

Hubungan Lingkungan Tanah dengan Virulensi Jamur Entomopatogen Pada Tanaman Padi

Rose Novita Sari Handoko^{1*}, Aminudin Afandhi², Amin Setyo Leksono³, Mufidah Afiyanti³

¹Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Islam Malang, Malang 65144 Indonesia

²Departemen Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang 65145 Indonesia

³Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang 65145 Indonesia

*Email Korespondensi: rosensh@unisma.ac.id

Abstrak

Keanekaragaman ekosistem yang tinggi dapat mengendalikan populasi hama. Dalam penelitian ini bertujuan untuk memahami pentingnya keberadaan jamur entomopatogen untuk mengetahui keseimbangan ekosistem dan efisiensi terhadap insektisida. Beras merupakan makanan pokok yang terus diteliti untuk hal-hal yang menarik. Indonesia menduduki peringkat ke-3 untuk produksi di tingkat internasional. Penelitian dilakukan melalui survei tanaman dan lahan sawah dengan aplikasi konvensional di Kasembon Malang. Aplikasi pupuk kimia dan pestisida standar digunakan di lapangan ini. Sebanyak 5 titik sampel tanah yang ditentukan secara diagonal digunakan dalam penelitian ini. Metode pengenceran dilakukan untuk analisis jamur entomopatogen yang kemudian diuji menggunakan metode *Postulat Koch* pada *Tenebrio molitor*, kemudian diamati gejala dan kematian *Spodoptera litura* selama uji patogenisitas. Nilai keanekaragaman juga menunjukkan keanekaragaman sedang. Kami menyimpulkan bahwa aplikasi pestisida dan pupuk kimia sesuai dengan praktik yang direkomendasikan, tidak berdampak negatif terhadap keanekaragaman jamur entomopatogen. *Aspergillus* sp dan *Penicillium* sp dapat menyebabkan kematian terhadap *Spodoptera litura*.

Kata Kunci: Rizosfer, Jamur Entomopatogen, Sistem Padi Konvensional

Abstract

*A diverse ecology may help keep insect populations in check. The purpose of this research was to assess the significance of entomopathogenic fungus in determining the ecosystem's balance and the efficacy of pesticides in a rice field. A survey of plants and paddy fields in Kasembon Malang using traditional treatment was undertaken. According to interviews with farmers, this area was irrigated with conventional chemical fertilisers and pesticides. This research included a total of five diagonally located soil sample locations. The dilution technique was used to analyse entomopathogenic fungi, which were subsequently evaluated for pathogenicity against *Tenebrio molitor* using the Koch's Postulate method, followed by observations of *Spodoptera litura* symptoms and death during the pathogenicity test. Additionally, the diversity value indicated that there was a moderate degree of variety. We find that following approved guidelines for pesticide and chemical fertiliser application has no detrimental effect on the variety of entomopathogenic fungus, meanwhile *Spodoptera litura* is susceptible to both *Aspergillus* sp. and *Penicillium* sp.*

Keywords: Rhizosphere, Entomopathogen Fungi, Conventional System of Rice

Pendahuluan

Beras adalah salah satu makanan pokok di Asia termasuk Indonesia. Produksinya sangat bergantung pada proses budidaya dan kondisi lingkungan juga. Berbagai cara budidaya terapan bertujuan untuk meningkatkan produksi tanaman padi. Penggunaan pupuk dan pestisida tidak dapat dipisahkan dari pilihan petani untuk meningkatkan produksi mereka dan mengurangi populasi hama. Pestisida yang digunakan harus disesuaikan dengan rekomendasi dosis karena penggunaan pestisida yang berlebihan dapat menyebabkan keracunan, menyebabkan resistensi hama terhadap pestisida dan residu pestisida di lokasi pertanian termasuk tanah dan air irigasi (Okoli et al. 2017). Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas pertanian berkelanjutan yang bergantung pada pupuk kimia dan pestisida sintetis. Penerapan pertanian anorganik dapat ditemukan di beberapa daerah di Indonesia (Noerfitryani & Hamzah 2017). Peralihan dari anorganik ke organik memerlukan waktu dan komitmen oleh semua kalangan. Dikarenakan pertanian organik mempertimbangkan efek jangka menengah dan panjang dari intervensi pertanian pada agroekosistem. Ini bertujuan untuk menghasilkan makanan sekaligus membangun keseimbangan ekologi untuk menjaga kesuburan tanah.

Tanah adalah habitat yang paling penting untuk keragaman jamur entomopathogeni, yang dapat berkontribusi secara signifikan terhadap populasi serangga di ekosistem (Meyling & Eilenberg 2006). Komunitas mikroba menguraikan bahan organik di tanah yang kemudian mengkonversikannya sebagai nutrisi untuk dimanfaatkan oleh tanaman (Van Der Putten et al. 2009), sehingga keberadaan komunitas mikroba di tanah memainkan peran penting dalam ketersediaan nutrisi. Selain itu, tanah dan rhizosfer juga berfungsi sebagai habitat hidup bagi berbagai musuh alami dan hama termasuk jamur entomopathogen yang tersebar luas di agro-ekosistem habitat alam sedang dan semi (Vega et al. 2008).

Proses penguraian meningkatkan kelimpahan musuh alami, yang berkembang negatif terhadap populasi hama di tanah (Birkhofer et al. 2008). Beberapa spesies jamur yang ditemukan di bawah dan di atas tanah sebagai jamur entomopathogen (Meyling et al 2011). Beberapa jamur penghasil entomopatogen tumbuhan dan bakteri patogen di tanah (Vega et al. 2008; Behie, Zelisko, and Bidochka 2012). Namun, informasi mengenai jamur menguntungkan di rhizosfer perkebunan padi, terutama jamur entomopathogen. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keanekaragaman jamur entomopatogen dan hubungan ciri fisik kimiawi tanah pada lahan padi yang dikelola secara konvensional. Data utamanya berupa virulensi dan patogenitas terhadap larva *Tenebrio molitor* dan *Spodoptera litura*. Data pendukung dalam penelitian ini meliputi kadar keasaman dan bahan organik tanah untuk mengetahui seberapa pengaruh dari bahan kimia.

Bahan dan Metodologi

Lokasi Pengambilan Sampel

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai November. Identifikasi jamur entomopatogen di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Fakultas Sains Universitas Malang, Postulat Koch dan Uji Patogenitas di Laboratorium Nematologi dan Entomologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Brawijaya Malang. Titik pengumpulan data dilakukan di Dusun Mangir, Desa Sukosari, Kecamatan Kasembon, Kabupaten Malang. Deskripsi budidaya padi dengan PHT diperoleh dari wawancara dengan petani pemilik lahan. Data budidaya padi yang diobservasi meliputi jenis varietas yang dipakai yaitu Ciherang. Pupuk kimia 1 kali aplikasi yaitu za 50 kg, urea 100 kg, phonska 50 kg, petroganik 300 kg. Aplikasi dilakukan 2 kali dalam 1 kali tanam dengan luasan 312 m².

Aplikasi Pestisida

Pestisida sistemik yang digunakan oleh petani di lahan padi berdasarkan hasil wawancara dalam budidaya padi yaitu 3% karbofuron. Aplikasi pestisida yang digunakan sudah sesuai dengan yang direkomendasikan oleh kementerian pertanian di Indonesia yang terletak pada keterangan dikemasan produk.

Pengambilan Sampel Tanah

Untuk mengidentifikasi tingkat keanekaragaman hayati cendawan entomopatogen di rizosfer padi, sampel tanah diambil di dekat akar tanaman padi menggunakan trowel. Sampel tanah diambil pada 5 titik dengan sistem diagonal (Leon et al. 2018). Bagian tanah rizosfer diambil dengan kedalaman 30 cm (Batista et al. 2016). Contoh tanah merupakan campuran dari 5 titik daerah percobaan.

Isolasi Jamur Entomopatogen

Isolasi jamur dilakukan dengan menggunakan metode dilution plate menurut Clifton et al., 2015 dengan modifikasi. Sebanyak 25 g tanah diambil di setiap tempat sampel tanah dan kemudian diencerkan dengan 225 ml pepton dan vortex sampai diperoleh pengenceran 10^{-1} . Pengenceran sampai 10^{-5} kemudian dilakukan. Proses pengenceran dilakukan di *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC). Setiap 0,1 ml diambil dari pengenceran 10^{-5} ; 10^{-4} ; 10^{-3} ; 10^{-2} dan 10^{-1} dan dibiakkan dalam media *Sabouraud Dextrose Agar Yeast Extract* (SDAY). Kemudian diinkubasi selama 3 hari dalam inkubator pada 35 °C. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah koloni pertumbuhan jamur di media. Jika lebih dari satu koloni disajikan, pemurnian dan inkubasi selama 7 hari dalam inkubator pada 35 °C kemudian dilakukan.

Suspensi Konidia

Tahapan ini dimaksudkan untuk penghitungan kerapatan dan viabilitas konidia sebelum diuji ke larva *T. molitor* dan *S. litura*. Adapun proses yang dilakukan adalah isolat jamur entomopatogen yang dibiakkan di media SDAY selama 7 hari dipindahkan ke media *Extract Peptone* (EKDP) yang terdiri dari 1 liter air suling, 250 gram kentang, 20 gram dekstrosa, 10 gram pepton dan 1 gram cloramfenikol. Transfer dilakukan dengan mengambil 1 cm x 1 cm hingga 5 kali dari isolat jamur di SDAY, dikocok dan diinkubasi selama 7 hari pada 100 rpm dan 28 °C. Jamur yang tumbuh di media diguncang. Sebuah 10 ml media yang mengandung jamur disentrifugasi pada 3000 rpm selama 5 menit, pellet dicuci dengan 5 ml air suling. Pengamatan dan perhitungan kerapatan dan viabilitas konidia kemudian dilakukan menurut (Blaney 1987). Uji patogenisitas dan virulensi dilakukan pada *T. molitor* dan *S. litura* larva.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Kimia Tanah

Bahan organik di lahan padi sawah petani dalam penelitian ini berkisar antara 2,27% hingga 3,20% (Tabel 1). Kriteria bahan organik dalam satuan persen adalah <1,00 (sangat rendah); 1,00 - 2,00 (rendah); 2,01 - 3,00 (sedang); 3,01 - 5,00 (tinggi); > 5,00 (sangat tinggi), yang berarti hasil ini menunjukkan tingkat bahan organik yang tinggi. Analisis tanah menunjukkan bahwa rizosfer tanaman padi dengan sistem konvensional memiliki derajat keasaman (pH) dari 4,00 sampai 5,30 tergolong rendah (Tabel 1). Kondisi tersebut hampir sesuai untuk perkembangan jamur. Sedangkan bahan organik (BO) dari 2,27 sampai 3,20 tergolong rendah (Tabel 1). Tingginya populasi mikroba jamur ($643,27 \times 10^6$ per

gram tanah) dan bakteri ($893,91 \times 10^8$ per gram tanah) karena tersedianya bahan organik (7,30%) yang tinggi di dalam tanah dan intensitas penyakit yang rendah (0-10%) (Abbott and Manning 2015). Kandungan bahan organik yang tinggi dapat meningkatkan aktifitas biologi mikroba tanah termasuk mikroba yang bersifat antagonistik terhadap patogen (Mazzola 2004).

Menurut Zimmermann (2008), jamur dapat ditemukan di tanah dengan kandungan bahan organik antara 1,32% hingga 4,94%. Jamur yang ditemukan dalam observasi ini meliputi *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Paecilomyces lilacinus*, *Gliocladium roseum*, *Penicillium* sp., *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, *Fusarium* sp., *Aspergillus flavus*, *Aspergillus tamari*. Data ini menunjukkan bahwa bahwa budidaya intensif menggunakan pestisida dan pupuk kimia dalam jumlah yang tertera pada kemasan produk tidak berdampak negatif terhadap bahan organik yang sesuai untuk pertumbuhan jamur entomopatogenik.

Tabel 1 Sifat kimia tanah rhizosfer sistem konvensional tanaman padi

Jenis Pengelolaan	Titik Sampel	Pengambilan	pH	Bahan Organik (%)
Konvensional		1	5,00	2,27
		2	5,30	2,89
		3	4,80	2,27
		4	4,00	3,20
		5	4,70	3,20

Sumber: Data penelitian dari analisis laboratorium UPT PATPH Lawang, 2016

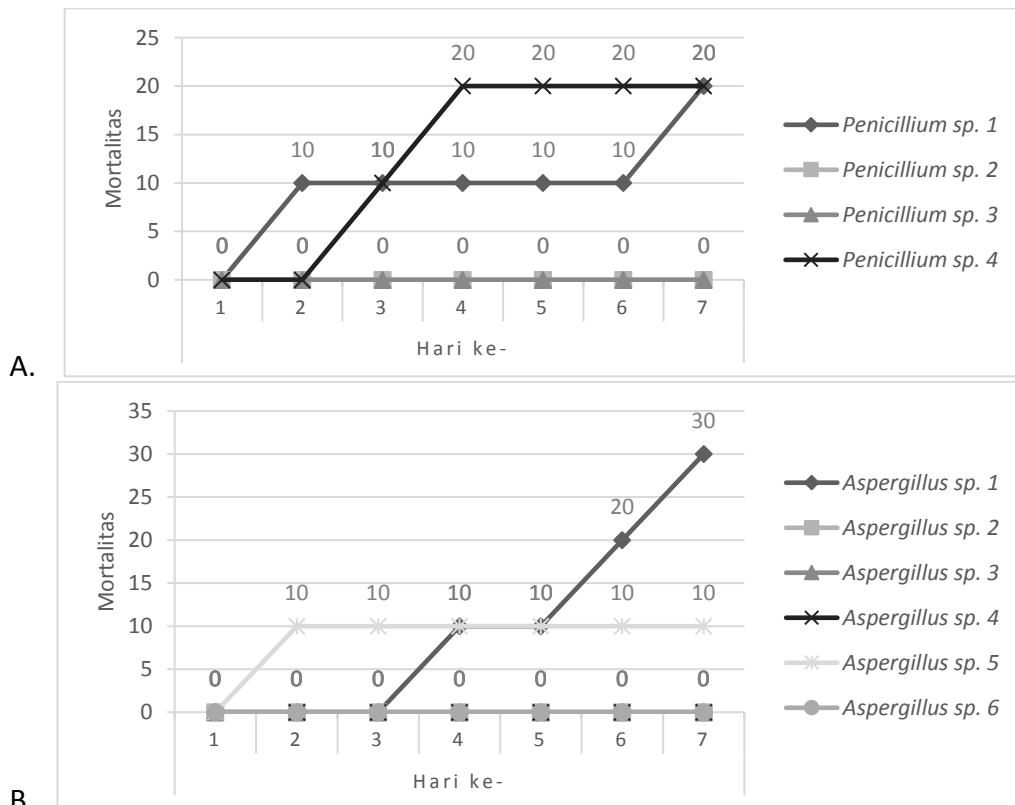
Patogenisitas

Untuk memahami apakah jamur entomopatogen yang ditemukan di tanah masih memiliki patogenisitas, kami menguji semua jamur entomopatogen tersebut ke larva *T. molitor*. Larva yang digunakan adalah larva instar keempat (panjang tubuh 0,61 cm) - 6 (panjang badan total 0,83 cm) (Zhen et al. 2014). Perhitungan tingkat kematian larva digunakan untuk mengukur efektivitas jamur entomopatogen dalam mengendalikan populasi serangga hama.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa infeksi jamur rhizosfer tanaman padi pada sistem konvensional menyebabkan kematian pada larva *T. molitor* dengan kisaran 3,32% - 5,74% (Gambar 1 dan 2). Waktu kematian paling awal terjadi pada larva *T. molitor* yang terinfeksi oleh *Penicillium* sp. 1 dan *Aspergillus* sp. 5 (Tabel 2). Isolat jamur yang dapat menyebabkan kematian pada larva *T. molitor* diklasifikasikan sebagai jamur oportunistik karena mortalitasnya kurang dari 100%. Uji viabilitas isolat jamur tinggi karena dapat menyebabkan kematian pada larva *T. molitor*. Viabilitas isolat jamur menyebabkan kematian pada larva *T. molitor* adalah *Penicillium* sp. 1 (80,00%); *Aspergillus* sp. 1 (87,09%); *Aspergillus* sp. 5 (84,53%); dan *Penicillium* sp. 4 (85,71%), masing-masing (Gambar 2) berdasarkan (Gambar 1) tentang mortalitas larva *T. molitor*. Jumlah conida (10^6) isolat jamur penyebab kematian pada larva *T. molitor* adalah *Penicillium* sp. 1 (7,05); *Aspergillus* sp. 1 (4,75); *Aspergillus* sp. 5 (2,60); dan *Penicillium* sp. 4 (0,20), masing-masing (Gambar 3). Data kami menunjukkan bahwa baik *Penicillium* sp dan *Aspergillus* sp memiliki patogenisitas yang tinggi terhadap larva yang diuji. Hasil serupa juga ditunjukkan dalam penelitian sebelumnya yang menunjukkan patogenisitas *Penicillium corylophilum* dan *Aspergillus giganteus* menyebabkan kematian hingga 50% dari nimfa kedua dan keempat dari *Triatoma infestans* dan *Panstrongylus megistus* (Gerai 2003). Menurut Ramzan Asi et al. (2010) seekor larva muda lebih rentan terinfeksi jamur entomopatogen dibandingkan jamur yang lebih tua. Faktor-faktor yang mempengaruhi efektivitas jamur patogen serangga adalah

patogenisitas jamur serangga patogen (fisiologi jamur, produksi enzim dan racun, viabilitas konidia, konidia), inang serangga, dan faktor lingkungan (radiasi matahari, suhu, kelembaban, keasaman, tanah) (Zimmermann 2008). Menurut (Meylin et al. 2011), kekayaan organisme mikroba dalam komunitas entomopatogen dapat menyebabkan peningkatan mortalitas hama, misalnya keragaman nematoda dan jamur di berbagai komunitas dapat menghasilkan tingkat kematian hama dengan sangat efektif. Dengan demikian, kemampuan patogen untuk menyebabkan infeksi serangga dapat ditentukan oleh tiga faktor termasuk patogen, pejamu dan lingkungan.

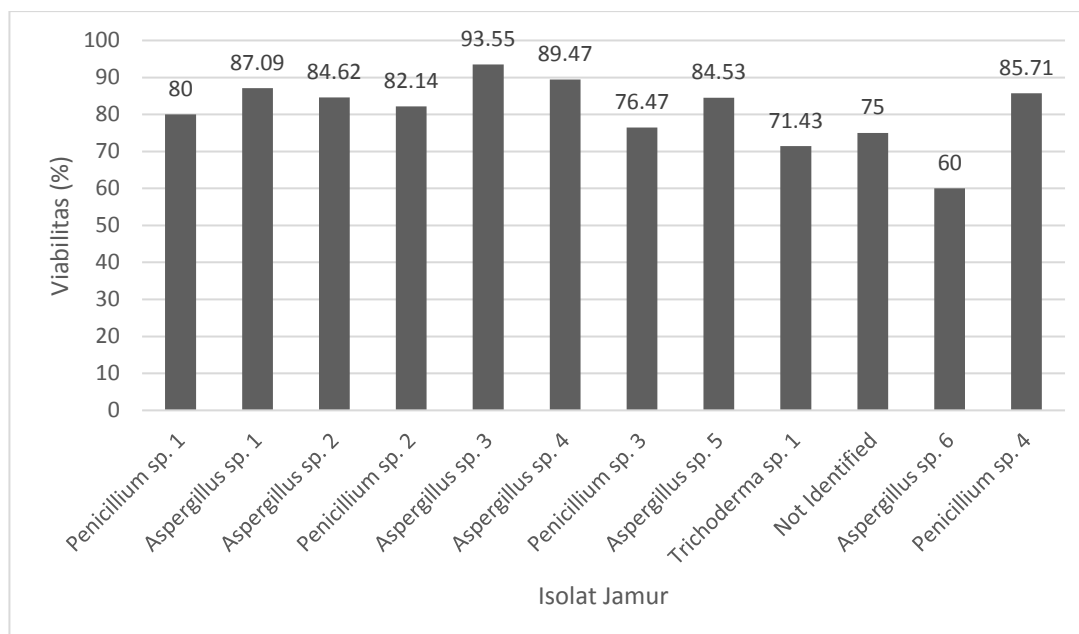
Perbedaan patogenisitas jamur entomopatogen terhadap larva *T. molitor* dapat disebabkan oleh metabolit sekunder yang dihasilkan oleh masing-masing jamur. Entomopatogen yang berfungsi sebagai endofit, termasuk *Aspergillus parasiticus*, *Lecanicillium lecanii* dan *Beauveria bassiana* mempengaruhi baik fekunditas dan pertumbuhan serangga pada tanaman kapas. Mekanisme yang mungkin mungkin termasuk metabolit yang dihasilkan oleh jamur yang beracun bagi serangga (Gurulingappa et al. 2010). Genus *Penicillium* menghasilkan penicillin (Sahu 2015). Penggunaan insektisida untuk menargetkan vektor serangga telah terhambat oleh masalah toksisitas terhadap lingkungan dan oleh seleksi serangga yang resisten. Oleh karena itu, strategi biocontrol berdasarkan mikroba mikroba yang muncul secara alami muncul sebagai alternatif kontrol yang menjanjikan. Jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* dikarakterisasi dengan baik dan telah disetujui oleh Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat sebagai metode pengendalian hama biologis (Jaber et al. 2016).



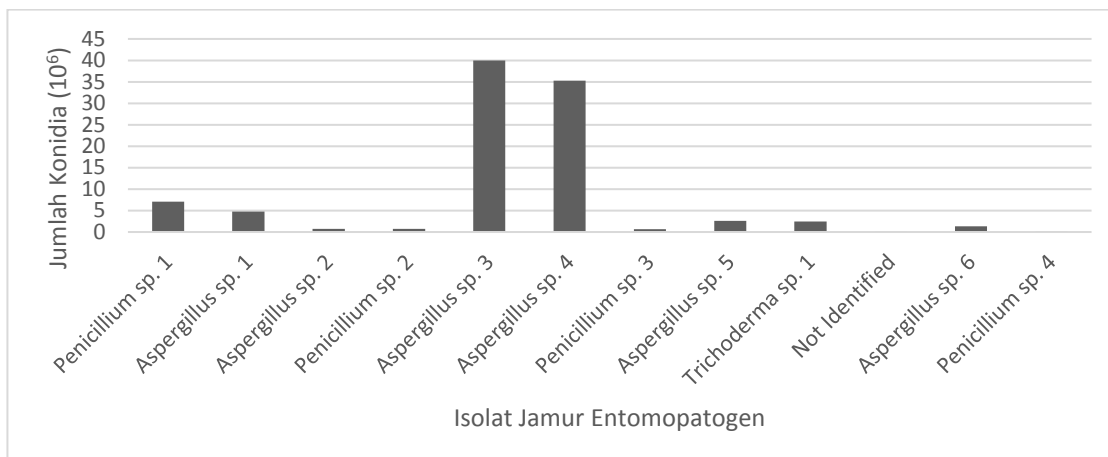
Gambar 1. Mortalitas larva *T. molitor* setelah aplikasi *Penicillium* sp. (A) dan *Aspergillus* sp. (B) dari sistem konvensional tanaman padi rhizosfer

Tabel 2. Mortalitas larva *T. molitor* setelah aplikasi isolat jamur dari sistem konvensional tanaman padi rhizosfer

Isolat Jamur Entomopatogen	Waktu untuk Kematian (Hari ke-)						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Penicillium</i> sp. 1	-	1	-	-	-	-	1
<i>Aspergillus</i> sp. 1	-	-	-	1	-	1	1
<i>Aspergillus</i> sp. 2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> sp. 2	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus</i> sp. 3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus</i> sp. 4	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> sp. 3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus</i> sp. 5	-	1	-	-	-	-	-
<i>Trichoderma</i> sp. 1	-	-	-	-	-	-	-
Not Identified	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aspergillus</i> sp. 6	-	-	-	-	-	-	-
<i>Penicillium</i> sp. 4	-	-	1	1	-	-	-



Gambar 2. Viabilitas dua belas isolat rhizosfer padi di Malang, Indonesia



Gambar 3. Jumlah konidia dari dua belas isolat rhizosfer padi di Malang, Indonesia

Virulensi

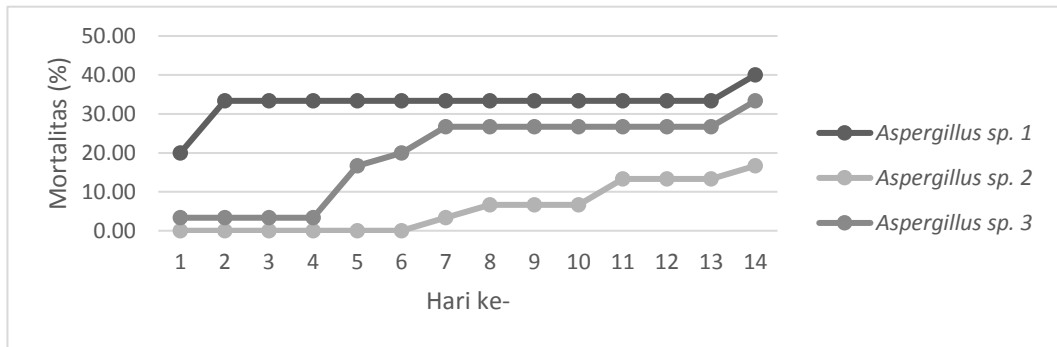
Untuk mempelajari kemampuan virulensi infeksi jamur pada larva *T. molitor*, uji patogenisitas diuji lebih lanjut dalam kemampuan virulensi terhadap larva *S. litura*. Hasilnya menunjukkan bahwa *Aspergillus* sp. menyebabkan kematian rerata tertinggi (11,48%) (Gambar 4a) sementara itu *Penicillium* sp. menunjukkan angka kematian rerata terendah (3,83%) (Gambar 4b). Larva *S. litura* yang diobati dengan *Aspergillus* sp.1 menunjukkan mortalitas pada hari 1 setelah inokulasi (Tabel 3), dan total mortalitas larva *S. litura* mencapai 12 larva (Tabel 3). Viabilitas isolat jamur menyebabkan kematian pada larva *S. litura* adalah *Penicillium* sp. 1 (68,89%); *Aspergillus* sp. 1 (59,52%); *Aspergillus* sp. 2 (41,17%); dan *Aspergillus* sp. 3 (42,30%) (Gambar 5). Jumlah konidia (10⁶) dari isolat jamur menyebabkan kematian pada larva *S. litura* adalah *Penicillium* sp. 1 (23,55); *Aspergillus* sp. 1 (4,85%); *Aspergillus* sp. 2 (0,95%); dan *Aspergillus* sp. 3 (2,90%) (Gambar 6).

Hasil ini menunjukkan bahwa *Aspergillus* memiliki virulans yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Penicillium* sp. Menurut (Drott et al. 2021), penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aflaktoksin diproduksi oleh *Aspergillus flavus* menyebabkan kematian pada larva *Drosophila*. Jadi *Aspergillus flavus* dapat memberikan keuntungan ketika berinteraksi dengan serangga. Sementara itu cyclopenol dan brevianamide A yang ditemukan di *Penicillium* spp bersifat antagonis (penurunan berat badan dan mortalitas) terhadap *Drosophila melanogaster* dan *Spodoptera littoralis* (Paterson et al, 1987). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan beberapa senyawa beracun yang ditemukan pada spora jamur yang mendapatkan kontak langsung dengan permukaan tubuh larva dan mengakibatkan terganggunya metabolisme tubuh. Gangguan metabolisme tubuh dapat menyebabkan kematian dan itu tergantung pada jamur yang digunakan (Putri, 2015)

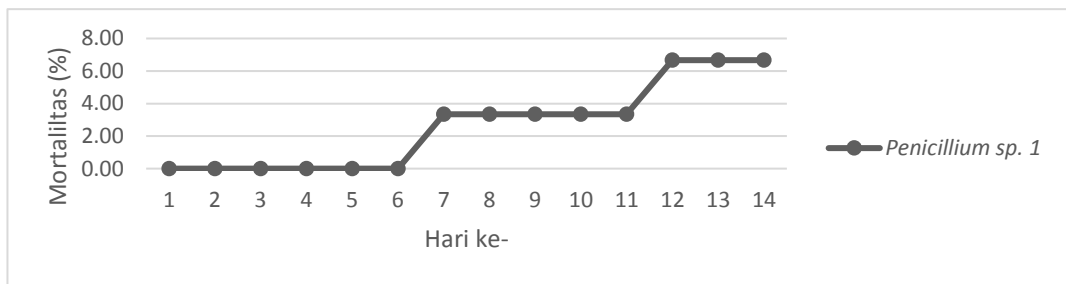
Pengamatan gejala pada *T. molitor* menunjukkan bahwa *Aspergillus* sp mengisolasi pengobatan 1 mempengaruhi perkembangan *T. Molitor*, yang lebih lambat berkembang menjadi pupa, gejala termasuk kelemahan dan kemudian meninggal pada hari 1 setelah pengobatan (Tabel 3). Namun, pengobatan dengan isolat *Penicillium* sp 1 menunjukkan perkembangan yang lebih cepat menjadi pupa. Kematian tertinggi larva *S. litura* dalam pengobatan isolat jamur *Aspergillus* sp. dan mortalitas terendah adalah pengobatan dengan isolat jamur *Penicillium* sp. Dengan demikian, disimpulkan bahwa *Aspergillus* sp. menyebabkan mortalitas lebih tinggi daripada *Penicillium* sp. Hasil serupa juga ditunjukkan oleh penelitian

sebelumnya. Menurut (Zhen et al. 2014), mortalitas di *Galleria mellonella* disebabkan oleh *Aspergillus sydowi* (26,7%) sementara itu *Penicillium brasilianum* menyebabkan mortalitas sebesar 6,7%; *Penicillium chrysogenum* dengan 0 hingga 6,7%; *Penicillium corprophlium* sebesar 6,7%; *Penicillium italicum* sebesar 0%; *Penicillium simplicissimum* sebesar 0%. Dengan demikian, sebagian besar genus *Penicillium* menyebabkan kematian lebih rendah dibandingkan dengan genus *Aspergillus*.

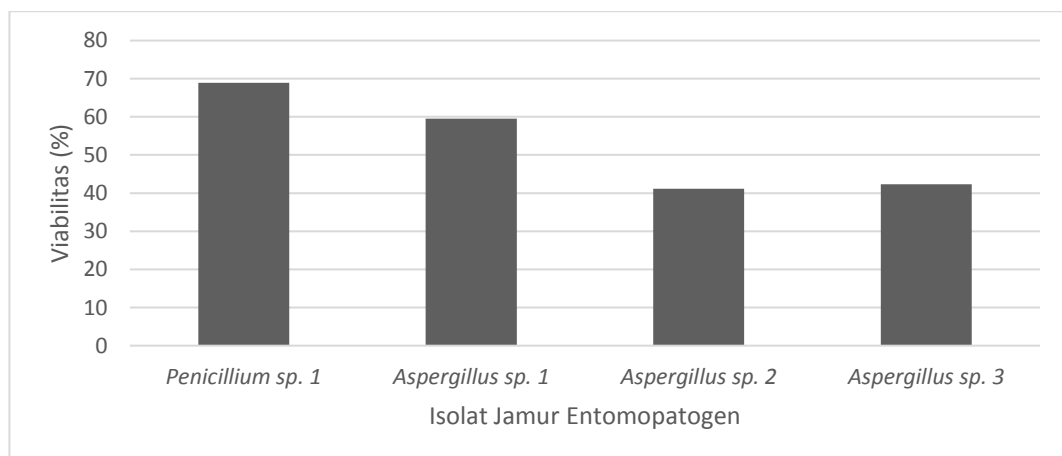
A.



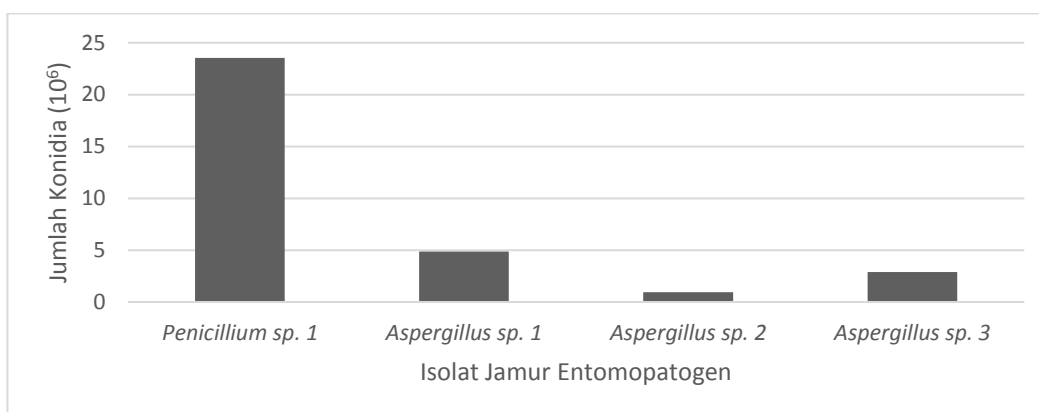
B.



Gambar 4. Rerata persentase kematian larva *S. litura* penyebab *Aspergillus* sp. (A) dan *Penicillium* sp. (B) setelah uji patogenesis larva *T. molitor*



Gambar 5. Viabilitas larva *S. litura* setelah uji patogenesis larva *T. molitor* (*Penicillium* sp. 1 dari *Penicillium* sp. 1; *Aspergillus* sp. 1 dari *Aspergillus* sp. 1; *Aspergillus* sp. 2 dari *Aspergillus* sp. 5; *Aspergillus* sp. 3 dari *Penicillium* sp.4)



Gambar 6. Jumlah larva *S. litura* setelah uji patogenisitas larva *T. molitor* (*Penicillium* sp. 1 dari *Penicillium* sp. 1; *Aspergillus* sp. 1 dari *Aspergillus* sp. 1; *Aspergillus* sp. 2 dari *Aspergillus* sp. 5; *Aspergillus* sp. 3 dari *Penicillium* sp.4)

Tabel 3. Kematian larva *S. litura* setelah aplikasi isolat jamur dari sistem konvensional tanaman padi rhizosfer

Isolat Jamur Entomopatogen	Kematian (Hari ke-)													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Penicillium</i> sp.	-	-	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2
<i>Aspergillus</i> sp.	6	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	12
<i>Aspergillus</i> sp.	-	0	0	0	0	0	1	2	2	2	4	4	4	5
<i>Aspergillus</i> sp.	1	1	1	1	5	6	8	8	8	8	8	8	8	10

Kesimpulan

Nilai indeks keanekaragaman jamur entomopatogen diklasifikasikan sebagai kategori sedang dengan nilai 1.3. Hasil Identifikasi menunjukkan ada 3 genus jamur entomopatogen yaitu *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. dan belum teridentifikasi. Namun, *Aspergillus* sp memiliki virulensi tertinggi di antara yang lainnya. Keasaman tanah dengan rentang 4,70 sampai 5,30 dan kesuburan tanah dari 2,27 % sampai 3,20 % tidak berdampak pada keragaman jamur entomopatogen. Ini menunjukkan bahwa aplikasi pestisida dan pupuk kimia sesuai dengan praktik yang direkomendasikan, tidak berdampak negatif terhadap keragaman jamur entomopatogen. Namun, aplikasi pupuk organik serta pupuk kompos disarankan sehingga dapat meningkatkan keragaman jamur entomopatogen.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Bambang Tri Rahardjo, MS selaku kepala sekolah lapangan di Kasembon dan Bapak Jumari selaku pemilik tanah. Penelitian ini didanai oleh Dana Pagu Anggaran PNPB (DPP/SPP), Sekolah Pascasarjana Universitas Brawijaya melalui Surat Perjanjian 1175/ UN10.14/PG/2016.

Daftar Pustaka

- Abbott, Lynette K., and David A. C. Manning. 2015. "Soil Health and Related Ecosystem Services in Organic Agriculture." *Sustainable Agriculture Research* 4 (3): 116. <https://doi.org/10.5539/sar.v4n3p116>.
- Batista, Bruno Lemos, Camila Veronez Barião, Juliana Maria Oliveira Souza, Ana Carolina Cavalheiro Paulelli, Bruno Alves Rocha, Anderson Rodrigo Moraes De Oliveira, Fabiana Roberta Segura, et al. 2016. "A Low-Cost and Environmentally-Friendly Potential Procedure for Inorganic-As Remediation Based on the Use of Fungi Isolated from Rice Rhizosphere." *Journal of Environmental Chemical Engineering* 4 (1): 891–98. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.12.029>.
- Behie, S. W., P. M. Zelisko, and M. J. Bidochka. 2012. "Endophytic Insect-Parasitic Fungi Translocate Nitrogen Directly from Insects to Plants." *Science* 336 (6088): 1576–77. <https://doi.org/10.1126/science.1222289>.
- Birkhofer, Klaus, T. Martijn Bezemer, Jaap Bloem, Michael Bonkowski, Søren Christensen, David Dubois, Fleming Ekelund, et al. 2008. "Long-Term Organic Farming Fosters below and Aboveground Biota: Implications for Soil Quality, Biological Control and Productivity." *Soil Biology and Biochemistry* 40 (9): 2297–2308. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2008.05.007>.
- Blaney, W M. 1987. "Mycopesticidal Effects of Characterized Extracts of *Penicillium* Isolates and Purified Secondary Metabolites (Including Mycotoxins) on *Drosophila melanogaster* and *Spodoptera littoralis*" 133: 124–33.
- Drott, Milton T, Brian P Lazzaro, Dan L Brown, Ignazio Carbone, and Michael G Milgroom. 2021. "Balancing Selection for Aflatoxin in *Aspergillus flavus* Is Maintained through Interference Competition with , and Fungivory by Insects," no. May. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2408>.
- Gerai, Minas. 2003. "Entomopathogenic Effect of *Aspergillus giganteus* and *Penicillium corylophilum* on Two Triatomine Vectors of C HAGAS Disease" 43: 3–7.
- Gurulingappa, Pampapathy, Gregory A Sword, Gregory Murdoch, and Peter A Mcgee. 2010. "Colonization of Crop Plants by Fungal Entomopathogens and Their Effects on Two Insect Pests When in Planta." *Biological Control* 55 (1): 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.06.011>.
- Jaber, Sana, Alex Mercier, Khouzama Knio, Sylvain Brun, and Zakaria Kambris. 2016. "Isolation of Fungi from Dead Arthropods and Identification of a New Mosquito Natural Pathogen." *Parasites and Vectors* 9 (1): 1–10. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1763-3>.
- Leon, Verna Colette, M. Raja, R. Thava Prakasa Pandian, A. Kumar, and Pratibha Sharma. 2018. "Opportunistic Endophytism of Trichoderma Species in Rice Pusa Basmati-1 (PB1)." *Indian Journal of Experimental Biology* 56 (2): 121–28.
- Mazzola, Mark. 2004. "Assessment and Management of Soil Microbial Community Structure for Disease Suppression." *Annual Review of Phytopathology* 42: 35–59. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.42.040803.140408>.
- Meyling, Nicolai V., and Jørgen Eilenberg. 2006. "Occurrence and Distribution of Soil Borne Entomopathogenic Fungi within a Single Organic Agroecosystem." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 113 (1–4): 336–41. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.10.011>.
- Meyling, Nicolai V., Kristian Thorup-Kristensen, and Jørgen Eilenberg. 2011. "Below- and Aboveground Abundance and Distribution of Fungal Entomopathogens in Experimental Conventional and Organic Cropping

- Systems.” *Biological Control* 59 (2): 180–86.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.07.017>.
- Noerfitryani & Hamzah. 2017. “The Existence of Entomopathogenic Fungi on Rice Plants Rhizosphere” 5 (1): 12–24.
- Okoli, UA, NI Nubila, and MT Okafor. 2017. “Organophosphorous Pesticide: An Environmental Pollutant Perspective.” *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 9 (9): 126–30.
<https://www.jocpr.com/abstract/organophosphorous-pesticide-an-environmental-pollutant-perspective-8998.html>.
- Putri et al. 2015. “Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo, 1912) sebagai agen pengendali hayati nyamuk *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762)”. PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON Vol 1, No 6, September 2015.
- Putten, Wim H. Van Der, R. D. Bardgett, P. C. De Ruiter, W. H.G. Hol, K. M. Meyer, T. M. Bezemer, M. A. Bradford, et al. 2009. “Empirical and Theoretical Challenges in Aboveground-Belowground Ecology.” *Oecologia* 161 (1): 1–14.
<https://doi.org/10.1007/s00442-009-1351-8>.
- Sahu, Pratap Kumar. 2015. “An Evaluation of Antimicrobial Activities of Root Extract of *Calendula Officinalis* (Linn)” *Pharmacologyonline* 2 : 886-892
- Vega, Fernando E., Francisco Posada, M. Catherine Aime, Monica Pava-Ripoll, Francisco Infante, and Stephen A. Rehner. 2008. “Entomopathogenic Fungal Endophytes.” *Biological Control* 46 (1): 72–82.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.01.008>.
- Zhen, Zhen, Haitao Liu, Na Wang, Liyue Guo, Jie Meng, Na Ding, Guanglei Wu, and Gaoming Jiang. 2014. “Effects of Manure Compost Application on Soil Microbial Community Diversity and Soil Microenvironments in a Temperate Cropland in China.” *PLoS ONE* 9 (10).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0108555>.
- Zimmermann, Gisbert. 2008. “The Entomopathogenic Fungi *Isaria Farinosa* (Formerly *Paecilomyces farinosus*) and the *Isaria Fumosorosea* Species Complex (Formerly *Paecilomyces fumosoroseus*): Biology, Ecology and Use in Biological Control.” *Biocontrol Science and Technology* 18 (9): 865–901.
<https://doi.org/10.1080/09583150802471812>.