KELIMPAHAN JAMUR YANG BERASOSIASI DENGAN SERANGGA DI RIZOSFER TANAMAN JERUK (*Citrus reticulata*) PADA DUA LAHAN PHT DI MALANG RAYA

Oleh

ANITA QUR'ANIA

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

MALANG

2017

repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KELIMPAHAN JAMUR YANG BERASOSIASI DENGAN SERANGGA DI RIZOSFER TANAMAN JERUK (*Citrus reticulata*) PADA DUA LAHAN PHT DI MALANG RAYA

OLEH

ANITA QUR'ANIA

125040201111031

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

MINAT HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN

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

2017

PERNYATAAN

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

Malang, Januari 2017

Penulis

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian	: Kelimpahan Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Rizosfer Tanaman Jeruk (*Citrus reticulata*) pada Dua Lahan PHT di Malang Raya
Nama Mahasiswa	: Anita Qur'ania
NIM	: 125040201111031
Jurusan	: Hama dan Penyakit Tumbuhan
Program Studi	: Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping,
Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS.	Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc.
NIP. 19580208 198212 1 001	NIK. 201503860523 1 001

Diketahui,
Ketua Jurusan

Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS.
NIP. 19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I	Penguji II
Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS. NIP. 19550821 198002 1 002	Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc. NIK. 201503860523 1 001
Penguji III	**Penguji IV**
Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. NIP. 19580208 198212 1 001	Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS. NIP. 19550522 198103 1 006

Tanggal Lulus :

repository.ub.ac.id

Skripsi ini saya persembahkan untuk
orangtuaku (abah Imron dan mama Eliya),
kakakku dan adik-adikku (Evi, Emi, Eki dan Eri)
serta guru-guruku dan teman-temanku.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

ANITA QUR'ANIA. 125040201111031. Kelimpahan Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Rizosfer Tanaman Jeruk (*Citrus reticulata*) pada Dua Lahan PHT di Malang Raya. Di bawah bimbingan Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. sebagai Pembimbing Utama dan Fery Abdul Choliq SP., MP., M.Sc. sebagai Pembimbing Pendamping.

Rizosfer merupakan habitat yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme tanah. Mikroorganisme yang hidup di rizosfer, khususnya jamur yang berasosiasi dengan serangga memberi keuntungan bagi pertumbuhan tanaman dengan membantu menekan populasi serangga hama. Jenis jamur yang berasosiasi dengan serangga terdiri dari jamur patogen serangga, patogen oportunis dan koloniser sekunder. Keberadaan jamur patogen serangga di rizosfer dipengaruhi oleh kandungan bahan organik dan praktek budidaya seperti pengaplikasian pestisida. Petani yang menerapkan sistem budidaya secara konvensional telah banyak beralih ke sistem budidaya secara organik. Konversi dari lahan konvensional menjadi lahan organik disebut dengan lahan PHT (Pengelolaan Hama Terpadu) yang dapat meningkatkan keragaman mikroorganisme tanah seperti jamur patogen serangga di rizosfer. Petani tanaman jeruk pada daerah Kecamatan Dau Kabupaten Malang dan Kecamatan Junrejo Kota Batu mulai beralih pada sistem pertanian secara PHT, namun masih sedikit informasi mengenai sebaran jamur patogen serangga dari rizosfer tanaman jeruk pada lahan PHT.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan November 2016 di Laboratorium Pengendalian Hayati 1 Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang. Lokasi pengambilan sampel rizosfer tanaman jeruk pada lahan PHT di Desa Sumberbendo Dau Kabupaten Malang dan Desa Dadaprejo Junrejo Kota Batu. Metode isolasi dengan cara pengenceran bertingkat dan pengumpanan menggunakan larva *Tenebrio molitor* instar tiga. Analisis kelimpahan dan keragaman genus jamur yang berasosiasi dengan serangga menggunakan rumus *Standard Plate Count* dan indeks keragaman Shannon-Wiener. Pengujian patogenisitas isolat jamur yang berasosiasi dengan serangga terhadap *Spodoptera litura* instar dua.

Jumlah genus jamur yang diperoleh dari rizosfer tanaman jeruk pada lahan PHT di Dau dan Junrejo sebanyak delapan genus jamur, yaitu *Paecilomyces, Acremonium, Penicillium, Metarhizium, Aspergillus, Fusarium, Cladosporium*, dan *Trichoderma*. Tiga puluh dua (32) isolat tersebar pada kedua lahan PHT, yaitu lahan PHT di Dau sebanyak 17 isolat yang terdiri dari 7 genus jamur dan lahan PHT di Junrejo sebanyak 15 isolat yang terdiri dari 8 genus jamur. Nilai kelimpahan genus jamur yang berasosiasi dengan serangga pada lahan PHT di Dau yaitu 378 cfu/ml sedangkan pada lahan PHT di Junrejo yaitu 188 cfu/ml. Kedua lahan PHT didominasi oleh genus jamur *Aspergillus* dan *Paecilomyces*. Nilai keragaman genus jamur yang berasosiasi dengan serangga pada lahan PHT di Dau yaitu 1,68 sedangkan pada lahan PHT di Junrejo yaitu 1,60. Nilai keragaman genus jamur pada kedua lahan PHT termasuk dalam kategori sedang. Mortalitas tertinggi pada kedua lahan PHT mencapai 86,67% dari infeksi isolat jamur d-dpPcly1. Semua jamur yang diperoleh dari rizosfer tanaman jeruk pada lahan PHT di Dau maupun Junrejo termasuk kategori jamur oportunis.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

repository.ub.ac.id

SUMMARY

ANITA QUR'ANIA. 125040201111031. Abundance of Insect-Associated Fungi in Rhizosphere of Citrus (*Citrus reticulata*) on Two Areas IPM in Malang Raya. Supervised by Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. and Fery Abdul Cholig SP., MP., M.Sc.

Rhizosphere is a good habitat for microorganisms growth of soil. Microorganisms live in the rhizosphere, especially insect-associated fungi can beneficial for the growth of plants to get suppress insect pest populations. Insect-associated fungi were defined to include known insect pathogenic fungi, opportunistic pathogens and secondary colonizers. The existence of insect pathogenic fungi in the rhizosphere affected by matter organic and cultivation such as applying pesticides. Farmers who applies conventional system have a lot of switching to organic farming systems. Conversion from conventional to organic system is called IPM (Integrated Pest Management) can increase the diversity of soil microorganisms such as fungi and insect pathogens in the rhizosphere. Citrus farmers in Dau Kabupaten Malang and Junrejo Kota Batu had began to shift in agricultural IPM system, however only few information of distribution insect pathogenic fungi in rhizosphere of citrus on IPM.

This study was conducted May to November 2016 in Pengendalian Hayati 1 Laboratory Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya. The sampling locations in rhizosphere of citrus on IPM in different agroecosystem at Sumberbendo, Dau, Kabupaten Malang and Dadaprejo, Junrejo, Kota Batu. Isolation method using dilution and insect bait third instar of *Tenebrio molitor* larvae. Analysis of the abundance and diversity of Insect-associated using Standard Plate Count's formula and Shannon-Wiener's diversity index. Pathogenicity test from isolate of Insect-associated against second instar of *Spodoptera litura.*

Insect-associated fungi from rhizosphere of citrus on IPM in Dau and Junrejo is eight genera of fungi, i.e. *Paecilomyces, Acremonium, Penicillium, Metarhizium, Aspergillus, Fusarium, Cladosporium,* and *Trichoderma*. Thirty-two (32) isolates were isolated in these two location, IPM in Dau were 17 isolates comprising of 7 genera of fungi and IPM in Junrejo were 15 isolates consisting of 8 genus of fungi. Value abundance of fungus genus on IPM in Dau is 378 cfu/ml while on IPM in Junrejo is 188 cfu/ml. Both IPM soils dominated by fungus genus *Aspergillus* and *Paecilomyces*. Values diversity of fungus genus on IPM in Dau is 1.68 while on IPM in Junrejo is 1.60. Value diversity of fungus genus in both IPM included medium category. The highest mortality on both IPM reaches 86.67% of infections from d-dpPcly1 fungal isolates. All of fungi obtained from rhizosphere of citrus on IPM in Dau and Junrejo including opportunistic fungal category.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian (skripsi) yang berjudul **"**Kelimpahan Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Rizosfer Tanaman Jeruk (*Citrus reticulata*) pada Dua Lahan PHT di Malang Raya**"** dengan baik.

Skripsi dapat terselesaikan dengan adanya bantuan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada bapak Dr. Ir. Aminudin Afandhi, MS. dan Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan, arahan, waktu, dan motivasi yang diberikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada ibu Dr. Ir. Ludji Pantja Astuti, MS. selaku Ketua Jurusan HPT, bapak Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, MS. selaku Ketua Majelis dan bapak Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS. selaku Penguji beserta seluruh dosen atas bimbingan dan arahan yang selama ini diberikan serta kepada karyawan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya atas fasilitas dan bantuan yang diberikan. Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada abah, mama, kakak, dan adik-adikku atas doa, cinta, kasih sayang, pengertian dan dukungan yang diberikan kepada penulis. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada sahabat dan teman-teman HPT angkatan 2012 yang tidak bisa disebutkan satu persatu dalam mendukung terlaksananya tugas akhir penulis.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi civitas akademika FP UB, masyarakat, serta pihak lain yang membutuhkan informasi terkait bahasan pada skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran bersifat membangun sangat penulis harapkan.

Malang, Januari 2017

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Anita Qur'ania dan biasa dipanggil Eni. Penulis lahir pada tanggal 18 Maret 1995 di Waingapu, Sumba Timur, Nusa Tenggara Timur dari pasangan bapak H. Ahmad Imron AR, SH., MH. dan ibu Yusratul Eliya. Penulis merupakan putri kedua dari lima bersaudara. Penulis memiliki seorang kakak perempuan yang bernama List Afifatul Hidayah, S.Hi dan tiga adik yang bernama Amilia Candrasari, Arizqi Firmansyah dan Ariani Dewi Aisyah.

Riwayat pendidikan penulis yang pernah ditempuh yaitu pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Sandhy Putra Ende NTT (2000-2001), selanjutnya pendidikan dasar di SDN Ende 09 NTT (2001-2002) dan SDN Gebang 01 Bangkalan Madura (2003-2006), kemudian melanjutkan pendidikan di MTsN Model Bangkalan Madura (2006-2009), selanjutnya di MAN Model Bangkalan Madura (2010-2012). Pada tahun 2012 penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang melalui jalur undangan SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) dan pada semester V penulis masuk Jurusan HPT (Hama dan Penyakit Tumbuhan).

Selama menempuh pendidikan di Perguruan Tinggi, penulis pernah menjadi asisten praktikum Manajemen Hama dan Penyakit Terpadu dan Entomologi (2015), Hama dan Penyakit Penting Tanaman, Pertanian Berlanjut dan Teknologi Produksi Agens Hayati (2016). Selain itu, penulis pernah aktif mengikuti kepanitiaan yaitu Potensi dan Kreasi HIMAPTA FP UB (2015). Penulis pernah melakukan kegiatan magang kerja selama tiga bulan di PT. DuPont Agricultural Products Indonesia R&D.

DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN i
SUMMARY ii
KATA PENGANTAR iii
RIWAYAT HIDUP iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL vi
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR LAMPIRAN viii
I. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Hipotesis Penelitian 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
II. TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1 Rizosfer 4
2.2 Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga 5
2.3 Keberadaan Jamur Patogen Serangga di Rizosfer 7
2.4 Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) pada Tanaman Jeruk 8
III. METODOLOGI 10
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 10
3.2 Alat dan Bahan Penelitian 10
3.3 Metode Penelitian 11
3.3.1 Isolasi dan Identifikasi Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga 11
3.3.2 Analisis Kelimpahan dan Keragaman Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga 14
3.3.3 Uji Patogenisitas Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga terhadap *S. litura* 15
3.4 Analisis Data Penelitian 17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 18
4.1 Identifikasi Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga 18
4.2 Analisis Kelimpahan dan Keragaman Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga 35
4.3 Patogenisitas Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga terhadap *S. litura* 38
V. PENUTUP 42
5.1 Kesimpulan 42
5.2 Saran 42

DAFTAR PUSTAKA 43
LAMPIRAN 48

DAFTAR TABEL

Nomor Halaman

1. Kondisi Agroekosistem pada Lahan PHT di Dau dan Junrejo 11
2. Kriteria Indeks Keragaman Shannon-Wiener 15
3. Hasil Koleksi Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Dau 18
4. Hasil Koleksi Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Junrejo 19
5. Nilai Kelimpahan Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Dau dan Junrejo 35
6. Nilai Keragaman Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Dau dan Junrejo 37
7. Mortalitas Larva *S. litura* Setelah Aplikasi Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk di Dau dan Junrejo 40

DAFTAR GAMBAR

Nomor Halaman

1. Cara Pengenceran pada Metode *Dilution Plate* 13
2. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Paecilomyces* sp. 1 19
3. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Paecilomyces* sp. 2 20
4. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Paecilomyces* sp. 3 21
5. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Paecilomyces* sp. 4 22
6. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Acremonium* sp. 23
7. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Penicillium* sp. 1 23
8. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Penicillium* sp. 2 24
9. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Penicillium* sp. 3 25
10. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Metarhizium* sp. 1 26
11. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Metarhizium* sp. 2 27
12. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Aspergillus* sp. 1 28
13. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Aspergillus* sp. 2 28
14. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Aspergillus* sp. 3 29
15. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Aspergillus* sp. 4 30
16. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Fusarium* sp. 1 31
17. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Fusarium* sp. 2 32
18. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Fusarium* sp. 3 33
19. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Trichoderma* sp. 33
20. Kenampakan Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Jamur *Cladosporium* sp. 34
21. Larva *S. litura* Terinfeksi oleh Isolat Jamur Serangga 39

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Halaman

1. Koloni Jamur Hasil *Dilution Plate* pada 7 HSP dari Rizosfer Tanaman Jeruk di Dau 49
2. Koloni Jamur Hasil *Dilution Plate* pada 7 HSP dari Rizosfer Tanaman Jeruk di Junrejo 50
3. Deskripsi Budidaya Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Dau 51
4. Deskripsi Budidaya Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Junrejo 52
5. Hasil Analisis Tanah dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Dau dan Junrejo 53
6. Perhitungan Nilai Kelimpahan Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Dau 54
7. Perhitungan Nilai Kelimpahan Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Junrejo 54
8. Perhitungan Nilai Keragaman Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Dau 55
9. Perhitungan Nilai Keragaman Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Junrejo 55
10. Kerapatan dan Viabilitas Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Dau 55
11. Kerapatan dan Viabilitas Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga di Junrejo 56

I. PENDAHULUAN

1. 1 Latar Belakang

Rizosfer merupakan habitat yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme tanah. Rizosfer menyediakan sumber nutrisi yang mendukung kehidupan, serta melindungi mikroorganisme tanah dari radiasi *ultraviolet* (Sun dan Liu, 2008; Bruck, 2010). Mikroorganisme tanah, khususnya jamur yang berasosiasi dengan serangga memberi keuntungan bagi pertumbuhan tanaman dengan membantu menekan populasi serangga hama. Jenis jamur yang berasosiasi dengan serangga terdiri dari jamur patogen serangga, patogen oportunis dan koloniser sekunder (Sun dan Liu, 2008). Jamur patogen serangga yaitu jamur yang dapat menyebabkan sakit pada serangga. Jamur patogen oportunis yaitu jamur yang sifatnya bukan patogen serangga tetapi dapat menginfeksi serangga lemah dan menyebabkan mortalitas 1-90% pada larva *G. mellonella*. Jamur koloniser sekunder yaitu jamur yang tumbuh setelah serangga mati dan tidak menunjukkan mortalitas pada larva *Galleria mellonella* (Sun and Liu, 2008; Anwar *et al.*, 2015). Jamur patogen serangga yang telah diketahui mampu mengendalikan serangga hama yaitu *Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Nomuraea* sp., *Paecilomyces* sp., *Aspergillus* sp., *dan Verticillium* sp. (Prayogo, 2006).

Keberadaan jamur patogen serangga di rizosfer dipengaruhi oleh kandungan bahan organik dan praktek budidaya seperti pengaplikasian pestisida. Praktek budidaya secara konvensional umumnya mengaplikasikan pestisida dan menambah input lain seperti pupuk kimia ke dalam tanah, hal ini dapat mempengaruhi kelimpahan jamur patogen serangga di rizosfer. Jamur patogen serangga di rizosfer melimpah dan beragam pada lahan dengan tingkat kandungan bahan organik yang tinggi seperti karbohidrat, asam organik, asam amino dan vitamin untuk mendukung pertumbuhan jamur (Talwar, 2005). Goble *et al.* (2010) menyatakan bahwa *B. bassiana* lebih banyak diperoleh dari rizosfer pada lahan organik dibandingkan lahan konvensional. Meyling dan Eilenberg (2006) menyatakan *M. anisopliae* biasanya tidak ditemukan pada lahan konvensional. Tkaczuk *et al.* (2014) menyatakan *M. anisopliae, P. fumosorosea* dan *Lecanicillium* sp. diperoleh dari rizosfer pada lahan konvensional maupun lahan

organik, sedangkan *B. bassiana* hanya dari rizosfer pada lahan organik. Vanninen (1996); Chandler *et al.*, (1997) *dalam* Quesada-Moraga (2007) menyatakan *P. fumosoroseus* banyak ditemukan pada lahan organik terutama lahan hutan.

Petani yang menerapkan sistem budidaya secara konvensional telah banyak beralih ke sistem budidaya secara organik. Konversi dari lahan konvensional menjadi lahan organik disebut dengan lahan PHT (Pengelolaan Hama Terpadu). Peralihan lahan PHT dengan penambahan bahan organik dan mengurangi penggunaan pestisida sintetik dapat meningkatkan keragaman jamur patogen serangga di rizosfer (Birkhofer *et al.*, 2008).

Kawasan produksi jeruk di Jawa Timur terletak di Malang Raya, yaitu Kabupaten Malang dan Kota Batu (Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Malang, 2013 *dalam* Sugiyatno, 2014). Produksi Jeruk di Kabupaten Malang menyumbang 0,7% dari produksi nasional (Sugiyatno, 2014). Petani tanaman jeruk pada daerah Kecamatan Dau Kabupaten Malang dan Kecamatan Junrejo Kota Batu mulai beralih pada sistem pertanian secara PHT. Perbedaan kedua lahan PHT terletak pada praktek budidaya, seperti penambahan bahan organik dan pengurangan bahan sintetik ke dalam tanah. Informasi kelimpahan dan keragaman jamur patogen serangga di rizosfer tanaman jeruk pada lahan PHT bermanfaat sebagai acuan sebelum pemilihan isolat virulen untuk mengendalikan hama tanaman jeruk secara terpadu namun, masih sedikit informasi mengenai kelimpahan dan keragaman jamur patogen serangga pada lahan PHT. Agens hayati yang diperoleh dari lahan setempat akan mempunyai adaptasi dan kinerja lebih tinggi pada hama dibandingkan dengan agens hayati yang diintroduksikan dari daerah lain (Prayogo, 2006).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian ini yaitu :

1. Genus jenis jamur yang berasosiasi dengan serangga apa saja yang diperoleh dari rizosfer tanaman jeruk pada dua lahan PHT di Malang Raya?
2. Apakah kelimpahan dan keragaman genus jamur yang berasosiasi dengan serangga di rizosfer tanaman jeruk berbeda pada dua lahan PHT di Malang Raya?

3. Apakah patogenisitas isolat jamur yang berasosiasi dengan serangga dari rizosfer tanaman jeruk pada dua lahan PHT di Malang Raya berbeda dalam mengendalikan larva *Spodoptera litura*?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengidentifikasi genus jamur yang berasosiasi dengan serangga dari rizosfer tanaman jeruk pada dua lahan PHT di Malang Raya.
2. Menentukan kelimpahan dan keragaman genus jamur yang berasosiasi dengan serangga di rizosfer tanaman jeruk pada dua lahan PHT di Malang Raya.
3. Menguji patogenisitas isolat jamur yang berasosiasi dengan serangga dari rizosfer tanaman jeruk pada dua lahan PHT di Malang Raya terhadap larva *S. litura.*

1.4 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini yaitu :

1. Diperoleh genus jenis jamur yang berasosiasi dengan serangga dari rizosfer tanaman jeruk pada dua lahan PHT di Malang Raya.
2. Terdapat perbedaan kelimpahan dan keragaman genus jamur yang berasosiasi dengan serangga di rizosfer tanaman jeruk pada dua lahan PHT di Malang Raya.
3. Isolat jamur yang berasosiasi dengan serangga dari rizosfer tanaman jeruk pada dua lahan PHT di Malang Raya memiliki patogenisitas berbeda dalam mengendalikan larva *S. litura.*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu memberikan informasi kelimpahan dan keragaman jamur yang berasosiasi dengan serangga di rizosfer tanaman jeruk pada dua lahan PHT di Malang Raya dan memperoleh isolat jamur paling virulen yang selanjutnya dikonservasi untuk dijadikan sebagai agens hayati pengendali OPT (Organisme Pengganggu Tanaman).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rizosfer

Rizosfer adalah lapisan tanah yang menyelimuti permukaan akar tanaman dan masih dipengaruhi oleh aktivitas akar. Rizosfer merupakan habitat yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme karena akar tanaman menyediakan berbagai bahan organik yang umumnya membantu pertumbuhan mikroorganisme. Bahan organik yang dikeluarkan oleh akar berasal dari eksudat akar, sekresi akar, lisat akar dan musigel. Eksudat akar mengeluarkan bahan dari aktivitas sel akar hidup seperti gula, asam amino, asam organik, asam lemak dan sterol, faktor tumbuh, nukleotida, flavonon, enzim dan *miscellaneous*. Sekresi akar mengeluarkan bahan yang dipompakan secara aktif keluar dari akar. Lisat akar mengeluarkan bahan secara pasif saat autolisis sel akar. Musigel mengeluarkan bahan sekresi akar, sisa sel epidermis, sel tudung akar yang bercampur dengan sisa sel mikroorganisme, produk metabolit, koloid organik dan koloid anorganik (Soemarno, 2010).

Enzim utama yang dihasilkan akar adalah oksidoreduktase, hidrolase, liase, dan transferase. Enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme di rhizosfir adalah selulase, dehidrogenase, urease, fosfatase dan sulfatase. Berbagai senyawa yang menstimulir atau membantu pertumbuhan mikroorganisme, menyebabkan jumlah mikroorganisme dilingkungan rizosfer tinggi. Mikroorganisme di rizosfer memberi keuntungan bagi tanaman, yaitu melarutkan dan menyediakan mineral seperti N, P, Fe, dan menghasilkan vitamin, asam amino, auxin, giberelin yang dapat menstimulir pertumbuhan tanaman dan mikroorganisme yang patogenik dengan menghasilkan antibiotik (Soemarno, 2010). Kegiatan biologis seperti pertumbuhan akar dan metabolisme mikroorganisme dalam tanah berperan membentuk tekstur dan kesuburan tanah.

Secara umum, jumlah populasi mikroorganisme dalam tanah lebih banyak dibandingkan dengan jumlah mikroorganisme pada udara dan air. Hal ini dikarenakan ketersediaan bahan organik dan senyawa anorganik yang ada pada tanah lebih tinggi jika dibandingkan pada udara dan air. Tanah tersusun atas 45% mineral tanah, 25% air, 25% udara, dan 5% bahan organik (Soemarno, 2010).

Mikroorganisme tanah berperan penting bagi pertumbuhan tanaman. Mikroorganisme tanah membantu dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman melalui simbiosis dengan cara melepaskan unsur hara yang terikat dan tidak tersedia bagi tanaman menjadi bentuk yang tersedia dan dapat diserap oleh tanaman. Mikroorganisme tanah juga memiliki peran aktif dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit, seperti mikroorganisme penghasil antibiotik berupa patogen bagi organisme pangganggu tanaman. Jamur merupakan salah satu kelompok dari mikroorganisme tanah yang berperan dalam mobilitas unsur-unsur hara (Soemarno, 2010). Komponen biologi tanah yang dapat digunakan sebagai bioindikator kesehatan tanah adalah organisme hidup dalam tanah, bahan organik tanah dan biodiversitas tanah.

2.2 Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga

Jamur yang berasosiasi dengan serangga merupakan jamur yang diisolasi dari tanah dengan menggunakan metode umpan serangga. Jamur yang berasosiasi dengan serangga terdiri dari jamur patogen serangga, patogen oportunis dan koloniser sekunder (Sun dan Liu, 2008). Patogen serangga merupakan jamur yang dapat menyebabkan sakit pada serangga. Patogen oportunis merupakan jamur yang sifatnya bukan patogen serangga tetapi dapat menginfeksi serangga lemah. Koloniser sekunder merupakan jamur yang tumbuh setelah serangga mati. Jamur koloniser sekunder tidak menunjukkan mortalitas pada larva *Galleria mellonella* (Sun and Liu, 2008). Jamur patogen oportunis menyebabkan mortalitas 1-90% pada larva *G. mellonella* (Sun and Liu, 2008). Jamur patogen oportunis antara lain *Aspergillus flavus*., *Absidia* sp., *Fusarium* sp., *F. solani*, *F. oxysporum*, *Penicillium* sp., *P. brasilianum*, *P. chrysogenum*, *Cladosporium cladosporioides*., *Mucor* spp., *Mortierella* sp., *Clonostachys rosea* f. *rosea* dan *Lecythophora* sp. Jamur koloniser sekunder antara lain *Trichoderma* sp., *T. harzianum*, *T. koningii*, *Absidia glauca*, *Fusarium aqueductum*, *F. proliferatum*, *F. equiseti*, *Penicillium italicum*, *Rhizopus oryzae*, *Clonostachys* sp. dan *Talaromyces flavus* (Sun dan Liu, 2008; Sun *et al*., 2008; Anwar *et al.*, 2015). Jamur koloniser sekunder hidup secara saprofit dengan mengkonsumsi jaringan serangga yang sudah mati (Sun *et al*., 2008).

Jenis jamur yang berasosiasi dengan serangga sebagai patogen serangga antara lain *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*, *Lecanicillium lecanii*, *Paecilomyces farinosus*, *Tolypocladium inflatum* dan *Nomuraea rileyi* (Sun dan Liu, 2008). Jamur patogen serangga membentuk spora yang bertahan lama ketika lingkungan tidak mendukung dan tidak mendapatkan inang sasaran dengan cara bertahan pada sisa-sisa tanaman mati, tanah, dan kotoran hewan (Goble *et al.*, 2010). Jamur patogen serangga biasanya ditemukan dalam bentuk konidia, mudah terkena paparan radiasi ultraviolet dan perubahan iklim mikro sekitar. Ketika konidia melekat pada inang, terjadi perkecambahan membentuk miselium, appresorium dan tabung kecambah yang secara enzimatis merusak kutikula serangga (Hajek dan St Leger, 1994 *dalam* Cory dan Ericsson, 2010). Jamur patogen serangga peka terhadap iklim mikro. Eksudat tanaman, perubahan tanaman akibat herbivora, topologi dan permukaan daun serta perubahan iklim mikro dapat mempengaruhi jumlah konidia yang menempel pada inang, sporulasi dan perkecambahan jamur patogen serangga. Perilaku inang, kualitas kutikula, ketahanan tubuh inang dan faktor lingkungan lain dapat mempengaruhi efektifitas jamur patogen serangga (Cory dan Ericsson, 2010).

Jamur patogen serangga bertahan dalam tanah selama beberapa tahun dalam bentuk spora (Costa dan Gaugler, 1989 *dalam* Cory dan Ericsson, 2010). Kemampuan stadia infektif patogen khususnya jamur untuk bertahan hidup diluar inangnya adalah faktor utama dalam pengembangan jamur patogen serangga. banyak jamur patogen serangga yang dikembangkan secara komersial sebagai bioinsektisida. Jamur patogen serangga tidak toksik bagi manusia, vertebrata, dan serangga non target. Saat ini, lebih dari 35 genus terdiri dari 400 spesies jamur patogen serangga yang teridentifikasi dan dikembangkan sebagai pengendalian hayati. Jamur patogen serangga telah banyak digunakan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman pangan, perkebunan, buah-buahan, sayuran dan larva nyamuk *Aedes aegypti* di air (Dibiyantoro *et al.*, 1996; Wiryadiputra, 1994; Hasyim dan Azwana, 2003).

Mekanisme patogenisitas jamur patogen oportunis sama dengan mekanisme patogenisitas jamur patogen serangga pada umumnya yaitu diawali dengan proses pelekatan dan perkecambahan konidia pada integumen serangga yang melibatkan

berbagai macam zat pada permukaan inang dan struktur permukaan konidia (Tanada dan Kaya, 1993). Pelekatan konidia pada permukaan inang dipengaruhi oleh keadaan air di permukaan tubuh inang. Proses ini melibatkan kerja secara fisik (*infectionpeg)* dan kimiawi, sehingga mengakibatkan jamur patogen serangga dapat masuk ke dalam jaringan *hemocoel* serangga. Secara kimiawi, jamur patogen serangga menembus kutikula serangga, mengeluarkan enzim protease, lipase aminopeptidase, esterase dan N-acetyl-glukosamidase (Khitinase) untuk menguraikan komponen penyusun kutikula serangga (Bidochka *et al.*, 2005).

Kematian inang diawali dari pertumbuhan hifa dan membentuk miselium yang menyebar ke segala arah dalam *hemocoel* serangga. Penyebaran miselium dalam *hemocoel* serangga mengakibatkan kerusakan jaringan, saluran pencernaan, otot, sistem syaraf dan sistem pernafasan. Toksin yang dikeluarkan mengakibatkan peningkatan pH darah, penggumpalan darah dan terhentinya peredaran darah pada serangga. Selanjutnya, jamur akan tumbuh secara saprofit dalam *hemocoel* membentuk massa hifa. Hifa-hifa dalam tubuh serangga terus berkembang menyebabkan serangga mengalami mumifikasi. Tahap pertumbuhan saprofit berakhir dengan pembentukan organ reproduksi. Miselium akan menerobos keluar tubuh serangga dan membantu spora tetap berada pada tubuh inang. Berdasarkan keadaan ini, maka jamur patogen serangga tersebut dapat digunakan sebagai agen pengendali serangga hama (Desyanti, 2007).

2.3 Keberadaan Jamur Patogen Serangga di Rizosfer

Jamur patogen serangga dapat diisolasi dari berbagai rizosfer di seluruh wilayah dengan jenis tanah berbeda. Keberadaannya di rizosfer dipengaruhi interaksi yang terjadi antara jamur, tanaman, serangga dan nutrisi lain di lingkungan. Jamur patogen serangga memiliki karakteristik spesifik dan dibedakan menjadi patogen obligat, saprofit serta endofit yang mampu mendapatkan sumber nutrisi selain dari seranga (Vega *et al.*, 2002 *dalam* Cory dan Ericsson, 2010).

Kelimpahan jamur patogen serangga obligat di rizosfer berhubungan dengan jumlah spesies serangga inang yang dipengaruhi oleh epizootik. Jamur saprofit

dan endofit fakultatif tidak memerlukan serangga inang untuk membentuk enzootik, tetapi kehadirannya di alam akan meningkatkan kemungkinan kontak langsung dengan serangga yang lemah (Hajek dan St Leger, 1994 *dalam* Cory dan Ericsson, 2010). Jamur patogen serangga fakultatif mengenali inang yang sesuai dari struktur dan senyawa kimia pada kutikula serangga (Wang *et al*., 2009 *dalam* Cory dan Ericsson, 2010).

Keberadaan jamur patogen serangga di rizosfer sebagai saprofit pada eksudat akar menggantikan inang yang lemah (Hu dan St. Leger, 2002 *dalam* Cory dan Ericsson, 2010). Jamur patogen serangga berasosiasi dan mampu bertahan hidup di rizosfer dalam eksudat akar yang mengandung nutrisi seperti karbohidrat, asam organik, asam amino dan vitamin sehingga mendukung pertumbuhan miselium, sporulasi dan perkecambahan konidia jamur (Rovira dan Wildermuth, 1981 *dalam* Talwar, 2005). Semakin tinggi bahan organik tanah maka semakin meningkat populasi jamur patogen serangga. Hal ini menciptakan kompetisi dengan mikroorganisme antagonis dan meningkatkan kesesuaian lingkungan fauna mikofagus. Meskipun demikian, konidia jamur patogen serangga dapat menempel pada kutikula fauna mikofagus dan ditularkan ke serangga inang melalui kontak fisik (Clifton, 2013). Jamur patogen serangga mampu melawan kompetitor saprofit ketika terdapat inang yang rentan dengan cara mengeluarkan toksin antibiotik dan mempertahankan nutrisi yang diperoleh dari inang terinfeksi untuk reproduksi konidianya (Hughes dan Boomsma, 2004 *dalam* Clifton, 2013).

2.4 Pengelolaan Hama Terpadu (PHT)

Pengelolaan Hama Terpadu (PHT) merupakan cara pendekatan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) berdasarkan pada pertimbangan ekologi dan efisiensi ekonomi dalam rangka pengelolaan agroekosistem yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan (Triman, 2010).

Prinsip penerapan PHT secara umum pada tingkat petani yaitu budidaya tanaman sehat, pelestarian dan pendayagunaan musuh alami, pengamatan mingguan secara teratur, dan petani sebagai ahli PHT. Sasaran dalam PHT yaitu produktivitas tinggi dan stabil, penghasilan dan kesejahteraan petani meningkat,

populasi OPT dan kerusakan tanaman akibat serangan OPT berada pada aras yang tidak merugikan secara ekomoni, serta pengurangan resiko pencemaran lingkungan akibat penggunaan pestisida. Strategi PHT memadukan secara kompatibel semua teknik atau metode pengendalian OPT. Taktik dalam PHT yaitu pemanfaatan proses pengendalian secara alami dengan mengurangi tindakan yang dapat mengganggu perkembangan musuh alami, pengelolaan ekosistem dengan baik seperti menggunakan benih sehat, varietas tahan, melakukan rotasi tanaman dan sanitasi tanaman secara rutin. Selain itu, Taktik dalam PHT yaitu pengendalian secara fisik, mekanik, dan penggunaan pestisida sintetik setelah adanya *monitoring* populasi hama dan penyakit (Triman, 2010). Penggunaan pestisida sintetik oleh petani merupakan suatu keharusan. Dalam PHT penggunaan pestisida tidak begitu saja dihilangkan namun, hanya digunakan dengan persyaratan tertentu yaitu cara aplikasi pestisida berdasarkan perlakuan rutin berjadwal harus diganti dengan aplikasi pestisida bila perlu (*treat when necessary*) (Mudjiono, 2013).

Beberapa petani di Indonesia telah mengenal dan menggunakan teknik PHT, yaitu dengan memadukan berbagai teknik pengendalian untuk mengendalikan hama yang merupakan teknik pengendalian berkelanjutan. Berdasarkan penelitian Atmyanti *et al.* (2014) membuktikan bahwa petani yang menerapkan teknik PHT untuk pengendalian hama dan penyakit cenderung memiliki kualitas dan kuantitas buah yang tinggi. Faktanya, kesadaran petani akan penggunaan PHT sangat kurang dan banyak juga dari petani yang belum tahu apa itu PHT, sehingga petani hanya mengandalkan pestisida sintetik untuk mengendalikan serangan OPT. Dampak negatif yang timbul akibat penggunaan pestisida sintetik yaitu timbul resistensi pada hama. Keadaan ini biasanya timbul sebagai akibat penggunaan satu jenis pestisida secara terus menerus dalam waktu yang cukup lama. Penggunaan pestisida memang tidak dapat dihilangkan begitu saja jika dilihat dari kebiasaan petani di Indonesia, tetapi dengan banyaknya petani yang mulai menerapkan teknik PHT diharapkan dapat mengurangi penggunaan bahan kimia seperti pestisida sintetik yang dapat mengakibatkan efek buruk pada lingkungan dan kesehatan petani.

III. METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan November 2016 di Laboratorium Pengendalian Hayati 1 Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian adalah sekop kecil, penggaris, dan kantong plastik untuk pengambilan sampel tanah. Ayakan 600 mesh untuk mengayak sampel tanah. Autoklaf untuk sterilisasi alat dan media tumbuh jamur, gelas beker 250 ml dan 1000 ml sebagai wadah untuk pembuatan media tumbuh, botol media untuk menyimpan media, spatula sebagai pengaduk media tumbuh. Tabung reaksi dan pipet untuk pengenceran. Cawan petri berdiameter 9 cm, jarum ose, dan api bunsen untuk isolasi. *Laminar air flow cabinet* (LAFC) sebagai ruang steril isolasi. Alumunium foil untuk menutup botol media. Mikroskop untuk pengamatan jamur secara mikroskopis. Kaca preparat dan kaca penutup sebagai alat bantu untuk perhitungan viabilitas. Hemositometer untuk perhitungan kerapatan konidia, *hand counter* sebagai alat bantu untuk menghitung konidia, buku identifikasi sebagai alat untuk mengidentifikasi jamur, kamera digital untuk dokumentasi pengamatan makroskopis jamur. *Cork borer*, mikropipet, *blue tip*, dan *falcon tube* 10 ml untuk penyiapan suspensi konidia jamur. Termohigrometer digital untuk mengukur suhu dan kelembaban udara.

Bahan yang digunakan adalah sampel tanah bagian rizosfer untuk isolasi jamur. Larva *Tenebrio molitor* instar tiga sebagai serangga umpan. Larva *S. litura* instar dua sebagai serangga uji patogenisitas jamur yang berasosiasi dengan serangga. Alkohol 70% dan 96% untuk sterilisasi tangan dan alat, akuades steril sebagai bahan pelarut dalam pembuatan media tumbuh. Media *sabauraud dextrose agar yeast* (SDAY) dengan komposisi bahan; dekstrose 10 g, agar 20 g, pepton 2,5 g, *yeast exstract* 2,5 g, kloramfenikol 2 butir, dan akuades 1 l. Media EKD (ekstrak kentang dekstrose) dengan komposisi bahan; kentang 250 g, dekstrose 20 g, pepton 2,5 g, kloramfenikol 2 butir, dan akuades 1 l.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1. Isolasi dan Identifikasi Morfologi Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Dua Lahan PHT

Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel Tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lahan PHT tanaman jeruk di Desa Sumberbendo Kecamatan Dau Kabupaten Malang dan Desa Dadaprejo Kecamatan Junrejo Kota Batu. Pengambilan sampel tanah secara komposit dengan metode acak. Sampel tanah komposit adalah campuran dari 10 sampai dengan 20 sampel tanah individu dari satu area pengambilan sampel. Sampel tanah individu diambil dari 10 persen populasi tanaman jeruk pada setiap lahan. Tanah bagian rizosfer diambil pada kedalaman 20 hingga 25 cm dengan menggunanakan sekop kecil. Sampel tanah diambil sebanyak kurang lebih satu kg per lahan. Sampel tanah dimasukkan kedalam kantung plastik serta diberi kertas label, kemudian dibawa ke laboratorium untuk diisolasi dan diidentifikasi. Kondisi agroekosistem pada kedua lahan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi Agroekosistem pada Lahan PHT di Kecamatan Dau Kabupaten Malang dan Kecamatan Junrejo Kota Batu

Daerah	pH Tanah	Pemupukan	Aplikasi Pestisida Sintetik
Desa Sumberbendo, Kec. Dau	5,18	Pupuk kandang, pupuk sintetik per enam bulan sekali.	Sebulan sekali
Desa Dadaprejo, Kec. Junrejo	6,53	Pupuk organik	Tidak ada

Pertumbuhan tanaman jeruk pada masing-masing desa dapat dikatakan baik. Umur tanaman jeruk di Desa Sumberbendo, Dau dan Desa Dadaprejo, Junrejo yaitu berumur lima tahun dan sembilan tahun. pH tanah pada lahan PHT di Dau dan Junrejo sebesar 5,18 dan 6,53 yang merupakan pH tanah masam. Kebanyakan mikroorganisme, khususnya jamur dapat tumbuh pada kisaran pH 2,0 hingga 8,5 tetapi biasanya pertumbuhan jamur akan lebih baik pada kondisi masam atau pH rendah (Chang, 2007). Vanninen (1996); Chandler *et al.* (1997) *dalam* Quesada-Moraga (2007) menyatakan *P. fumosoroseus* banyak ditemukan pada lahan organik

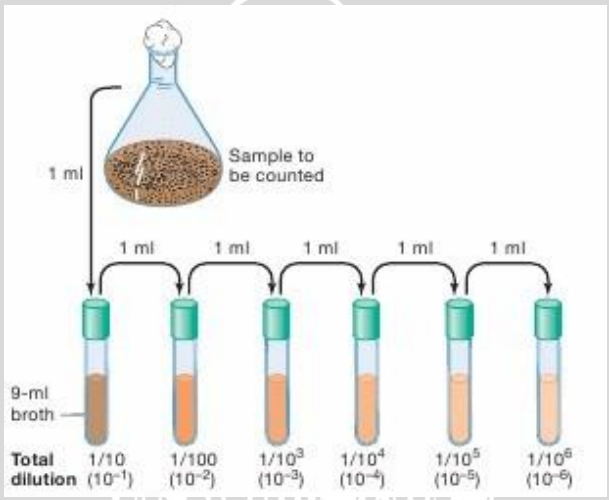
terutama pada lahan hutan dengan kondisi pH tanah yang masam. Aderemi *et al.* (2008) menyatakan bahwa pH optimal untuk pertumbuhan *Aspergillus* sp. berkisar pada pH 4,5 hingga 5,0. Martin *et al.* (2003) menyatakan bahwa *Trichoderma* sp. tumbuh optimal berkisar pada pH 4,0. Pemupukan pada kedua lahan PHT menggunakan pupuk organik dan jarang diaplikasikan pupuk sintetik. Pengendalian OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) pada lahan PHT di Junrejo tidak mengaplikasikan pestisida sintetik namun, menggunakan pestisida nabati. Sedangkan pada lahan PHT di Dau masih mengaplikasikan pestisida sintetik yang dilakukan sebulan sekali. Menurut Sapieha-Waszkiewicz *et al.* (2005), keberadaan jamur di dalam tanah dipengaruhi oleh teknik budidaya dan penggunaan pestisida sintetik. Aplikasi pestisida pada area pola tanam secara tidak langsung akan mengenai tanah sehingga akan mempengaruhi keberadaan jamur patogen serangga yang hidup di dalamnya (Mochi *et al.*, 2006 *dalam* Nuraida dan Hasyim, 2009).

Pengumpanan, Isolasi dan Identifikasi Isolat Jamur. Isolat jamur yang berasosiasi dengan serangga dari rizosfer tanaman jeruk pada kedua lahan PHT diisolasi dengan metode *insect bait* (umpan serangga) dan *dilution plate* (pengenceran bertingkat). Metode *insect bait* (umpan serangga) menggunakan larva *T. molitor*. Larva *T. molitor* merupakan serangga yang umum dijadikan sebagai umpan serangga. Larva *T. molitor* diperoleh dari peternakan ulat di Desa Ngembal Wajak Kabupaten Malang. Larva *T. molitor* yang digunakan yaitu larva instar tiga yang baru ganti kulit (Hasyim dan Azwana, 2003).

Sampel tanah dimasukkan ke nampan, kemudian tanah dilembabkan dengan menyemprotkan akuades steril. Selanjutnya *T. molitor* dibenamkan sedalam 0,5 cm di dalam tanah sebanyak 20 ekor per nampan dan ditutup dengan kain kassa hitam. Setiap nampan diberi kertas label sesuai lokasi dan diinkubasi pada suhu kamar yaitu 25°C. *T. molitor* diperiksa dan diamati mulai hari ketiga hingga 14 hari setelah dibenamkan. Permukaan *T. molitor* yang terinfeksi jamur dibiakkan dan disterilkan dengan natrium hipoklorit 2% dan alkohol selama semenit kemudian dibilas dengan akuades dan

dikering-anginkan di atas kertas filter steril. *T. molitor* diletakkan dalam cawan petri berisi tisu lembab steril dan selanjutnya diinkubasikan selama lima hingga sepuluh hari untuk merangsang pertumbuhan miselia jamur (Papierok dan Hajek, 1997). Kegiatan tersebut dilakukan dalam LAFC yang telah disterilkan dengan alkohol dan disinari UV selama 10 menit.

Larva *T. molitor* yang ditumbuhi jamur ditanam pada cawan petri berisi media SDAY, selanjutnya diinkubasi kurang lebih tujuh hari. Apabila terdapat lebih dari satu koloni jamur yang tumbuh pada satu cawan petri, maka dilakukan purifikasi. Purifikasi bertujuan untuk memisahkan setiap koloni yang berbeda secara makroskopis dengan menggunakan jarum ose. Jamur dibiakkan lagi pada media SDAY baru dan diinkubasi sampai tujuh hari pada suhu ruang 25°C hingga 30°C.



Gambar 1. Cara Pengenceran pada Metode *Dilution Plate* (Busenburg, 2003)

Metode *dilution plate* (pengenceran bertingkat) dilakukan dengan cara mengambil 10 g sampel tanah dari setiap lokasi lahan dan dilarutkan dengan akuades steril sehingga diperoleh suspensi tanah sebanyak 100 ml. Suspensi dikocok selama 20 menit kemudian diencerkan segera dengan cara mencampurkan 1 ml suspensi tanah dengan 9 ml akuades steril dalam tabung reaksi sehingga diperoleh pengenceran 10^{-1}. Suspensi pengenceran 10^{-1} diencerkan dengan mencampurkan 1 ml larutan 10^{-1} dengan 9 ml akuades steril dalam tabung reaksi sehingga diperoleh pengenceran 10^{-2}. Pengenceran terus dilakukan hingga tingkat pengenceran 10^{-7}. Pengenceran

10^{-3} sampai 10^{-7} di ambil 1 ml kemudian dibiakan dalam media SDAY di dalam cawan petri secara *pour plate* (metode tuang), selanjutnya diinkubasi selama tujuh hari pada suhu ruang 25°C.

Hasil biakan diamati tiga hari setelah penanaman dengan asumsi semua jamur sudah tumbuh. Apabila terdapat lebih dari satu koloni jamur yang tumbuh pada satu cawan petri, maka dilakukan purifikasi. Jamur dibiakkan lagi pada media SDAY baru dan diinkubasi sampai tujuh hari pada suhu ruang 25°C. Kegiatan tersebut dilakukan dalam LAFC.

Identifikasi jamur dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan secara makroskopis meliputi warna koloni, tekstur koloni, diameter koloni dan bentuk koloni. Pengamatan secara mikroskopis dengan cara mengambil sebagian isolat terpilih dengan menggunakan jarum ose dan diamati dibawah mikroskop dengan perbesaran 400x. Parameter pengamatan secara mikroskopis meliputi morfologi hifa, bentuk konidiofor, bentuk dan ukuran konidia serta ciri khusus untuk menentukan jenis jamur tersebut dengan menggunakan buku acuan Watanabe (2002).

3.3.2. Analisis Kelimpahan dan Keragaman Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Dua Lahan PHT

Indeks kelimpahan genus jamur (N) dihitung dengan menggunakan rumus *Standard Plate Count* (Kusumaningrum *et al.* 2010) yaitu:

$$N = \frac{\sum C}{[(1 \times n1) + (0{,}1 \times n2)] \times d}$$

Keterangan :

N = jumlah kelimpahan genus (cfu/ml)

ΣC = jumlah koloni yang tumbuh pada semua cawan

n1 = jumlah genus tertentu pada cawan pengenceran pertama

n2 = jumlah genus tertentu pada cawan pengenceran kedua

d = pengenceran terendah

Indeks keragaman genus jamur (H') dihitung dengan rumus menurut Shannon-Wiener (Odum, 1993) yaitu:

$$H'=-\sum_{i=1}^{s} Pi \ln Pi$$

Keterangan :

H’ = indeks keragaman Shannon-Wiener

s = spesies

P_i = proporsi setiap spesies

Indeks keragaman dihitung dengan kriteria menurut Brower dan Zar (1997) sebagai berikut (Tabel 2):

Tabel 2. Kriteria Indeks Keragaman Shannon-Wiener

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

3.3.3. Pengujian Patogenisitas Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Dua Lahan PHT terhadap Larva *S. litura*

Penyiapan Suspensi Konidia. Panen konidia jamur dilakukan dengan cara mengambil isolat jamur terpilih yang telah diinkubasikan selama tujuh hari dengan menggunakan *cork borer*, kemudian dimasukkan pada 50 ml media cair EKD dan dikocok selama 20 menit. Selanjutnya diinkubasikan pada suhu ruang 25 hingga 30°C selama satu sampai dengan dua minggu agar konidia jamur berkembang. Larutan suspensi konidia di EKD dikocok sebentar, kemudian diambil 10 ml dan dimasukkan kedalam *falcon tube* dengan menggunakan mikropipet. Suspensi konidia dihitung kerapatan dan viabilitas konidia sebelum dilakukan uji patogenisitas terhadap *S. litura*.

Perhitungan kerapatan konidia dengan cara pengambilan suspensi konidia sebanyak 0,1 ml kemudian diteteskan pada hemositometer. Kerapatan konidia dihitung di bawah mikroskop binokuler perbesaran 400x dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) sebagai berikut:

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

Keterangan :

C = kerapatan konidia 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 sebagai faktor koreksi pada hemositometer

Perhitungan viabilitas konidia ditentukan setelah suspensi konidia diinkubasi selama 24 sampai dengan 48 jam. Suspensi diambil dengan mikropipet kemudian diteteskan pada kaca preparat dan ditutup dengan kaca penutup. Jumlah konidia yang berkecambah dan tidak berkecambah dihitung pada bidang pandang di bawah mikroskop dengan perbesaran 400x, dengan menggunakan rumus Gabriel dan Riyatno (1989) sebagai berikut:

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

Keterangan :

V = perkecambahan spora (viabilitas)

g = jumlah spora yang berkecambah

u = jumlah spora yang tidak berkecambah

Uji Patogenisitas Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga terhadap *S. litura*. Semua isolat jamur yang diperoleh dari kedua lahan PHT dilakukan uji patogenisitas terhadap larva *S. litura*. Larva *S. litura* yang digunakan yaitu larva *S. litura* instar dua yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas). Aplikasi jamur yang berasosiasi dengan serangga dilakukan dengan metode pencelupan (Goettel dan Inglis, 1997), yaitu 10 ekor larva *S. litura* instar dua dicelupkan kedalam suspensi isolat jamur selama 10 detik dan dikering-anginkan diatas tisu steril. Perlakuan kontrol dilakukan dengan cara mencelupkan 10 ekor larva *S. litura* instar dua kedalam aquades steril. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Selanjutnya larva *S. litura* dipindahkan ke dalam wadah

plastik yang sudah berisi pakan daun jarak kepyar (*Ricinus communis* L.). Persentase mortalitas larva *S. litura* dihitung dengan rumus yaitu:

$$M=\frac{A}{B}\times 100\%$$

Keterangan :

M = persentase mortalitas larva yang mati

A = jumlah larva mati karena aplikasi suspensi jamur

B = jumlah total larva yang diamati

3.4 Analisis Data Penelitian

Isolat jamur yang berasosiasi dengan serangga yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan ditampilkan dalam bentuk gambar berdasarkan hasil identifikasi makroskopis dan mikroskopis menurut Watanabe (2002). Analisis kelimpahan dan keragaman jamur yang berasosiasi dengan serangga menggunakan rumus *Standard Plate Count* dan indeks keragaman Shannon-Wiener. Data mortalitas larva *S. litura* dianalisis secara deskriptif.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Identifikasi Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Dua Lahan PHT

Isolat jamur yang berasosiasi dengan serangga yang diperoleh dari rizosfer tanaman jeruk pada lahan PHT di Desa Sumberbendo, Dau dan Desa Dadaprejo, Junrejo terdiri dari delapan genus jamur yaitu *Paecilomyces, Acremonium, Penicillium, Metarhizium, Aspergillus, Fusarium, Cladosporium,* dan *Trichoderma*. Jumlah isolat jamur yang berasosiasi dengan serangga yang diperoleh dari rizosfer tanaman jeruk pada kedua lahan PHT sebanyak 32 isolat jamur, yaitu lahan PHT di Dau sebanyak 17 isolat yang terdiri dari 7 genus jamur (Tabel 3) dan lahan PHT di Junrejo sebanyak 15 isolat yang terdiri dari 8 genus jamur (Tabel 4).

Tabel 3. Hasil Koleksi Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Desa Sumberbendo, Dau

Nomor	Kode Isolat	Hasil Identifikasi
1	d-ibPcly2	*Paecilomyces* sp. 2
2	d-ibAcrm	*Acremonium* sp.
3	d-ibPenc1	*Penicillium* sp. 1
4	d-ibPcly4	*Paecilomyces* sp. 4
5	d-ibPenc2	*Penicillium* sp. 2
6	d-ibPcly3	*Paecilomyces* sp. 3
7	d-ibAspg3	*Aspergillus* sp. 3
8	d-ibAspg1	*Aspergillus* sp. 1
9	d-ibFusr1	*Fusarium* sp. 1
10	d-ibMtrz1	*Metarhizium* sp. 1
11	d-ibAspg2	*Aspergillus* sp. 2
12	d-dpAspg1	*Aspergillus* sp. 1
13	d-dpTrcd	*Trichoderma* sp.
14	d-dpPenc1	*Penicillium* sp. 1
15	d-dpPcly1	*Paecilomyces* sp. 1
16	d-dpAspg4	*Aspergillus* sp. 4
17	d-dpAspg2	*Aspergillus* sp. 2

Keterangan: d= Dau, ib= metode *insect bait* (umpan serangga), dp= metode *dilution plate* (pengenceran bertingkat)

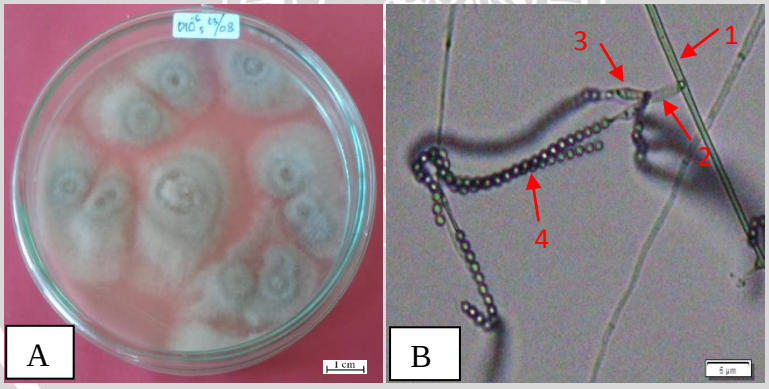
Tabel 4. Hasil Koleksi Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Desa Dadaprejo, Junrejo

Nomor	Kode Isolat	Hasil Identifikasi
1	j-ibFusr1	*Fusarium* sp. 1
2	j-ibMtrz2	*Metarhizium* sp. 2
3	j-ibPenc1	*Penicillium* sp. 1
4	j-ibAspg2	*Aspergillus* sp. 2
5	j-ibPenc3	*Penicillium* sp. 3
6	j-ibClads	*Cladosporium* sp.
7	j-ibFusr2	*Fusarium* sp. 2
8	j-dpTrcd	*Trichoderma* sp.
9	j-dpFusr2	*Fusarium* sp. 2
10	j-dpAspg2	*Aspergillus* sp. 2
11	j-dpAspg4	*Aspergillus* sp. 4
12	j-dpFusr3	*Fusarium* sp. 3
13	j-dpPcly1	*Paecilomyces* sp. 1
14	j-dpClads	*Cladosporium* sp.
15	j-dpAspg1	*Aspergillus* sp. 1

Keterangan: j= Junrejo, ib= metode *insect bait* (umpan serangga), dp= metode *dilution plate* (pengenceran bertingkat)

Semua isolat jamur yang berasosiasi dengan serangga dari rizosfer tanaman jeruk pada kedua lahan PHT dibedakan berdasarkan ciri makroskopis dan mikroskopis. Berikut ciri makroskopis dan mikroskopis dari isolat jamur yang berasosiasi dengan serangga yang telah diperoleh.

1. *Paecilomyces* sp. 1



Gambar 2. Isolat Jamur *Paecilomyces* sp. 1: A. Makroskopis (Biakan murni 14 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Fialid, (4) Konidia

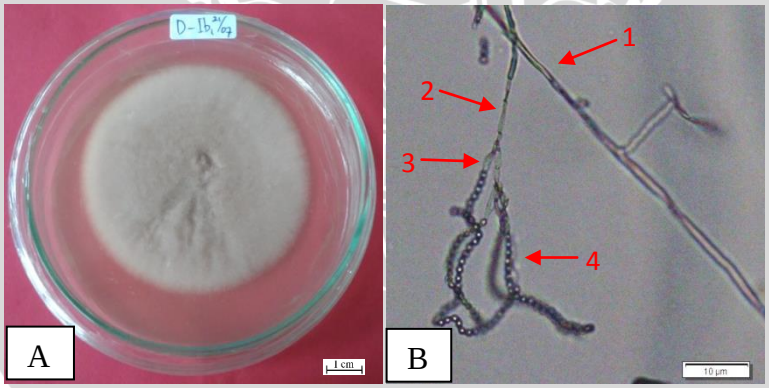
Jamur *Paecilomyces* sp. 1 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 2,7 cm pada hari ke 14. Bagian permukaan atas koloni berwarna ungu, sedangkan bagian permukaan bawah koloni berwarna kekuningan. Bentuk koloni membulat, memiliki garis konsentris yang jelas dan berpencar. Koloni

bertekstur halus hingga licin di bagian tepi, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat (Gambar 2A).

Jamur *Paecilomyces* sp. 1 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak yang terbentuk dari cabang sel hifa dengan percabangan tidak terdapat rhizoid, berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher panjang. Konidia berukuran (1,10-1,47)x(0,95-1,97) µm. Konidia berbentuk bulat diproduksi secara berantai tunggal, berdinding tebal, berwarna hialin (Gambar 2B). Penciri khusus jamur *Paecilomyces* sp., yaitu fialid berjumlah dua sampai tiga dan pengaturan konidia diproduksi secara berantai tungal. Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Paecilomyces* memiliki konidiofor dan bercabang lebih terpisah daripada *Penicilium*, konidia hialin, berantai basipetal, bersel satu, bulat telur untuk fusoid, hialin.

2. *Paecilomyces* sp. 2

Jamur *Paecilomyces* sp. 2 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 6,8 cm pada hari ke 14. Bagian permukaan atas koloni berwarna ungu, sedangkan bagian permukaan bawah koloni berwarna kekuningan. Koloni berbentuk bulat dan bertekstur halus. Permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat dan tebal (Gambar 3A).



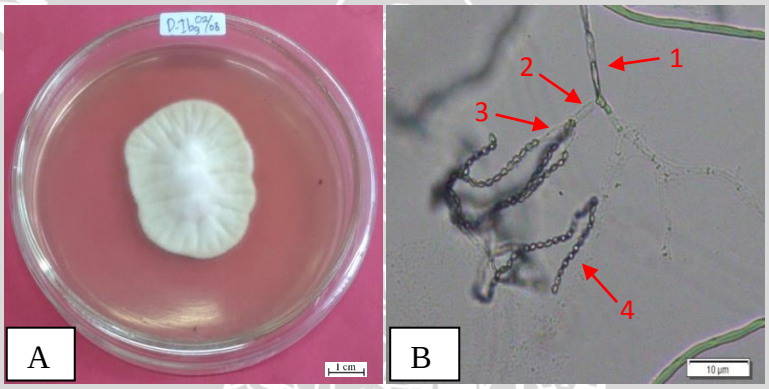
Gambar 3. Isolat Jamur *Paecilomyces* sp. 2: A. Makroskopis (Biakan murni 14 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Fialid, (4) Konidia

Jamur *Paecilomyces* sp. 2 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak ramping yang terbentuk dari cabang sel hifa dengan percabangan tidak terdapat rhizoid, berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher panjang. Konidia berukuran (0,40-0,80)x(0,38-0,64) µm. Konidia berbentuk bulat diproduksi secara berantai tunggal, berdinding

tebal, berwarna hialin (Gambar 3B). Penciri khusus jamur *Paecilomyces* sp., yaitu fialid berjumlah dua sampai tiga dan pengaturan konidia diproduksi secara berantai tungal. Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Paecilomyces* memiliki konidiofor dan bercabang lebih terpisah daripada *Penicilium*, konidia hialin, berantai basipetal, bersel satu, bulat telur untuk fusoid, hialin.

3. *Paecilomyces* sp. 3

Jamur *Paecilomyces* sp. 3 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 4,2 cm pada hari ke 14. Bagian permukaan atas koloni berwarna putih kekuningan, sedangkan bagian permukaan bawah koloni berwarna kuning kecokelatan. Bentuk koloni membulat dan mengkerut pada bagian tepi. Koloni bertekstur halus hingga licin di bagian tepi, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat dan tebal (Gambar 4A).

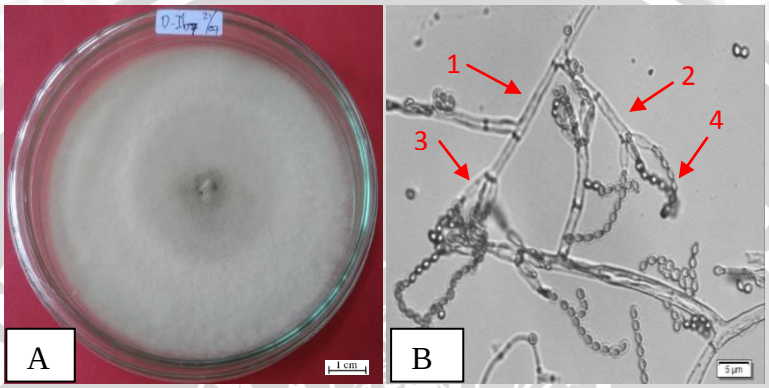


Gambar 4. Isolat Jamur *Paecilomyces* sp. 3: A. Makroskopis (Biakan murni 14 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Fialid, (4) Konidia

Jamur *Paecilomyces* sp. 3 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak yang terbentuk dari cabang sel hifa dengan percabangan tidak terdapat rhizoid, berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher panjang. Konidia berukuran (0,97-1,27)x(0,71-1,33) µm. Konidia berbentuk bulat diproduksi secara berantai tunggal, berdinding tebal, berwarna hialin (Gambar 4B). Penciri khusus jamur *Paecilomyces* sp., yaitu fialid berjumlah dua sampai tiga dan pengaturan konidia diproduksi secara berantai tungal. Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Paecilomyces* memiliki konidiofor dan bercabang lebih terpisah daripada *Penicilium*, konidia hialin, berantai basipetal, bersel satu, bulat telur untuk fusoid, hialin.

4. *Paecilomyces* sp. 4

Jamur *Paecilomyces* sp. 4 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 8,4 cm pada hari ke 14. Bagian permukaan atas koloni berwarna putih, sedangkan bagian permukaan bawah koloni berwarna kekuningan. Bentuk koloni bulat dan bertekstur halus hingga licin di bagian tepi, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat dan tebal (Gambar 5A).

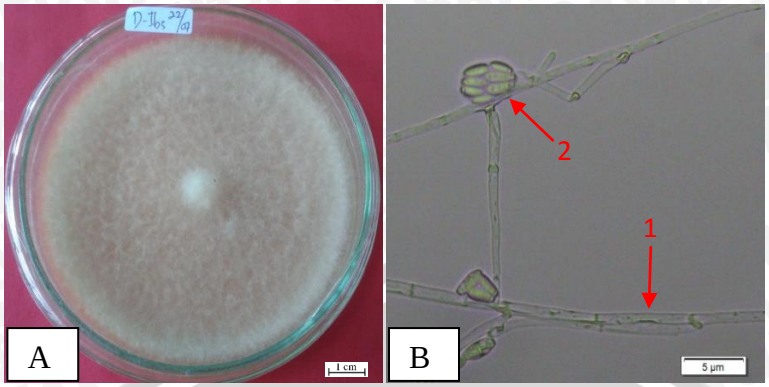


Gambar 5. Isolat Jamur *Paecilomyces* sp. 4: A. Makroskopis (Biakan murni 14 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Hifa, (2) Konidiofor, (3) Fialid, (4) Konidia

Jamur *Paecilomyces* sp. 4 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak yang terbentuk dari cabang sel hifa dengan percabangan tidak terdapat rhizoid, berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher panjang. Konidia berukuran (0,47-0,89)x(0,45-0,66) µm. Konidia berbentuk bulat diproduksi secara berantai tunggal, berdinding tebal, berwarna hialin (Gambar 5B). Penciri khusus jamur *Paecilomyces* sp., yaitu fialid berjumlah dua sampai tiga dan pengaturan konidia diproduksi secara berantai tungal. Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Paecilomyces* memiliki konidiofor dan bercabang lebih terpisah daripada *Penicilium*, konidia hialin, berantai basipetal, bersel satu, bulat telur untuk fusoid, hialin.

5. *Acremonium* sp.

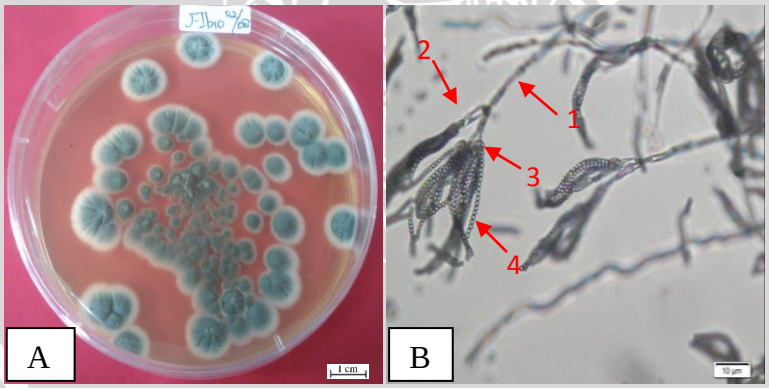
Jamur *Acremonium* sp. tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 8,7 cm pada hari ke 7. Bagian permukaan atas dan bawah koloni berwarna putih. Bentuk koloni membulat dan tidak memiliki garis konsentris. Koloni bertekstur agak kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang agak rapat dan agak tebal (Gambar 6A).



Gambar 6. Isolat Jamur *Acremonium* sp.: A. Makroskopis (Biakan murni 7 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Hifa, (2) Konidia

Watanabe (2002) menyatakan jamur *Acremonium* sp. memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak panjang yang terbentuk dari cabang sel hifa dengan sistem percabangannya tidak terdapat rhizoid, berwarna hialin, bersekat dan tidak bercabang. Konidia berukuran 1,47-2,94 µm. Konidia berbentuk silindris, berdinding halus serta tebal, berwarna hialin. Penciri khusus jamur *Acremonium*, yaitu konidia bergerombol membentuk suatu kepala pada ujung konidofor dan konidia berbentuk silindris pendek (Gambar 6B).

6. *Penicillium* sp. 1



Gambar 7. Isolat Jamur *Penicillium* sp. 1: A. Makroskopis (Biakan murni 7 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Konidiofor, (2) Metula, (3) Fialid, (4) Konidia

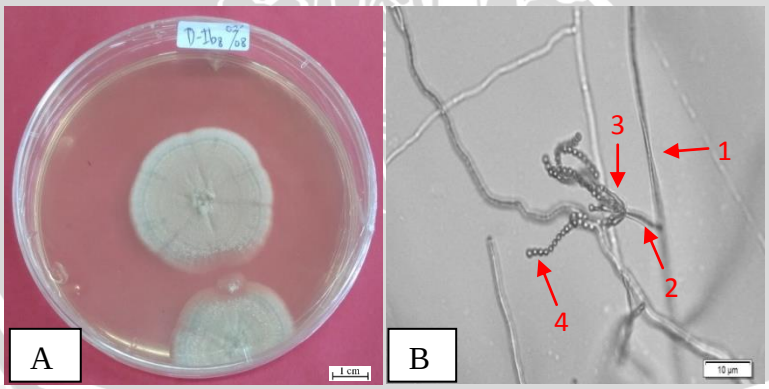
Jamur *Penicillium* sp. 1 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 1,5 cm pada hari ke 7. Bagian permukaan atas koloni berwarna hijau hingga putih bagian tepi, sedangkan bagian permukaan bawah koloni berwarna kekuningan dan nampak mengkerut. Bentuk koloni bulat, mengkerut bagian tepi

dan berpencar. Koloni bertekstur halus hingga licin di bagian tepi, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat dan tebal (Gambar 7A).

Jamur *Penicillium* sp. 1 memiliki hifa berwarna hialin dan bersekat. Konidiofor berbentuk tegak ramping, tidak bersekat dan bercabang. Metula tersusun pada ujung konidiofor dan membawa fialid yang berbentuk botol. Konidia berukuran (1,32-1,08)x(0,98-0,44) µm. Konidia berbentuk bulat dan berwarna hialin. Penciri khusus *Penicillium* sp., yaitu terdapat tiga hingga enam fialid di ujung konidiofor dan konidia diproduksi secara berantai (Gambar 7B). Hal ini sesuai dengan Watanabe (2002), 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.

7. *Penicillium* sp. 2

Jamur *Penicillium* sp. 2 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 4,5 cm pada hari ke 11. Bagian permukaan atas koloni berwarna putih keruh hingga putih bagian tepi, sedangkan bagian permukaan bawah koloni berwarna kekuningan dan nampak mengkerut. Bentuk koloni bulat dan bertekstur halus hingga licin di bagian tepi, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat dan tebal (Gambar 8A).



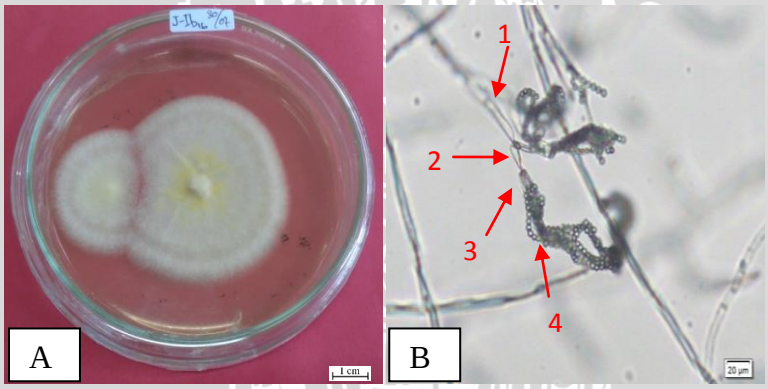
Gambar 8. Isolat Jamur *Penicillium* sp. 2: A. Makroskopis (Biakan murni 11 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Konidiofor, (2) Metula, (3) Fialid, (4) Konidia

Jamur *Penicillium* sp. 2 memiliki hifa berwarna hialin dan bersekat. Konidiofor berbentuk tegak ramping, tidak bersekat dan bercabang. Metula tersusun pada ujung konidiofor dan membawa fialid yang berbentuk botol.

Konidia berukuran (1,65-1,26)x(1,08-0,81) µm. Konidia berbentuk bulat dan berwarna hialin. Penciri khusus *Penicillium* sp., yaitu terdapat tiga hingga enam fialid di ujung konidiofor dan konidia diproduksi secara berantai (Gambar 8B). Hal ini sesuai dengan Watanabe (2002), 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.

8. *Penicillium* sp. 3

Jamur *Penicillium* sp. 3 dapat tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 4,7 cm pada hari ke 14. Bagian permukaan atas koloni berwarna kuning hingga putih bagian tepi, sedangkan bagian permukaan bawah koloni berwarna kekuningan dan nampak mengkerut. Bentuk koloni bulat dan bertekstur halus hingga licin di bagian tepi, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat dan tebal (Gambar 9A).



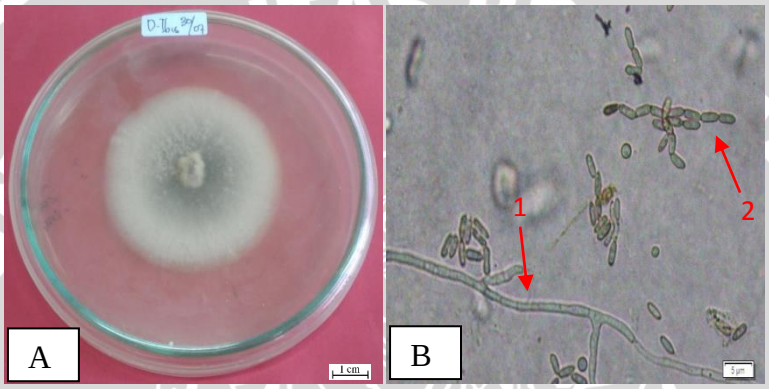
Gambar 9. Isolat Jamur *Penicillium* sp. 3: A. Makroskopis (Biakan murni 14 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Konidiofor, (2) Metula, (3) Fialid, (4) Konidia

Jamur *Penicillium* sp. 3 memiliki hifa berwarna hialin dan bersekat. Konidiofor berbentuk tegak ramping, tidak bersekat dan bercabang. Metula tersusun pada ujung konidiofor dan membawa fialid yang berbentuk botol. Konidia berukuran (1,30-0,98)x(0,47-0,38) µm. Konidia berbentuk bulat dan berwarna hialin. Penciri khusus *Penicillium* sp., yaitu terdapat tiga hingga enam fialid di ujung konidiofor dan konidia diproduksi secara berantai (Gambar 9B). Hal ini sesuai dengan Watanabe (2002), 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.

9. *Metarhizium* sp. 1

Jamur *Metarhizium* sp. 1 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 4,8 cm pada hari ke 14. Permukaan atas koloni berwarna abu-abu di bagian tengah hingga memutih pada bagian tepi. Permukaan bawah koloni berwarna kuning pada bagian tengah dan memutih pada bagian tepi. Koloni bertekstur halus, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat dan tidak memiliki garis konsentris (Gambar 10A).



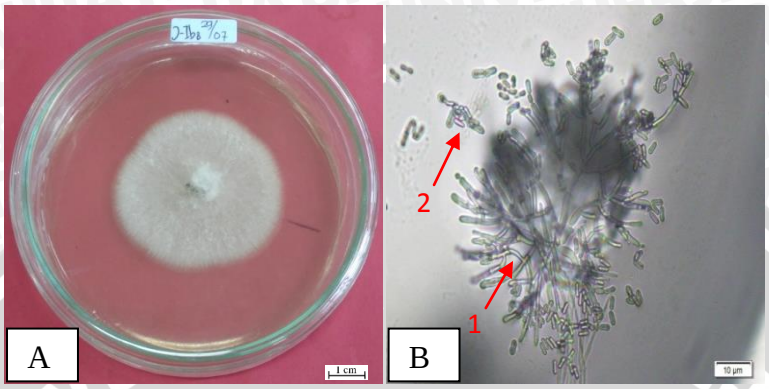
Gambar 10. Isolat Jamur *Metarhizium* sp. 1: A. Makroskopis (Biakan murni 14 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Hifa, (2) Konidia

Jamur *Metarhizium* sp. 1 memiliki hifa berwarna hialin, sekat tidak nampak, bercabang dan tidak rapat. Konidiofor berbentuk tegak ramping, bercabang dan berwarna hialin. Konidia berukuran (4,84-7,25)x(10,91-16,04) µm. Konidia hialin dan berbentuk silindris hingga elips dengan dinding yang tipis. Soewarno (2013) menambahkan bahwa penciri khusus jamur *Metarhizium* sp. adalah pengaturan konidia diproduksi secara berantai, ovoid panjang, bersel satu dan agak berwarna (Gambar 10B). Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Metarhizium* memiliki konidiofor hialin, bercabang, fialid tunggal atau berasangan, konidia diproduksi dalam rantai basipetal, konidia berbentuk panjang, bulat, telur hingga slinder, bersel satu, berwarna hialin atau sedikit berpigmen.

10. *Metarhizium* sp. 2

Jamur *Metarhizium* sp. 2 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 4,3 cm pada hari ke 14. Permukaan atas koloni berwarna putih di bagian tengah hingga tepi. Permukaan bawah koloni berwarna putih

kekuningan pada bagian tengah dan tepi. Saat tua koloni berubah warna menjadi putih abu-abu. Koloni bertekstur halus, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia yang rapat. Bentuk koloni membulat dan tidak memiliki garis konsentris (Gambar 11A).

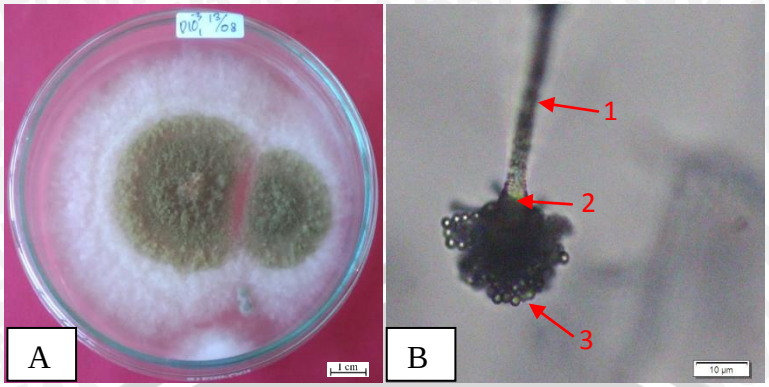


Gambar 11. Isolat Jamur *Metarhizium* sp. 2: A. Makroskopis (Biakan murni 14 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Konidiofor, (2) Konidia

Jamur *Metarhizium* sp. 2 memiliki hifa berwarna hialin, sekat tidak nampak, bercabang dan tidak rapat. Konidiofor berbentuk tegak ramping, bercabang dan berwarna hialin. Konidia berukuran (1,40-2,03)x(3,06-3,25) µm. Konidia hialin dan berbentuk silindris hingga elips dengan dinding yang tipis. Soewarno (2013) menambahkan bahwa penciri khusus jamur *Metarhizium* sp. adalah pengaturan konidia diproduksi secara berantai, ovoid panjang, bersel satu dan agak berwarna (Gambar 11B). Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Metarhizium* memiliki konidiofor hialin, bercabang, fialid tunggal atau berasangan, konidia diproduksi dalam rantai basipetal, konidia berbentuk panjang, bulat, telur hingga slinder, bersel satu, berwarna hialin atau sedikit berpigmen.

11. *Aspergillus* sp. 1

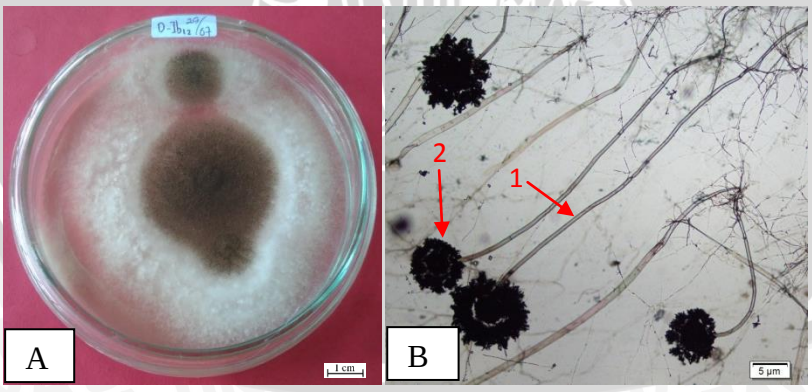
Jamur *Aspergillus* sp. 1 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 8,3 cm pada hari ke 14. Permukaan atas koloni berwarna hijau pada bagian tengah dan putih pada bagian tepi. Permukaan bawah koloni berwarna putih kehijauan pada bagian tengah dan memutih pada bagian tepi. Koloni bertekstur kasar seperti serbuk, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia agak rapat dan tebal. Bentuk koloni membulat dan tidak memiliki garis konsentris (Gambar 12A).



Gambar 12. Isolat Jamur *Aspergillus* sp. 1: A. Makroskopis (Biakan murni 14 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400x) (1) Konidiofor, (2) Vesikel, (3) Konidia

Jamur *Aspergillus* sp. 1 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak sederhana yang terbentuk dari cabang sel hifa, berwarna hialin hingga kecoklatan, tidak bersekat, tidak bercabang dan memiliki vesikel yang terlihat jelas. Konidia berukuran (1,05-1,70)x(1,26-1,54) µm. Konidia bulat berdinding tebal, berwarna hitam, diproduksi secara berantai. Domsch *et al.* (1980) menambahkan bahwa genus *Aspergillus* memiliki bentuk kumpulan konidia yang berantai, konidiofor berukuran panjang, berdinding tebal, berwana kecoklatan hingga hitam (Gambar 12B). Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Aspergillus* memiliki konidiofor tegak, sederhana, memiliki konidia berbentuk bulat dan bersel satu.

12. *Aspergillus* sp. 2



Gambar 13. Isolat Jamur *Aspergillus* sp. 2: A. Makroskopis (Biakan murni 10 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Konidiofor, (2) Konidia

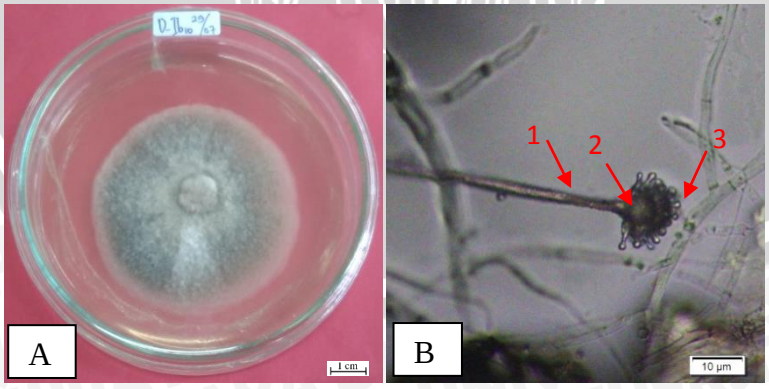
Jamur *Aspergillus* sp. 2 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 8,5 cm pada hari ke 10. Permukaan atas koloni berwarna hitam pada

bagian tengah dan putih pada bagian tepi. Permukaan bawah koloni berwarna putih kecoklatan pada bagian tengah dan memutih pada bagian tepi. Koloni bertekstur kasar seperti serbuk, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia agak rapat dan tebal. Bentuk koloni membulat dan tidak memiliki garis konsentris (Gambar 13A).

Jamur *Aspergillus* sp. 2 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak sederhana yang terbentuk dari cabang sel hifa, berwarna hialin hingga kecoklatan, tidak bersekat, tidak bercabang dan memiliki vesikel yang terlihat jelas. Konidia berukuran (4,63-6,25)x(5,02-6,90) µm. Konidia bulat berdinding tebal, berwarna hitam, diproduksi secara berantai. Domsch *et al.* (1980) menambahkan bahwa genus *Aspergillus* memiliki bentuk kumpulan konidia yang berantai, konidiofor berukuran panjang, berdinding tebal, berwana kecoklatan hingga hitam (Gambar 13B). Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Aspergillus* memiliki konidiofor tegak, sederhana, memiliki konidia berbentuk bulat dan bersel satu.

13. *Aspergillus* sp. 3

Jamur *Aspergillus* sp. 3 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 5,3 cm pada hari ke 14. Permukaan atas koloni berwarna abu-abu pekat pada bagian tengah dan abu-abu muda pada bagian tepi. Permukaan bawah koloni berwarna hitam dan abu-abu pada bagian tepi. Koloni bertekstur kasar seperti serbuk, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia rapat dan tebal. Bentuk koloni membulat dan memiliki garis konsentris (Gambar 14A).

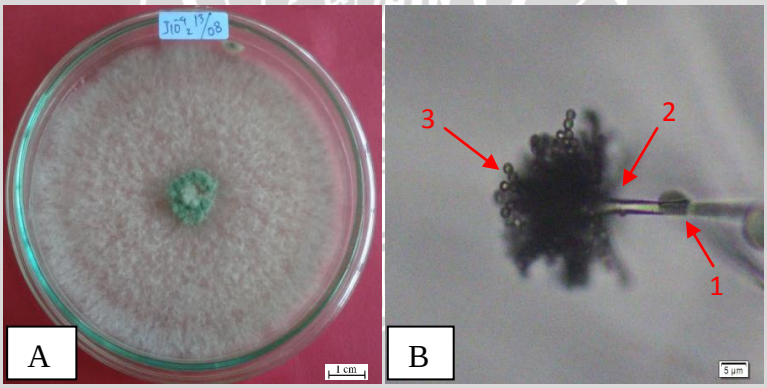


Gambar 14. Isolat Jamur *Aspergillus* sp. 3: A. Makroskopis (Biakan murni 14 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Konidiofor, (2) Vesikel, (3) Konidia

Jamur *Aspergillus* sp. 3 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak sederhana yang terbentuk dari cabang sel hifa, berwarna hialin hingga kecoklatan, tidak bersekat, tidak bercabang dan memiliki vesikel yang terlihat jelas. Konidia berukuran (1,88-2,23)x(1,77-2,11) µm. Konidia bulat berdinding tebal, berwarna hitam, diproduksi secara berantai. Domsch *et al.* (1980) menambahkan bahwa genus *Aspergillus* memiliki bentuk kumpulan konidia yang berantai, konidiofor berukuran panjang, berdinding tebal, berwana kecoklatan hingga hitam (Gambar 14B). Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Aspergillus* memiliki konidiofor tegak, sederhana, memiliki konidia berbentuk bulat dan bersel satu.

14. *Aspergillus* sp. 4

Jamur *Aspergillus* sp. 4 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 8,7 cm pada hari ke 7. Permukaan atas koloni berwarna hijau pada bagian tengah dan memutih hingga tepi. Permukaan bawah koloni berwarna putih. Koloni bertekstur kasar seperti serbuk, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia agak rapat dan tebal. Bentuk koloni membulat dan tidak memiliki garis konsentris (Gambar 15A).



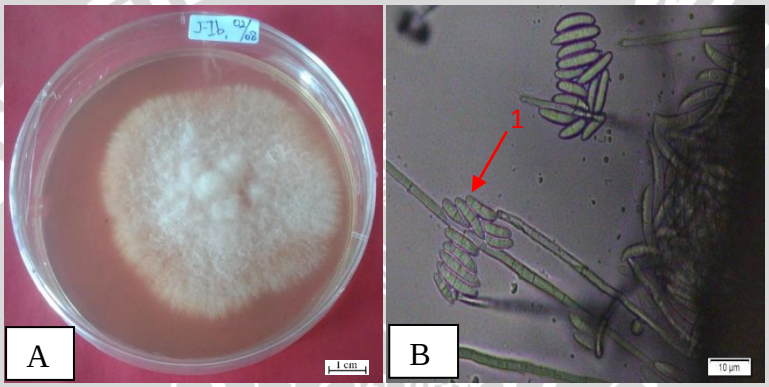
Gambar 15. Isolat Jamur *Aspergillus* sp. 4: A. Makroskopis (Biakan murni 7 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Konidiofor, (2) Vesikel, (3) Konidia

Jamur *Aspergillus* sp. 4 memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak sederhana yang terbentuk dari cabang sel hifa, berwarna hialin hingga kecoklatan, tidak bersekat, tidak bercabang dan memiliki vesikel yang terlihat jelas. Konidia berukuran (1,75-1,93)x(1,82-1,74) µm. Konidia bulat berdinding tebal, berwarna hitam, diproduksi secara berantai. Domsch *et al.* (1980) menambahkan bahwa genus *Aspergillus* memiliki bentuk

kumpulan konidia yang berantai, konidiofor berukuran panjang, berdinding tebal, berwana kecoklatan hingga hitam (Gambar 15B). Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Aspergillus* memiliki konidiofor tegak, sederhana, memiliki konidia berbentuk bulat dan bersel satu.

15. *Fusarium* sp. 1

Jamur *Fusarium* sp. 1 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 6,7 cm pada hari ke 7. Permukaan atas dan bawah koloni berwarna putih kekuningan pada bagian tengah hingga tepi. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni menggunung dan memiliki miselia tidak rapat dan tebal. Bentuk koloni membulat dan tidak memiliki garis konsentris (Gambar 16A).

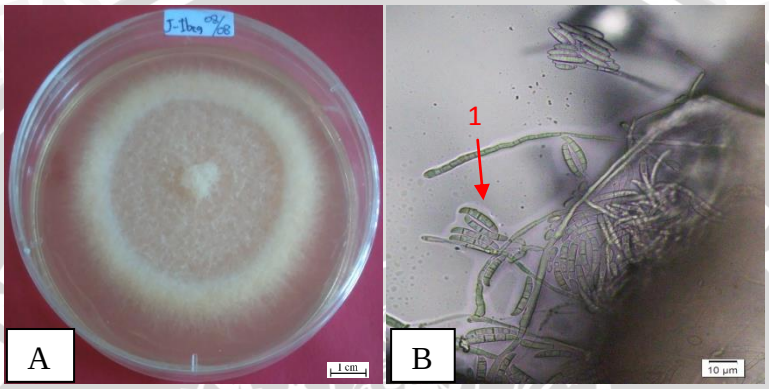


Gambar 16. Isolat Jamur *Fusarium* sp. 1: A. Makroskopis (Biakan murni 7 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Makrokonidia

Jamur *Fusarium* sp. 1 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid dan koniofor biasanya tidak nampak. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti bulan sabit dengan sekat tiga hingga empat. Konidia berukuran (0,49-0,55)x(2,18-2,33) µm. Soewarno *et al.* (2012) menambahkan bahwa jamur *Fusarium* sp. mempunyai makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin (Gambar 16B). Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping, sederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu.

16. *Fusarium* sp. 2

Jamur *Fusarium* sp. 2 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 7,1 cm pada hari ke 7. Permukaan atas dan bawah koloni berwarna putih kekuningan pada bagian tengah hingga tepi. Koloni bertekstur kasar, permukaan koloni tipis dan menebal pada bagian tepi. Koloni memiliki miselia tidak rapat dan tebal. Bentuk koloni membulat dan tidak memiliki garis konsentris (Gambar 17A).



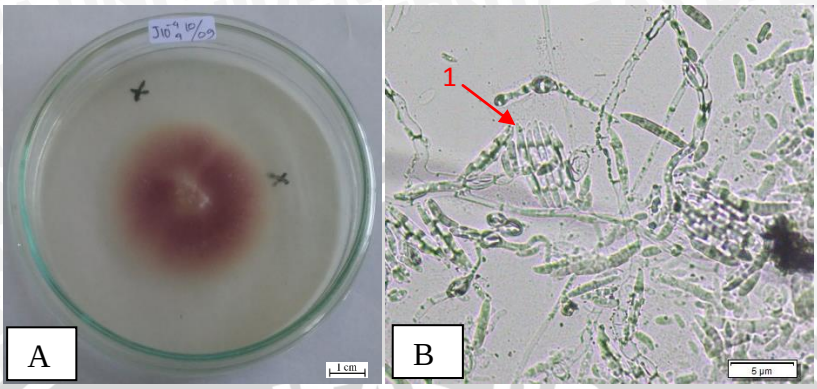
Gambar 17. Isolat Jamur *Fusarium* sp. 2: A. Makroskopis (Biakan murni 7 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Makrokonidia

Jamur *Fusarium* sp. 2 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid dan koniofor biasanya tidak nampak. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti bulan sabit dengan sekat tiga hingga empat. Konidia berukuran (2,15-3,06)x(6,17-9,70) µm. Soewarno *et al.* (2012) menambahkan bahwa jamur *Fusarium* sp. mempunyai makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin (Gambar 17B). Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping, sederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu.

17. *Fusarium* sp. 3

Jamur *Fusarium* sp. 3 tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 5,6 cm pada hari ke 7. Permukaan atas dan bawah koloni berwarna ungu pada bagian tengah hingga tepi. Koloni bertekstur halus hingga licin,

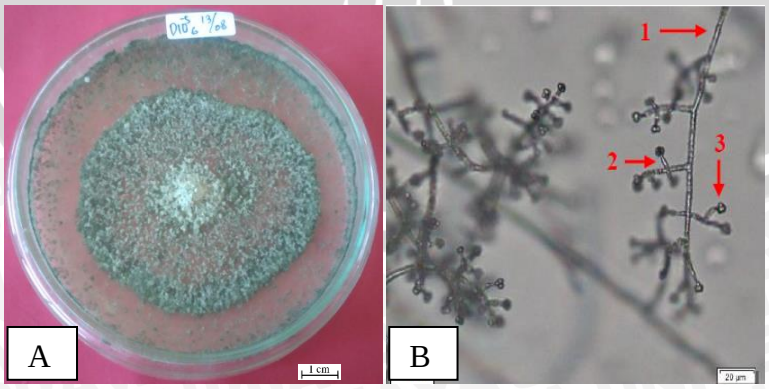
permukaan koloni tipis dan memiliki miselia rapat dan tebal. Bentuk koloni membulat dan tidak memiliki garis konsentris (Gambar 18A).



Gambar 18. Isolat Jamur *Fusarium* sp. 3: A. Makroskopis (Biakan murni 7 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Makrokonidia

Jamur *Fusarium* sp. 3 memiliki hifa yang berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid dan koniofor biasanya tidak nampak. Fialid berbentuk botol berleher pendek. Konidiofor berwarna hialin, tegak dan bersekat. Bentuk makrokonidia seperti bulan sabit dengan sekat tiga hingga empat. Konidia berukuran (1,99-2,96)x(5,03-9,51) µm. Soewarno *et al.* (2012) menambahkan bahwa jamur *Fusarium* sp. mempunyai makrokonidia berbentuk seperti bulan sabit, kano, atau agak berbelok dan ujungnya meruncing. Makrokonidia bervariasi jumlah septanya dan hialin (Gambar 18B). Menurut Watanabe (2002) bahwa genus *Fusarium* memiliki konidiofor yang ramping, sederhana dan bercabang. Konidia hialin, lonjong dan berbentuk kano. Makrokonidia memiliki beberapa sel dan mikrokonidia memiliki sel satu.

18. *Trichoderma* sp.



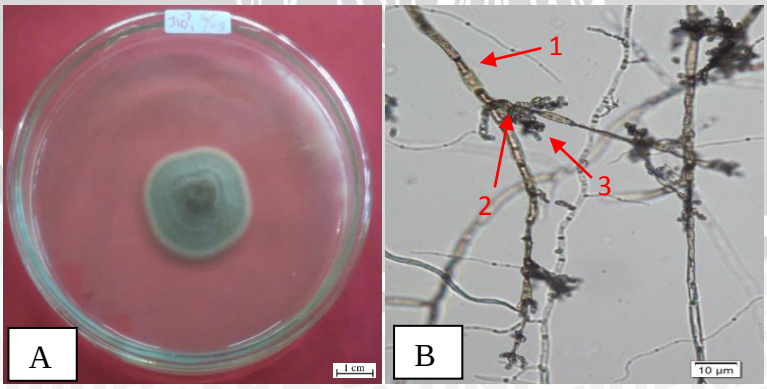
Gambar 19. Isolat Jamur *Trichoderma* sp.: A. Makroskopis (Biakan murni 7 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Konidiofor, (2) Fialid, (3) Konidia

Jamur *Trichoderma* sp. tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 6,5 cm pada hari ke 7. Permukaan atas berwarna hijau dan putih pada bagian tengah hingga tepi. Permukaan bawah berwarna transparan. Koloni bertekstur kasar dan memiliki miselia renggang dan tebal. Bentuk koloni membulat dan memiliki garis konsentris (Gambar 19A).

Watanabe (2002) menyatakan jamur *Trichoderma* sp. memiliki hifa berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor tegak ramping panjang yang terbentuk dari cabang sel hifa dengan sistem percabangannya tidak terdapat rhizoid, berwarna hialin, bersekat dan bercabang. Fialid berbentuk botol berleher panjang yang tumbuh dari sel konidiofor dengan berjumlah satu hingga tiga. Konidia berukuran (1,93-2,08)x(2,03-2,56) µm. Konidia berbentuk bulat hingga semi bulat, berdinding tebal serta halus, berwarna hialin, diproduksi secara klaster atau berkelompok pada setiap percabagan konidiofor yang terbentuk dari fialid. Penciri khusus jamur *Trichoderma* sp. adalah konidiofor dapat bercabang menyerupai piramida, yaitu cabang konidiofor terbentuk berulang-ulang hingga pada bagian ujung percabangan menjadi semakin pendek (Gambar 19B).

19. *Cladosporium* sp.

Jamur *Cladosporium* sp. tumbuh pada media SDAY dengan diameter koloni mencapai 3,6 cm pada hari ke 7. Permukaan atas berwarna hijau pekat dan permukaan bawah koloni berwarna hitam. Koloni bertekstur halus hingga licin, permukaan koloni mengguning dan memiliki miselia rapat dan tebal. Bentuk koloni membulat dan memiliki garis konsentris (Gambar 20A).



Gambar 20. Isolat Jamur *Cladosporium* sp.: A. Makroskopis (Biakan murni 7 HSP pada media SDAY) dan B. Mikroskopis (perbesaran 400 x) (1) Konidiofor, (2) Ramokonidia, (3) Konidia

Jamur *Cladosporium* sp. memiliki konidiofor tegak panjang umumnya terbentuk lateral atau terminal pada hifa, tidak *geniculate* atau membengkok, membawa sejumlah rantai konidia yang bercabang, berwarna hialin, berdinding halus dan bersekat. Ramokonidia terbentuk dari sel konidiofor dengan berjumlah nol hingga satu septa, berbentuk elips hingga silindris, berwarna hialin dan berdinding halus hingga sedikit kasar. Konidia berukuran (3,01-2,98)x(3,93-4,17) µm. Konidia berbentuk elips, bulat hingga semi bulat, berdinding halus serta sedikit kasar, dan berwarna hialin. Penciri khusus jamur *Cladosporium* sp. adalah susunan organ jamurnya terdapat ramokonidia, yaitu cabang dari suatu konidiofor yang melepaskan diri dan berfungsi sebagai konidia (Gambar 20B).

4.2 Analisis Kelimpahan dan Keragaman Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Dua Lahan PHT

Analisis kelimpahan genus jamur diperoleh dengan cara isolasi dari rizosfer tanaman jeruk pada dua lahan PHT dengan metode pengenceran bertingkat (Julyanda, 2011). Hasil isolasi jamur diketahui secara umum bahwa kelimpahan genus jamur baik pada lahan PHT di Dau maupun Junrejo cukup tinggi. Hal ini nampak pada saat pencawanan koloni jamur tumbuh dengan baik pada pencawanan hingga 10^{-7} (Lampiran 1 dan 2).

Tabel 5. Nilai Kelimpahan Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Dau dan Junrejo

No.	Genus Jamur	Indeks Kelimpahan di Dau (cfu/ml)	Indeks Kelimpahan di Junrejo (cfu/ml)
1.	*Paecilomyces*	143,5	65,5
2.	*Acremonium*	0,0	0,0
3.	*Penicillium*	23,5	12,5
4.	*Metarhizium*	0,0	0,0
5.	*Aspergillus*	169,5	51,5
6.	*Fusarium*	0,0	35,0
7.	*Trichoderma.*	41,5	18,0
8.	*Cladosporium*	0,0	6,0
	Total	378,0	188,5

Hasil analisis kelimpahan genus jamur dapat diketahui pada lahan PHT di Dau memiliki nilai total kelimpahan genus jamur lebih tinggi yaitu 378,0 cfu/ml dibandingkan pada lahan PHT di Junrejo yaitu 188,5 cfu/ml. Namun, jika dilihat dari genus jamur yang ditemukan pada lahan PHT di Dau dan Junrejo tidak jauh

berbeda. Pada lahan PHT di Dau dan Junrejo didominasi oleh genus *Aspergillus* dan *Paecilomyces*.

Nilai Kelimpahan genus jamur pada lahan PHT di Dau lebih tinggi dibandingkan Junrejo diduga karena kondisi lahan di Dau lebih sesuai untuk pertumbuhan jamur di rizosfer. Berdasarkan sejarah lahan pada kedua lahan PHT (Lampiran 3 dan 4) dapat diketahui bahwa pada lahan di Dau merupakan lahan yang pertama kali digunakan untuk produksi tanaman jeruk secara PHT. Sedangkan pada lahan di Junrejo, lahan terlebih dahulu digunakan untuk produksi tanaman sayuran secara konvensional selama 15 tahun. Praktek budidaya secara konvensional dengan mengaplikasikan bahan-bahan sintetik seperti pestisida dan pupuk kimia ke dalam tanah secara intensif, sehingga diduga kandungan kimia pada lahan di Junrejo lebih tinggi dibandingkan lahan di Dau. Menurut Mochi *et al.* (2006) *dalam* Nuraida dan Hasyim (2009) aplikasi pestisida pada area pola tanam secara tidak langsung akan mengenai tanah sehingga akan mempengaruhi keberadaan jamur patogen serangga yang hidup di dalamnya. Selain itu, jika dilihat dari hasil analisis tanah (Lampiran 5) dapat diketahui bahwa pH tanah pada lahan PHT di Dau dan Junrejo sebesar 5,18 dan 6,53 yang merupakan pH tanah masam. Kebanyakan mikroorganisme, khususnya jamur dapat tumbuh pada kisaran pH 2,0 hingga 8,5 tetapi biasanya pertumbuhan jamur akan lebih baik pada kondisi masam atau pH rendah. Vanninen (1996); Chandler *et al.* (1997) *dalam* Quesada-Moraga (2007) menyatakan *P. fumosoroseus* banyak ditemukan pada lahan organik terutama pada lahan hutan dengan kondisi pH tanah yang masam. Aderemi *et al.* (2008) menyatakan bahwa pH optimal untuk pertumbuhan *Aspergillus* sp. berkisar pada pH 4,5 hingga 5,0. Martin *et al.* (2003) menyatakan bahwa *Trichoderma* sp. tumbuh optimal berkisar pada pH 4,0. Kandungan bahan organik (BO) pada kedua lahan PHT termasuk dalam kategori sangat rendah. Pada lahan PHT di Dau sebesar 1,83% dan pada lahan PHT di Junrejo sebesar 2,89%.

Kelimpahan suatu spesies di rizosfer sangat dipengaruhi oleh faktor kimiawi dan fisik tanah, sehingga faktor-faktor tersebut harus berada dalam kondisi yang dapat ditoleransi oleh spesies tertentu. Isolat jamur yang memiliki nilai kelimpahan tinggi berarti mampu bertoleransi dengan kondisi lingkungan pada rizosfer. Semakin sesuai keadaan lingkungan untuk pertumbuhan jamur di dalam

tanah maka semakin tinggi jumlah populasi jamur di dalam tanah. Samer (2011) mengemukakan jamur *Aspergillus* sp. dapat ditemukan pada daerah dataran rendah dan dataran tinggi. Noveriza (2007) *dalam* Trizelia *et al.* (2015) menyatakan jamur *Aspergillus* sp. toleransi terhadap suhu tinggi. Quesada-Moraga (2007) *M. anisopliae* lebih sering ditemukan pada lahan yang memiliki iklim dingin dan lembab.

Analisis keragaman genus jamur yang berasosiasi dengan serangga dapat diketahui bahwa pada lahan PHT di Dau maupun Junrejo memiliki nilai keragaman yang tidak jauh berbeda yaitu 1,68 dan 1,60 (Tabel 6). Nilai keragaman dari kedua lahan PHT termasuk kriteria keragaman yang sedang dan penyebaran jumlah individu tiap jenis sedang (Brower dan Zar, 1997). Hal ini diduga karena pada kedua lahan PHT memiliki kadar kandungan bahan organik yang kurang tinggi dan masih terdapat bahan sintetik di dalam tanah sehingga menekan pertumbuhan jamur dalam tanah. Selain kandungan bahan organik dan penggunaan bahan sintetik, pergiliran tanaman juga berpengaruh terhadap keragaman mikroorganisme dalam tanah termasuk jamur yang berasosiasi dengan serangga dalam tanah. Tiemann *et al.* (2015) menyatakan bahwa penerapan rotasi tanam dapat meningkatkan keanekaragaman mikroorganisme. Hal ini karena pergiliran tanaman atau rotasi tanaman berpengaruh positif terhadap kandungan bahan organik dan struktur tanah sehingga meningkatkan kesuburan tanah. Tanaman Jeruk merupakan tanaman tahunan yang sulit untuk dilakukan pergiliran tanaman secara berkala oleh sebab itu, nilai keragaman genus jamur pada rizosfer tanaman jeruk tidak tinggi.

Tabel 6. Nilai Keragaman Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer pada Lahan PHT di Dau dan Junrejo

No.	Lahan PHT	Indeks Keanekaragaman (H')
1.	Dau	1,68
2.	Junrejo	1,60

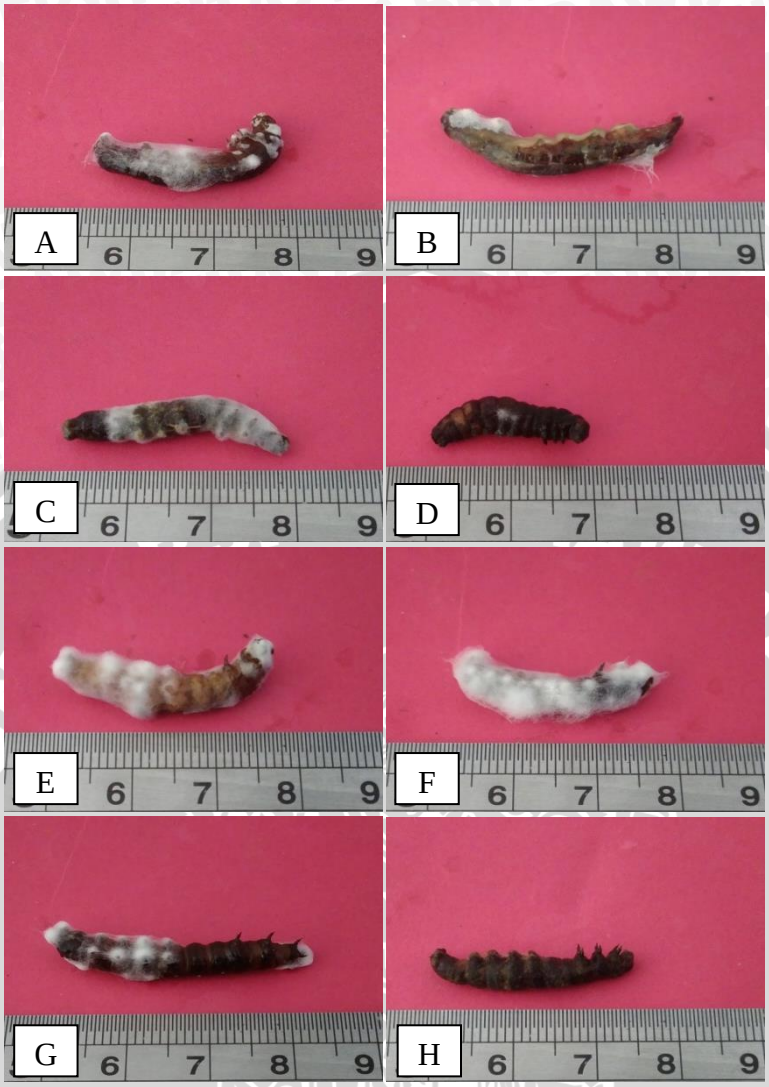
Nilai kelimpahan dan keragaman genus jamur pada lahan PHT di Dau maupun Junrejo tidak jauh berbeda karena praktek budidaya yang dilakukan pada kedua lahan tidak jauh berbeda juga. Salah satu praktek budidaya pada kedua lahan yaitu penggunaan pupuk organik dan mengurangi penggunaan bahan sintetik. Meyling dan Eilenberg (2007) melaporkan bahwa praktek budidaya

dengan penggunaan pestisida sintetik dapat menekan pertumbuhan jamur *Beauveria bassiana* dan *M. anisopliae* dalam tanah. Namun, Klingen dan Haukeland (2006) *dalam* Meyling *et al.* (2011) menyatakan *M. anisopliae* dapat juga toleransi terhadap penggunaan pestisida sintetik sehingga dapat ditemukan pada lahan konvensional. Tkaczuk *et al.* (2014) menyatakan, *P. fumosorosea* resisten terhadap penggunaan pestisida sintetik di lapang. Selain itu, Clifton (2013) menyatakan penggunaan pupuk organik dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah termasuk keberadaan jamur yang berasosiasi dengan serangga dalam tanah. Sebaliknya, penggunaan pupuk kimia seperti urea dan senyawa nitrogen lainnya dapat menghambat pertumbuhan jamur yang berasosiasi dengan serangga di dalam tanah.

4.3 Patogenisitas Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Dua Lahan PHT terhadap Larva *S. litura*

Larva *S. litura* yang digunakan sebagai serangga uji patogenisitas adalah larva *S. litura* instar dua. Ciri larva *S. litura* sehat atau normal berwarna hijau kecoklatan, aktif bergerak dan memiliki nafsu makan tinggi. Aplikasi suspensi jamur yang berasosiasi dengan serangga seperti *Paecilomyces* sp., *Acremonium* sp., *Penicillium* sp., *Metarhizium* sp., *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Cladosporium* sp. menyebabkan perubahan perilaku dan morfologi larva *S. litura.*

Perubahan perilaku larva *S. litura* ditandai dengan pergerakan larva yang melambat dan nafsu makan berkurang. Perubahan morfologi larva *S. litura* diawali dengan perubahan warna permukaan kulit larva yang menghitam, tubuh larva kaku dan mengkerut. Kemudian larva mati akan ditumbuhi miselia jamur. Prayogo *et al*. (2005) menyatakan jamur patogen serangga mampu menyerap cairan pada tubuh *S. litura* sehingga tubuh serangga menjadi hitam dan kering. Strack (2003); Trizelia (2005); Han *et al.* (2014) menyatakan bahwa jamur patogen serangga menginfeksi dan mematikan serangga dengan cara kontak (inokulasi) antara propagul jamur dengan tubuh serangga, lalu penempelan dan perkecambahan, lalu destruksi dan kolonisasi dalam hemolimfa, lalu menginfeksi saluran makanan dan sistem pernafasan, selanjutnya serangga akan mati.



Gambar 21. Larva *S. litura* Terinfeksi oleh Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga A. *Paecilomyces* sp., B. *Acremonium* sp., C. *Penicillium* sp., D. *Metarhizium* sp., E. *Aspergillus* sp., F. *Fusarium* sp., G. *Trichoderma* sp., dan H. *Cladosporium* sp.

Pengamatan patogenisitas jamur yang berasosiasi dengan serangga terhadap larva *S. litura* dilakukan selama 10 hari. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai mortalitas larva *S. litura* dari setiap jenis jamur memiliki nilai yang berbeda (Tabel 7). Jamur yang berasosiasi dengan serangga yang diperoleh dari rizosfer tanaman jeruk pada lahan PHT di Dau maupun Junrejo termasuk kategori jamur oportunis. Hal ini karena nilai mortalitas larva *S. litura* yang diperoleh dibawah 90%. Jamur oportunis merupakan jamur yang memiliki sifat bukan patogen serangga tetapi dapat menginfeksi serangga dalam keadaan lemah dan menghasilkan mortalitas 1-90% (Sun dan Liu, 2008; Anwar *et al.*, 2015).

Tabel 7. Mortalitas Larva *S. litura* setelah Aplikasi Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Dau dan Junrejo

Lokasi	Kode	Genus	Mortalitas (%)
Desa Sumberbendo, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang	d-ibPcly2	*Paecilomyces* sp. 2	33,33
	d-ibAcrm	*Acremonium* sp.	16,67
	d-ibPenc1	*Penicillium* sp. 1	23,33
	d-ibPcly4	*Paecilomyces* sp. 4	76,67
	d-ibPenc2	*Penicillium* sp. 2	26,67
	d-ibPcly3	*Paecilomyces* sp. 3	63,33
	d-ibAspg3	*Aspergillus* sp. 3	60,00
	d-ibAspg1	*Aspergillus* sp. 1	73,33
	d-ibFusr1	*Fusarium* sp. 1	16,67
	d-ibMtrz1	*Metarhizium* sp. 1	70,00
	d-ibAspg2	*Aspergillus* sp. 2	43,33
	d-dpAspg1	*Aspergillus* sp. 1	60,00
	d-dpTrcd	*Trichoderma* sp.	26,67
	d-dpPenc1	*Penicillium* sp. 1	20,00
	d-dpPcly1	*Paecilomyces* sp. 1	86,67
	d-dpAspg4	Aspergillus sp. 4	30,00
	d-dpAspg2	*Aspergillus* sp. 2	56,67
Desa Dadaprejo, Kecamatan Junrejo Kota Batu	j-ibFusr1	*Fusarium* sp. 1	36,67
	j-ibMtrz2	*Metarhizium* sp. 2	66,67
	j-ibPenc1	*Penicillium* sp. 1	60,00
	j-ibAspg2	*Aspergillus* sp. 2	33,33
	j-ibPenc3	*Penicillium* sp. 3	40,00
	j-ibClads	*Cladosporium* sp.	73,33
	j-ibFusr2	*Fusarium* sp. 2	23,33
	j-dpTrcd	*Trichoderma* sp.	50,00
	j-dpFusr2	*Fusarium* sp. 2	20,00
	j-dpAspg2	*Aspergillus* sp. 2	36,67
	j-dpAspg4	*Aspergillus* sp. 4	40,00
	j-dpFusr3	*Fusarium* sp. 3	66,67
	j-dpPcly1	*Paecilomyces* sp. 1	56,67
	j-dpClads	*Cladosporium* sp.	40,00
	j-dpAspg1	*Aspergillus* sp. 1	46,67
	Kontrol		0,00

Keterangan: d= Dau, j= Junrejo, ib= metode *insect bait* (umpan serangga), dp= metode *dilution plate* (pengenceran bertingkat)

Mortalitas larva *S. litura* tertinggi pada lahan PHT di Dau sebesar 86,67% dari isolat jamur d-dpPcly1, sedangkan isolat jamur lainnya menghasilkan mortalitas larva *S. litura* sekitar 16% hingga 76%. Pada lahan PHT di Junrejo diperoleh mortalitas larva *S. litura* tertinggi sebesar 73,33% dari isolat jamur j-

ibClads, sedangkan isolat jamur lainnya menghasilkan mortalitas larva *S. litura* sekitar 23% hingga 66%.

Kerapatan dan viabilitas jamur yang berasosiasi dengan serangga yang diperoleh dari rizosfer tanaman jeruk pada lahan PHT di Dau dan Junrejo berbeda-beda. (Lampiran 10 dan 11). Menurut Sheroze *et al*., (2003); Prayogo *et al.,* (2005); Herlinda *et al.,* (2006); Nuraida dan Hasyim, (2009) bahwa kerapatan dan viabilitas konidia jamur yang dihasilkan dipengaruhi oleh media biakan, suhu, kelembaban dan umur biakan jamur. Umur jamur yang digunakan untuk perbanyakan berumur sangat tua sehingga mempengaruhi produksi konidia jamur yang dihasilkan. Suhu pada saat pengamatan berkisar 27^{o}C dan kelembaban berkisar 77%. Suhu tersebut sudah mendukung pertumbuhan jamur namun, kelembabannya kurang mendukung pertumbuhan jamur. Menurut Tanada dan Kaya (1993) *dalam* Risbianti (2015), suhu optimum untuk pertumbuhan, patogenisitas dan ketahanan hidup jamur patogen serangga sekitar 20^{o}C hingga 30^{o}C, sedangkan kelembaban udara yang diperlukan bagi perkecambahan konidia dan sporulasi adalah 90% atau lebih.

Hasil pengamatan diketahui bahwa isolat jamur yang memiliki nilai viabilitas tertinggi menghasilkan mortalitas tertinggi pula terhadap larva *S. litura*, yaitu isolat jamur d-dpPcly1 sebesar 83,33% dan j-ibClads sebesar 80%. Hal ini sesuai dengan Trizelia (2005) yang menyatakan bahwa isolat virulen memiliki persentase viabilitas lebih tinggi dibandingan dengan isolat avirulen. Namun jika dilihat dari nilai kerapatan konidia yang diperoleh termasuk rendah yaitu masih berkisar pada 10^{6}, sehingga mortalitas yang diperoleh juga relatif rendah. Jumlah konidia jamur berhubungan dengan tingkat konsentrasi yang digunakan yaitu kerapatan konidia dalam setiap mililiter air, semakin tinggi konsentrasi maka mortalitas juga semakin tinggi (Hasyim dan Azwana, 2003; Prayogo, 2006). Samways dan Grech (1986) menyatakan *C. oxysporum* menginfeksi larva Lepidoptera dengan kerapatan 3,2 x 10^{8} konidia/ml. Jamur *P. fumosoroseues* menginfeksi larva *Plutella xylostella* pada kerapatan konidia 10^{8} dan 10^{10} konidia/ml (Susniahti, *et al.,* 2005). Jamur *B. bassiana* dengan tingkat kerapatan 1,47 x 10^{9} konidia/ml dapat mematikan *S. litura* sebesar 51,37% (Budi *et al*., 2013).

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Diperoleh genus jamur oportunis dari rizosfer tanaman jeruk pada kedua lahan PHT sebanyak delapan genus yaitu *Paecilomyces, Acremonium, Penicillium, Metarhizium, Aspergillus, Fusarium, Cladosporium,* dan *Trichoderma*.
2. Kelimpahan dan keragaman genus jamur oportunis pada lahan PHT di Dau sebesar 378,0 cfu/ml dan 1,68, sedangkan pada lahan PHT di Junrejo sebesar 188,5 cfu/ml dan 1,60.
3. Mortalitas larva *S. litura* tertinggi pada kedua lahan PHT mencapai 86,67% dari infeksi isolat jamur d-dpPcly1, sedangkan isolat jamur lainnya memiliki mortalitas berkisar 16% hingga 76%.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengujian Postulat Koch untuk membuktikan bahwa serangga uji memang mati atau terinfeksi oleh isolat jamur yang dimaksud.

DAFTAR PUSTAKA

Aderemi, B. O., E. Abu, dan B. K. Highina. 2008. The Kinetics of Glucose Production from Rice Straw by *Aspergillus niger*. African Journal of Biotechnology. 7 (11): 1745-1752.

Anwar, W., S. N. Khan, M. Aslam, M. S. Haider, A. A. Shahid, dan M. Ali. 2015. Exploring Fungal Associated with Insects of Cotton Agroecological Zones of Punja, Pakistan. Pak. Entomol. 37 (1): 27-31.

Atmyanti, A. Y., Y. Pangestiningsih, dan M. I. Pinem. 2014. Survei Pengendalian Hama Terpadu Hama Lalat Buah *Bactrocera*spp. Pada Tanaman Jeruk di Tiga Kecamatan Kabupaten Karo. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, USU, Medan. 2 (4): 1316-1323.

Bidochka M. J., Small C. L. N., dan Spironello M. 2005. Recombination within *Sympatric cryptic* Species of The Insect Pathogenic Fungus *Metarizhium anisopliae*. Environ. Microbiol. 7: 1362-1368.

Birkhofer, K., T. M. Bezemer, J. Bloem, M. Bonkowski, S. Christensen, D. Dubois, F. Ekelund, A. Fliessbach, L. Gunst, K. Hedlund, P. Mader, J. Mikola, C. Robin, H. Setala, F. Tatin-Froux, W. H. van der Putten, S. Scheu. 2008. Longterm Organic Farming Fosters Below and Aboveground Biota: Implications for Soil Quality, Biological Control and Productivity. Soil Biology and Biochemistry. 40: 2297–2308.

Bosch, R. van den dan M. K. Flint. 1990. Pengendalian Hama Terpadu. Indah K, Priyadi J, penerjemah. Kanisius. Yogyakarta. Terjemahan dari: Introduction to Integrated Pest Management. pp 127-128.

Brower J. E. dan Zar J. H. 1997. Field and Laboratory Methods for General Ecology. Lowa. Brown.

Bruck, D. J. 2010. Fungal Entomopathogens in the Rhizosphere. Biocontrol 55: 103–112.

Budi, A. S., A. Afandhi, dan R. D. Puspitarini. 2013. Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* Balsamo (Deuteromycetes: Moniliales) pada Larva *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. 1(1).

Busenburg, W. 2003. Successive Serial Dilutions. Department of Biology. Higley Hall. Kenyon College. Gambier, OH 43022 [online]. Diunduh dari http://biology.kenyon.edu/courses/biol09/tetrahymena/serialdilution3.htm pada tanggal 27 April 2016.

Chang, S. C. 2007. Deuteromycota [online]. Diunduh dari www.dls.ym.edu.tw/s59/041807duteromycota.pdf pada tanggal 28 November 2016.

Clifton, E. H. 2013. Impacts of Convensional and Organic Agriculture on Soil-borne Entomopathogenic Fungi. Thesis. Ames: Digital Repository @ Lowa State University.

Cory, J. S. dan J. D. Ericsson. 2010. Fungal Entomopathogens in a Tritrophic Context. Biocontrol. 55: 75-88.

Costa, S. D. dan R. R. Gaugler. 1989. Sensitivity of *Beauveria bassiana* to Solanine and Tomatine: Plant Defensive Chemicals In Habit an Insect Pathogen. J. Chem. Ecol. 15: 679-706.

Desyanti. 2007. Kajian Pengendalian Rayap Tanah *Coptotermes* spp. (Isoptera : Rhinotermitidae) dengan Menggunakan Cendawan Entompatogen Isolat Lokal. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Dibiyantoro L. H., Z. Abidin, dan O. S. Gunawan. 1996. Analisis Dampak Biodata Predominan dan Kandungan Bahan Beracun Berbahaya Pada Komunitas Kangkung. Laporan Penelitian E3. BALITSA/Penelitian APBN 1995/1996.

Domsch, K. H., W. Gams, dan Anderson. 1980. Fungi in Agricultural Soil. Longman Group Limited. London. p 859.

Federici, B. A. 1999. A Perspective On Pathogens As Biological Control Agents For Insect Pests. In: T. S. Bellows and T. W. Fisher (eds.), Chapter 18, pp 517-547, Handbook of Biological Control: Principles and Applications. Academic Press, San Diego, New York. p 1046.

Gabriel, B. P. dan Riyanto. 1989. *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin. Taksonomi, Patologi, Produksi dan Aplikasinya. Proyek Pengembangan Tanaman Perkebunan. Departemen Pertanian. Jakarta.

Goble, T. A., dan J. F. Dames, M. P. Hill, dan S. D. Moore. 2010. The Effects of Farming System, Habitat Type and Bait Type on The Isolation of Entomopathogenic Fungi from Citrus Soils in The Eastern Cape Province, South Africa. International Organization for Biological Control (IOBC). BioControl. 55: 399-412.

Goettel, G. D. and Inglis M. S. 1997. Fungi: Hyphomycetes. In Lacey, LA(ed.). Biological Techniques in Insect Pathology. Academic Press London. pp 213-249.

Han, J. H., B. R. Jin, J. J. Kim, dan S. Y. Lee. 2014. Virulence of Entomopathogenic Fungi *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* for the Microbial Control of *Spodoptera exigua*. Mycobiology. 42(4): 385-390.

Hasyim, A. dan Azwana. 2003. Patogenisitas Isolat *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin dalam Mengendalikan Hama Penggerek Bonggol Pisang, *Cosmopolites sordidus* Germar. J. Hort. 13(2): 120-130.

Herlinda, S., M. D. Utama, Y. Pujiastuti, dan Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria bassiana* (Bals.) Akibat Subkultur dan Pengayaan Media serta Virulensinya terhadap Larva *Plutella xylostella* (Linn.). J HPT Tropika. 6(2): 70-78.

Julyanda, M. 2011. Keragaman dan Kelimpahan Cendawan pada Rizosfer Kelapa Sawit Sehat dan Terserang *Ganoderma boninense*. Skripsi. Departemen Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. p 12.

Kusumaningrum, H. D., Suliantari, Nurjanah S., Hariyadi R. D., dan Nurwitri C. C. 2010. Penuntun Praktikum Mikrobiologi Pangan. Ed ke-3. IPB Press. Bogor.

Martin, L. F., D. Kolling, M. Camassola, A. J. P. Dillon, dan L. P. Ramos. 2008. Comparison of *Penicillium echinulatum* and *Trichoderma reesei* Cellulases in Relation to Their Activity Against Various Cellulosic Substrates. Bioresource Technology. 99: 1417–1424.

Meyling N. V. dan Eilenberg J. 2006. Occurrence and distribution of soil borne entomopathogenic fungi within a single organic agroecosystem. Agric. Ecosyst. Environ. 113: 336–341.

Meyling N. V., Thorup-Kristensen K., dan Eilenberg J. 2011. Below- and Aboveground Abundance and Distribution of Fungal Entomopathogens in Experimental Conventional and Organic Cropping Systems. Biological Control. 59: 180–186.

Meyling, N. V. dan Eilenberg, J. 2007. Ecology of The Entomopathogenic Fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in Temperate Agroecosystems: Potential for Conservation Biological Control. Biological Control 43: 145–155.

Mudjiono, G. 2013. Pengedalian Hama Terpadu; Konsep, Taktik, Strategi, Penyusunan Program PHT dan Implementasinya. UB Press. Malang. p 250.

Nuraida dan Hasyim. 2009. Isolasi, Identifikasi, dan Karakterisasi Jamur Entomopatogen dari Rizosfir Pertanaman Kubis. J. Hort. 19(4): 419-432.

Odum, P. E. 1993. Dasar-dasar Ekologi Edisi Ketiga. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. p 179.

Papierok, B. dan E. A. Hajek. 1997. Fungi: Entomophthorales. In Lacey. L.A. (Ed.). Biological Techniques. Manual of Techniques in Insect Pathology. pp 187- 212.

Prayogo Y., Tengkano W., Marwoto. 2005. Prospek Cendawan Entomopatogen *M. anisopliae* untuk Mengendalikan Ulat Grayak *S. litura* pada Kedelai. Jurnal Litbang Pertanian. 24 (1): 19-26.

Prayogo, Y. 2006. Upaya Mempertahankan Keefektifan Cendawan Entomopatogen untuk Mengendalikan Hama Tanaman Pangan. J. Litbang Pert. 25(2): 47-54.

Quesada-Moraga E., Navas-Cortes J.A., Maranhao A. A., Ortiz-Urquiza A., Santiago-Alvarez C. 2007. Factors Affecting the Occurence and Distribution of Entomopathogenic Fungi in Natural and Cultivated Soils. Mycol. Res. 111: 947-966.

Risbianti, E. N. 2015. Isolasi Jamur Patogen Serangga dari Tanah Gambut dengan Pola Tanam Sawi-Jagung dan Sawi di Kalimantan Tengah serta Uji Virulensi Terhadap *Plutella xylostella* Linnaeus (Lepidoptera: Plutellidae) di Laboratorium. Jurusan Hama Dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang.

Samer, S. H. C. 2011. Keanekaragaman Cendawan Entomopatogen pada Rhizosfir Pertanaman Cabai Dataran Tinggi dan Dataran Rendah di Sumatera Barat. Skripsi. Universitas Andalas. Padang.

Samways, M. J. dan N. M. Grech. 1986. Assessment of The Fungus *Cladosporium oxysporum* (Berk. and Curt.) As a Potential Biocontrol Agent Against Certain Homoptera. Amsterdam Printed in The Netherlands. Agriculture, Ecosystems and Environment. 15: 231-239.

Santoso, T. 1993. Dasar-dasar Patologi Serangga. Simposium Patologi Serangga di Yogyakarta, 12-13 Oktober 1993. PEI (Perhimpunan Entomologi Indonesia) Cabang Yogyakarta.

Sapieha-Waszkiewics A., Marjanska-Cichon B., dan Piwowarczyk Z. 2005. The Occurrence of Entomophatogenic Fungi In The Soil From The Plantations of Black Currant and Aronia. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 8 (1): 1-8.

Sheroze, A, A. Rashid, A. S. Shakir, dan S. M. Khan. 2003. Effect of bio-control agents on leaf rust of wheat and influence of different temperature and humidity levels on their colony growth. Int. J. Agri. Biol. 5(1): 83-85.

Soemarno. 2010. Ekologi Tanah. Bahan Kajian Mata Kuliah Manajemen Agroekosistem Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang [online]. Diunduh dari http://www.slideshare.net/bagasetyadi/ekologi-tanah-1576372 pada tanggal 2 Januari 2015.

Soewarno, W., B. A. N. Pinaria, C. L. Salaki, dan O. R. Pinontoan. 2012. Jamur yang Berasosisasi dengan *Plutella xylostella* L. pada Sentra Tanaman Kubis di Kota Tomohon dan Kecamatan Modoinding. Coccos. 3(6): 1-10.

Strack B. H. 2003. Biological Control of Termites by The Fungal Entomopathogen *Metarhizium anisopliae*. [online]. Diunduh dari http://www.Utoronto.ca/forest/termite/metani-1.htm pada tanggal 25 November 2015.

Sugiyatno, A. 2014. Proses Invensi Menuju Inovasi Jeruk Keprok Batu 55. Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika. Junrejo, Batu, Jawa Timur.

Sun, B. D. dan X. Z. Liu. 2008. Occurrence and Diversity of Insect-associated Fungi in Natural Soils in China. Applied Soil Ecology. 39: 100-108.

Susniahti, N., Sudrajat, dan M. S. Sianipar. 2005. Pengujian Potensi Jamur Entomopatogen *Paecilomyces fumosoroseus* Bainer terhadap Ulat Daun Kubis *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae). Laporan Penelitian. Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Bandung.

Talwar, B. H. 2005. Isolation and Characterization of Entomopathogenic Fungi and Their Effectiveness. Thesis. University of Agricultural Science. Dharwad.

Tanada, Y. dan H. K. Kaya, 1993. Insect Pathology. Academic Press. Inc. Harcourt Brace Jovanovich Publ, San Diego, New York, London.

Tiemann, L. K., A.S. Grandy,. E. E., E. Atkinson Marin-Spiotta, dan M. D. McDaniel. 2015. Crop Rotational Diversity Enhances Belowground Communities and Functions in an Agroecosystem. Ecology Letters. pp 1-2.

Tkaczuk, C., A. Krol, M. Safaryan, dan L. Nicewicz. 2014. The Occurence of Entomopathogenic Fungi in Soils from Fields Cultivated in a Conventional and Organic System. Journal of Ecological Engineering 15: 137-144.

Triman, B. 2010. Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Dirilis pada tanggal 11.19. Fakultas Pertanian. Universitas Gajdah Mada, Yogyakarta.

Trizelia, 2005. Cendawan Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (Deutromycotonia: Hypomycetes): Keragaman genetik, Karakterisasi Fisiologi dan Virulensinya Terhadap *Crocidolomia Pavonana* (F.) (Lepidoptera: Pyralidae). Disertasi. Institut Pertanian Bogor.

Trizelia, N. Armon, dan H. Jailani. 2015. Keanekaragaman Cendawan Entomopatogen pada Rizosfer Berbagai Tanaman Sayuran. 1 (5): 998-1004.

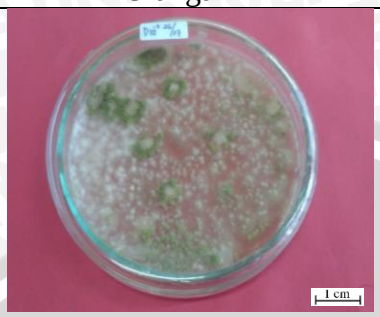
Watanabe, Tsuneo. 2002. Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species Second Edition. CRC Press. Boca Raton, Florida. p 506.

Wirawan, A. E., S. Djauhari, L. Sulistyowati. 2014. Analisis Perbedaan Pengaruh Penerapan Sistem PHT Dan Konvensional Terhadap Keanekaragaman *Trichoderma* sp. pada Lahan Padi. Program Studi Agroekoteknologi, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Universitas Brawijaya. 2 (3).

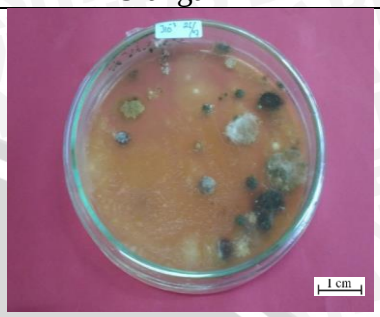
Wiryadiputra, S. 1994. Prospek dan Kendala Pengembangan Jamur Entomopatogenik, *Beauveria bassiana* untuk Pengendalian Hayati Hama Penggerek Buah Kopi, *Hypothenemus hampei*. Pelita Perkebunan. 9 (1): 92-99.

LAMPIRAN

Tabel Lampiran 1. Koloni Jamur Hasil *Dilution Plate* pada 7 HSP (Hari Setelah Pencawanan) dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Dau

Pengenceran	Ulangan 1	Ulangan 2
10^{-3}		
10^{-4}		
10^{-5}		
10^{-6}		
10^{-7}		

Tabel Lampiran 2. Koloni Jamur Hasil *Dilution Plate* pada 7 HSP (Hari Setelah Pencawanan) dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Junrejo

Pengenceran	Ulangan 1	Ulangan 2
10^{-3}		
10^{-4}		
10^{-5}		
10^{-6}		
10^{-7}		

Tabel Lampiran 3. Deskripsi Budidaya Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Dau untuk Pengambilan Sampel Rizosfer

Komponen	Keterangan
Nama Petani	Liswanto
Alamat	Desa Sumberbendo, Kecamatan Dau, Kabupaten Malang
Titik Koordinat	S 7°57′24.1632″, E 112°32′11.1444″
Jenis Jeruk	Jeruk Keprok
Luas Lahan	4700 m^2
Umur Tanaman	5 Tahun
pH Tanah	5,18
BO	1,83%
Sejarah Lahan	Lahan pertama kali digunakan untuk produksi tanaman jeruk
Pengolahan Lahan	Lahan tumpang sari dengan cabai, brokoli, buncis, tomat (kecuali musim kemarau). Lahan berbentuk teras bangku. Lahan baru pertama kali ditanami jeruk. Kemudian lahan diolah dengan cara menggali tanah antar bedengan dengan cangkul. Bedengan berbentuk persegi pada tanaman jeruk yang ditumpangsarikan dengan brokoli. Pembatas bedeng berupa guludan yang ditanami cabai. Jarak tanam jeruk 4x4 m dan jarak antar tanaman cabai 25 hingga 30 cm.
Pemupukan	Pupuk kimia: phonska 3 kuintal, grower 1 kuintal (dicampur). Aplikasi phonska dan grower 1 kg/tanaman yang diaplikasikan enam bulan sekali. Pupuk organik: pupuk kandang kotoran ayam dan kotoran sapi sebanyak 3 ton untuk jeruk dan 1,5 ton untuk cabai yang diaplikasikan setahun sekali. Cara aplikasi disebar di sekitar tanaman.
Pengairan	Untuk lahan teras atas disiram manual dengan cara dikocor. Pengairan dilakukan sesuai dengan kebutuhan. Lahan teras bawah diairi menggunakan selang.
Pengendalian OPT	Pengendalian OPT menggunakan pupuk kimia yaitu prevathon, excellent, samet, sipermetrin untuk hama jenis ulat, sedangkan B.A imidakloprit untuk hama jenis kutu-kutuan. Untuk pengendalian penyakit Blendok menggunakan bubur kalifornia. Aplikasi pestisida sebulan sekali.
Sanitasi Lahan	Sanitasi lahan dilakukan dengan memangkas ranting kecil yang gepeng, ranting yang kering, dan tunas air yang berduri. Bedengan dibersihkan dari rerumputan gulma dan sisa- sisa tanaman kemudian dikumpulkan dan ditimbun ke tanah. Sisa tanaman yang terserang penyakit dibuang.

Tabel Lampiran 4. Deskripsi Budidaya Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Junrejo untuk Pengambilan Sampel Rizosfer

Komponen	Keterangan
Nama Petani	Didik
Alamat	Desa Dadaprejo, Kecamatan Junrejo, Kota Batu
Titik Koordinat	S 7°54′36.18″, E 112°34′25.212″
Jenis Jeruk	Jeruk Keprok
Luas Lahan	1700 m^2
Umur Tanaman	7 Tahun
pH Tanah	6,53
BO	2,89%
Sejarah Lahan	Budidaya tanaman jeruk secara PHT dimulai pada tahun 2009, sebelumnya dilakukan budidaya secara konvensional dengan menambakan bahan sintetik seperti pestisida dan pupuk sintetik ke tanah. Sebelum ditanami tanaman jeruk keprok, lahan ditanami jeruk iris selama 15 tahun kemudian lahan dikosongkan selama empat hingga enam bulan dan selanjutnya ditanami cabai selama empat tahun.
Pengolahan Lahan	Lahan diolah dengan cara dibajak sebanyak tiga hingga empat kali dan menambahkan pupuk kandang sebanyak 20 ton ketika dilakukan pembajakan lahan. Selanjutnya pembuatan bedengan dan lubang tanam berdiameter 40 cm dan kedalaman 40 cm. Jarak tanam antar lubang 3 x 3,5 m.
Pemupukan	Pada lahan hanya diberikan pupuk organik seperti pupuk kandang (kotoran kambing dan kotoran sapi), pupuk cair (urin kambing), dan pupuk hijau.
Pengairan	Pengairan disesuaikan dengan kondisi tanaman, ketika tanaman dalam fase pembungaan lahan diairi penuh (digenangi) dan ketika tanaman dalam fase pembuahan maka pengairan dilakukan dengan cara dikocor.
Pengendalian OPT	Pengendalian dilakukan dengan meyemprotkan pestisida nabati dari laos, kunyit, temulawak, jahe merah, serai merah, akar tuba dan daun mimba untuk mengendalikan hama wereng dan kutu loncat. Pestisida nabati disemprot dua hingga tiga kali dalam seminggu.

Tabel Lampiran 5. Hasil Analisis Tanah dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Dau dan Junrejo

LAPORAN HASIL ANALISA TANAH
LABORATORIUM UPT PENGEMBANGAN AGRIBISNIS TANAMAN PANGAN DAN HORTIKULTURA
BEDALI LAWANG

NO	ASAL CONTOH TANAH	pH Larut		Bahan Organik			BO	P2O5 Olsen ppm	K Larut As Ac. pH 7 1 N (me)
		H2O	KCL	% C	% N	C/N	%		
	An Anita Qur'ania								
1	Tanah Dau Malang	5.18	-	1.06	-	-	1.83	-	-
2	Tanah Junrejo Baru	6.53	-	1.68	-	-	2.89	-	-
	Rendah Sekali	< 4.0	< 2.5	< 1.0	< 0.1	< 5.0		< 5.0	< 0.1
	Rendah Sekali	4.1 - 5.5	2.6 - 4.0	1.1 - 2.0	0.11 - 0.2	5.0 - 10.0		5.0 - 10.0	0.1 - 0.3
	Sedang	5.6 - 7.5	4.1 - 6.0	2.1 - 3.0	0.21 - 0.5	11.0 - 15.0		11.0 - 15.0	0.4 - 0.5
	Tinggi	7.6 - 8.0	6.1 - 6.5	3.1 - 5.0	0.51 - 0.75	16.0 - 25.0		16.0 - 20.0	0.6 - 1.0
	Tinggi Sekali	> 8.0	> 6.5	> 5.0	> 0.75	> 25		> 20	> 1.0

Lawang, 13 Januari 2017

An Kepala UPT PATPH
Kasubag Tata Usaha

SUDIONO, S.Sos
19591019 198203 1 008

Analis Tanah

MARIA YULITA E, SP
19700713 200701 2 010

Tabel Lampiran 6. Perhitungan Nilai Kelimpahan Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Dau

Genus	$10^{-3}n_1$	$10^{-3}n_2$	$10^{-4}n_1$	$10^{-4}n_2$	$10^{-5}n_1$	$10^{-5}n_2$	$10^{-6}n_1$	$10^{-6}n_2$	$10^{-7}n_1$	$10^{-7}n_2$	ΣC	N (cfu/ml)
Paecilomyces	0	0	3	0	0	0	256	0	0	28	287	143,5
Acremonium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Penicillium	0	21	4	1	6	5	0	1	3	6	47	23,5
Metarhizium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Aspergillus	196	12	1	9	3	35	1	3	16	63	339	169,5
Fusarium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Trichoderma	0	0	39	16	0	0	0	0	0	28	83	41,5
Cladosporium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
						Total						378,0

Keterangan: n_1= jumlah genus jamur tertentu pada cawan pengenceran pertama, n_2= jumlah genus jamur tertentu pada cawan pengenceran kedua, ΣC= jumlah koloni yang tumbuh pada semua cawan, N= jumlah kelimpahan genus jamur

Tabel Lampiran 7. Perhitungan Nilai Kelimpahan Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Junrejo

Genus	$10^{-3}n_1$	$10^{-3}n_2$	$10^{-4}n_1$	$10^{-4}n_2$	$10^{-5}n_1$	$10^{-5}n_2$	$10^{-6}n_1$	$10^{-6}n_2$	$10^{-7}n_1$	$10^{-7}n_2$	ΣC	N (cfu/ml)
Paecilomyces	2	0	0	1	38	1	78	10	0	1	131	65,5
Acremonium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Penicillium	4	0	1	5	1	3	0	0	4	7	25	12,5
Metarhizium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0
Aspergillus	4	19	3	1	0	2	0	70	2	2	103	51,5
Fusarium	27	1	16	11	0	0	0	0	8	7	70	35,0
Trichoderma	0	0	36	0	0	0	0	0	0	0	36	18,0
Cladosporium	0	0	0	0	0	0	4	8	0	0	12	6,0
						Total						188,5

Keterangan: n_1= jumlah genus jamur tertentu pada cawan pengenceran pertama, n_2= jumlah genus jamur tertentu pada cawan pengenceran kedua, ΣC= jumlah koloni yang tumbuh pada semua cawan, N= jumlah kelimpahan genus jamur

Tabel Lampiran 8. Perhitungan Nilai Keragaman Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Dau

Genus	Jumlah spesies	p_i	ln (p_i)	H'
Paecilomyces	4	0,235294	-1,44692	-0,34045
Acremonium	1	0,058824	-2,83321	-0,16666
Penicillium	3	0,176471	-1,7346	-0,30611
Metarhizium	1	0,058824	-2,83321	-0,16666
Aspergillus	6	0,352941	-1,04145	-0,36757
Fusarium	1	0,058824	-2,83321	-0,16666
Trichoderma	1	0,058824	-2,83321	-0,16666
Cladosporium	0	0	0	0
Total	17			1,68077

Keterangan: p_i= proporsi setiap genus, H'= indeks keragaman Shannon-Wiener

Tabel Lampiran 9. Perhitungan Nilai Keragaman Genus Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Junrejo

Genus	Jumlah spesies	p_i	ln (p_i)	H'
Paecilomyces	1	0,066667	-2,70805	-0,18054
Acremonium	0	0	0	0
Penicillium	2	0,133333	-2,0149	-0,26865
Metarhizium	1	0,066667	0	0
Aspergillus	4	0,266667	-1,32176	-0,35247
Fusarium	4	0,266667	-1,32176	-0,35247
Trichoderma	1	0,066667	-2,70805	-0,18054
Cladosporium	2	0,133333	-2,0149	-0,26865
Total	15			1,60332

Keterangan: p_i= proporsi setiap genus, H'= indeks keragaman Shannon-Wiener

Tabel Lampiran 10. Kerapatan dan Viabilitas Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Dau

Nomor	Isolat Jamur	Kerapatan (konidia/ml)	Viabilitas (%)
1	*Paecilomyces* sp. 2	$1,35 \times 10^6$	62,5
2	*Acremonium* sp.	$2,1 \times 10^6$	66,67
3	*Penicillium* sp. 1	2×10^6	72,22
4	*Paecilomyces* sp. 4	$0,8 \times 10^6$	83,33
5	*Penicillium* sp. 2	$0,55 \times 10^6$	66,67
6	*Paecilomyces* sp. 3	$2,25 \times 10^6$	72,73
7	*Aspergillus* sp. 3	$0,15 \times 10^6$	66,67
8	*Aspergillus* sp. 1	$4,3 \times 10^6$	78,79
9	*Fusarium* sp. 1	$2,3 \times 10^6$	80,00
10	*Metarhizium* sp. 1	$2,45 \times 10^6$	80,00
11	*Aspergillus* sp. 2	$1,75 \times 10^6$	66,67
12	*Aspergillus* sp. 1	$1,65 \times 10^6$	75,00
13	*Trichoderma* sp.	$0,2 \times 10^6$	75,00
14	*Penicillium* sp. 1	$1,7 \times 10^6$	75,00
15	*Paecilomyces* sp. 1	$3,15 \times 10^6$	83,33
16	*Aspergillus* sp. 4	1×10^6	66,67
17	*Aspergillus* sp. 2	$4,25 \times 10^6$	75,51

Tabel Lampiran 11. Kerapatan dan Viabilitas Isolat Jamur yang Berasosiasi dengan Serangga dari Rizosfer Tanaman Jeruk pada Lahan PHT di Junrejo

Nomor	Isolat Jamur	Kerapatan (konidia/ml)	Viabilitas (%)
1	*Fusarium* sp. 1	$4{,}5 \times 10^6$	66,67
2	*Metarhizium* sp. 2	$0{,}9 \times 10^6$	75,00
3	*Penicillium* sp. 1	$3{,}2 \times 10^6$	75,00
4	*Aspergillus* sp. 2	$1{,}05 \times 10^6$	60,00
5	*Penicillium* sp. 3	$1{,}1 \times 10^6$	66,67
6	*Cladosporium* sp.	$24{,}5 \times 10^6$	80,00
7	*Fusarium* sp. 2	$3{,}95 \times 10^6$	75,00
8	*Trichoderma* sp.	$7{,}05 \times 10^6$	66,67
9	*Fusarium* sp. 2	$1{,}25 \times 10^6$	42,86
10	*Aspergillus* sp. 2	$1{,}7 \times 10^6$	55,81
11	*Aspergillus* sp. 4	$1{,}2 \times 10^6$	66,67
12	*Fusarium* sp. 3	$6{,}45 \times 10^6$	84,3
13	*Paecilomyces* sp. 1	$1{,}45 \times 10^6$	61,54
14	*Cladosporium* sp.	$5{,}1 \times 10^6$	89,19
15	*Aspergillus* sp. 1	$0{,}85 \times 10^6$	66,67