsung secara mekanis / kimia dengan bantuan enzim dan toksin. Tahap keempat ialah destruksi atau proses mematikan serangga dimana terbentuknya hifa yang menembus epidermis hingga mencapai pembuluh heamolimpha kemudian menyerang jaringan lainnya (Prayogo *et al.*, 2005).

Faktor lain yang menyebabkan mortalitas larva *T. molitor* adalah kerapatan dan viabilitas jamur. Jamur entomopatogen dari filoplan daun padi memiliki kerapatan dan viabilitas konidia yang berbeda-beda. Menurut Susilawati (2015) perkecambahan yang tinggi (viabilitas) akan menyebabkan proses infeksi dan kematian yang cepat pada serangga inang. Semakin tinggi kerapatan konidia yang diinfeksi, maka semakin tinggi peluang kontak antara patogen dengan inang (Rustama *et al.*, 2008). Genus jamur *Rhizopus* ialah jamur oportunistis yang mampu menginfeksi larva yang sedang lemah atau terluka.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Di ekosistem PHT Kendal terdapat dua isolat jamur entomopatogen filoplan yaitu *Rhizopus* sp. (PK8) dan *Beauveria* sp. (PK4).
2. Nilai indeks keanekaragaman jamur entomopatogen filoplan padi PHT Kendal ialah 2,00, nilai termasuk kategori keanekaragaman sedang
3. Pengujian patogenisitas, jamur *Beauveria* sp. (PK4) memiliki kemampuan patogenisitas sebesar 61,67% terhadap larva *S. litura*.

SARAN

Penelitian selanjutnya, jamur entomopatogen filoplan *Beauveria* sp. (PK4) yang diperoleh disarankan untuk melakukan uji virulensi terhadap serangga hama dan

isolat hasil uji dapat diaplikasikan secara langsung di ekosistem PHT Kendal.

DAFTAR PUSTAKA

- Afandhi, A., S.R.C. Syamsidi, S.M. Mimbar, dan B. Wiroatmodjo. 2012. Isolation and Phenotypic Characterization of Morphology in Fungus *Beauveria Bassiana* (Balsamo) Vuillemin Colony Naturally from Leaf Surface, Soil, and Insect As Host in Tomato Plantation. *Agrivita*. 34 (3): 303-310.
- Afandhi, A., dan S.R.C. Syamsidi. 2010. The Protectant Potential of a Gamblong Flour to Enhance Efficacy of *Beauveria bassiana* Fungi Used as a Foliar Treatment against *Spodoptera litura*. The 8th International Symposium on Biocontrol and Biotechnology.
- Alvarez-Perez, S., A. Mateos, L. Dominguez, E. Martinez-Nevado, J.L. Blanco, M.E. Garcia. 2010. Polyclonal *Aspergillus fumigatus* infection in captive penguins. *Veterinary Microbiology* 144(3): 444-449.
- Carroll, G.C. & P. Tudzynski. 1997. *The Mycota, Vol. V: Plant Relationship, Part A*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg & New York.
- Gandjar I., S. Wellyzar dan O. Ariyanti. 2006. *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Herawati, N.K., Hendrani, J., Nugraheni. S., 2014. Viabilitas Pertanian Organik dibandingkan dengan Pertanian PHT. *Research Report. Humanities and Sosial Science*. 2:1-24
- Koestoni, T.M. (1985). *Analisis Probit*. Kelompok Peneliti Hama Lembang. Balai Penelitian Hortikultura.
- Meyling, N., Jorgen, E. 2006. Isolation and Characterisation of *Beauveria bassiana* Isolates from *Phylloplanes*

of Hedgerow Vegetation. *Mycological Research* 110. 188-195.

- Noerfitriyani. 2018. Inventarisasi Jenis-Jenis Cendawan Pada Rizosfer Pertanian Padi. Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Permadi, M. A., Lubis, R. A., dan Siregar, I. K. 2019. Studi Keanekaragaman Cendawan Entomopatogen dari Berbagai Rizosfer Tanaman Hortikultura di Kota Padangsidimpuan. *EKSAKTA : Jurnal Penelitian dan Pembelajaran MIPA*. 4(1): 1-9.
- Prayogo, Y. 2006. "Upaya Mempertahankan Keefektifan Jamur Entomopatogen untuk Mengendalikan Hama Tanaman Pangan". *Dalam Jurnal Litbang Pertanian* 25 (2): 47-54.
- Rose, N. S. H. 2017. Keanekaragaman Genus Jamur Entomopatogen Pada Rizosfer Padi Sawah Dengan Penerapan Hama terpadu (PHT) Di Kasembon Malang. Tesis Magister. Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan Pembangunan (PSLP). Universitas Brawijaya.
- Rustama, M. M., Melanie., B. Irawan. 2008. Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* terhadap *Crocidolomia pavonana* fab. dalam Kegiatan Studi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Kubis dengan Menggunakan Agensia Hayati. Laporan Akhir Penelitian Peneliti Muda UNPAD Sumber Dana DIPA UNPAD. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Padjadjaran.
- Shahid, A.A., A.Q Rao., A. Bakshs dan T. Husnain. 2012. Entomopathogenic Fungi as Biological Controllers: New Insight into their Virulance and Pathogenicity. *Arc., Biol. Sci., Balgrade*. 6 (1): 21-42.

Trizelia. 2005. Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana*: Keragaman Genetik, Karakterisasi Fisiologi dan Virulensinya Terhadap *Crocidolomia pavonana*. Disertasi Doktor, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Trizelia, Reflinaldon & Shinta H.C, Samer. 2010. Keanekaragaman Jamur Entomopatogen pada Rizosfir Ekosistem Cabai Dataran Tinggi dan Dataran Rendah di Sumatera Barat. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Kampus Limau Manis Padang. 25163: Padang.

Widyati, E. 2013. Pentingnya Keanekaragaman Fungsional Organisme Tanah terhadap Produktivitas Ekosistem. Tekno Hutan Tanaman. 6 (1): 29-39.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



