

KEANEKARAGAMAN *Fusarium* sp. DI LAHAN ENDEMIS DAN SUPRESIF LAYU FUSARIUM TOMAT

Ahmad Ilham Tanzil^{1)*}, Irwanto Sucipto¹⁾, Ankardiansyah Pandu Pradana²⁾, Ramadhani Mahendra Kusuma³⁾, Bayu Widhayasa⁴⁾, Arrohmatus Syafaqoh Li'aini⁵⁾, Mukhlis Jamal Musa Holle⁶⁾, Restu Nugraha⁷⁾

¹⁾Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember, 68121, Jawa Timur, Indonesia

²⁾Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember, 68121, Jawa Timur, Indonesia

³⁾Departemen Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur Jl. Rungkut Madya No. 1, Surabaya, 60294, Jawa Timur, Indonesia

⁴⁾Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura, Jl. PM. Noor No.7a, Sempaja, Samarinda, 75117, Kalimantan Timur, Indonesia

⁵⁾Kebun Raya Eka Karya Bali, Pusat Penelitian Konservasi Tanaman dan Kebun Botani, Candikuning, Baturiti, Tabanan, 82191, Bali, Indonesia

⁶⁾Community Ecology Research Oxford (CERO), University of Oxford, 11A Mansfield Road Oxford OX1 3SZ, United Kingdom

⁷⁾Department of Life Sciences, National Tsing Hua University, 101, Section 2, Kuang-Fu Road, Hsinchu 30013, Taiwan

*Penulis korespondensi: aitanzil@unej.ac.id

ABSTRACT

The role of the non-pathogenic *Fusarium* fungus is prominent in controlling and preventing the attack of the pathogenic fungus *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersi (FOL). This research aimed to know the diversity of *fusarium* sp. in endemic and suppressive lands and their potential antagonism against fusarium wilt pathogens. This research was conducted in the laboratory of the Department of Plant Pests and Diseases, Faculty of Agriculture, Universitas Brawijaya, and the laboratory of the Agricultural Quarantine Major Service of Surabaya. This research method compared and explored *Fusarium* fungus in the rhizosphere in endemic areas of tomato lay Fusarium and suppressive fields. *Fusarium* fungus found in endemic land from 58 colonies resulted in 3 isolates: *Fusarium* sp. 1, *Fusarium* sp. 2, and *Fusarium* sp. 3. At the same time, the *Fusarium* fungus found in suppressive land was 11 colonies consisting of 2 isolates, namely *Fusarium* sp. 4 and *Fusarium* sp. 5. The value of the diversity index in endemic land (4.06) includes the category of high diversity, the distribution of the number of individuals for each type is high, and the suppressive land (2.39) belongs to the category of moderate diversity, the distribution of the number of individuals of each species is moderate. Endemic land uniformity index (0.465) with low criteria and suppressive land (0.701) are with medium criteria. The value of the dominance index on endemic land (3,689) and suppressive land (3.45) includes the criteria for the type that dominates. The highest antagonist test inhibition results were isolates of *Fusarium* sp. 3 (58.46) from endemic land, while from suppressive land, *Fusarium* sp. 5 (55.38).

Keywords: diversity, endemic land, non-pathogenic *Fusarium oxysporum*, suppressive soil, tomato fusarium wilt.

ABSTRAK

Peran jamur *Fusarium* non patogenik sangat penting dalam mengendalikan maupun mencegah serangan jamur patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici. Tujuan dari riset ini yaitu mengetahui keanekaragaman jamur *Fusarium* sp. di lahan endemis dan supresif serta potensi antagonismnya terhadap patogen layu fusarium. Penelitian ini dilakukan di

laboratorium Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya dan laboratorium Balai Besar Karantina Pertanian Surabaya. Metode penelitian ini menggunakan komparasi dan eksplorasi jamur *Fusarium* dalam rizosfer di lahan endemis layu fusarium tomat dan lahan supresif. Jamur fusarium yang ditemukan di lahan endemis terdiri dari 58 koloni dengan hasil identifikasi sebanyak 3 isolat yaitu *Fusarium* sp. 1, *Fusarium* sp. 2, *Fusarium* sp. 3. Sedangkan jamur fusarium yang ditemukan di lahan supresif sebanyak 11 koloni yang terdiri dari 2 isolat yaitu *Fusarium* sp. 4 dan *Fusarium* sp. 5. Nilai indeks keanekaragaman di lahan endemis (4,06) termasuk kategori keanekaragaman tinggi, penyebaran jumlah individu tiap jenis tinggi dan lahan supresif (2,39) termasuk kategori keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu tiap jenis sedang. Indeks keseragaman di lahan endemis (0,465) dengan kriteria rendah dan lahan supresif (0,701) dengan kriteria sedang. Nilai indeks dominasi di lahan endemis (3,689) dan di lahan supresif (3,45) termasuk kriteria terdapat jenis yang mendominasi. Hasil penghambatan uji antagonis tertinggi yaitu isolat *Fusarium* sp. 3 (58,46) dari lahan endemis sedangkan dari lahan supresif yaitu isolat *Fusarium* sp. 5 (55,38).

Kata kunci: *Fusarium oxysporum* non patogenik, keanekaragaman, lahan endemis, layu fusarium tomat, tanah supresif

PENDAHULUAN

Salah satu penyakit penting dalam tanaman tomat yaitu layu fusarium. Penyakit ini disebabkan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (FOL). FOL mampu memproduksi *mycotoxins* sehingga mengakibatkan gangguan jaringan vaskuler pada tanaman. Kerugian panen akibat FOL dapat mencapai 100%. Patogen tersebut sudah memiliki beberapa ras karena mutasi akibat perubahan kondisi biotik dan abiotik (Srinivas dkk., 2019). Ada tiga (ras 1, ras 2 dan ras 3) diketahui fisiologis ras dalam FOL yang dibedakan di antara mereka berdasarkan patogenisitasnya di antara beragam kultivar tomat yang terdiri dari gen resistensi dominan monogenik dan spesifik ras. Ini gen resistensi terhadap FOL diidentifikasi dalam tomat liar telah introduksi menjadi varietas komersial (Biju dkk., 2017). FOL dikategorikan patogen tular tanah dan benih. Selama ini pengendalian yang dilakukan oleh petani lebih sering menggunakan fungisida kimia sintetis. Sedangkan pemanfaatan varietas tahan hanya untuk ras-ras tertentu saja. Sehingga hal tersebut dapat menimbulkan

residu dan pencemaran ke agroekosistem. Adapun alternatif pengendalian dengan cara memanfaatkan tanah yang menghambat penyakit (supresif).

Tanah supresif merupakan lahan budidaya yang mampu membuat tanaman peka menjadi lebih tahan tanpa ada pencegahan dan pengendalian sama sekali berkat bantuan mikroorganisme tanah yang secara konsisten mengendalikan patogen. Apabila penularan patogen tanaman melalui bahan tanam ataupun udara tidak menimbulkan penyakit (kerugian) terhadap tanaman maka tanah tersebut mempunyai daya hambat terhadap penyakit (Sastrahidayat, 2011). Studi tentang keragaman genetik terutama berfokus pada strain patogen FOL, dengan perhatian yang lebih rendah pada *Fusarium oxysporum* nonpatogenik. Mutasi terhadap virulensi dapat terjadi pada isolat non-patogen yang berdekatan dengan akar atau sistem vaskular dari inang yang rentan (Yadeta dan Thomma, 2013). Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian eksplorasi keanekaragaman fusarium pada rhizosfer tomat di lahan endemis dan supresif untuk menekan patogen fusarium tomat.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret hingga Agustus 2014 di lahan supresif layu fusarium tomat Desa Junggo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu dan lahan endemis layu fusarium tomat Desa Donowarih, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang. Identifikasi jamur fusarium di Laboratorium Mikologi, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dan Laboratorium Balai Besar Karantina Pertanian Surabaya.

Rancangan Percobaan

Metode yang digunakan dalam penelitian meliputi komparasi dan eksplorasi. Komparasi dilaksanakan untuk membandingkan kondisi antar kedua lahan tomat terkait intensitas penyakit layu fusarium, uji analisa kimia tanah dari kedua lahan dan penanaman tomat dari masing-masing lahan di rumah kawat. Eksplorasi isolat fusarium dilakukan dengan mengambil sampel tanah dari zona perakaran tomat dari kedua lahan.

Penanaman Tomat di Lahan dan Rumah Kawat

Varietas tomat yang ditanam di kedua lahan yakni Saverio umur 14 HSS. Tujuan dari penanaman ini untuk mengetahui tingkat serangan layu fusarium tomat. Adapun teknis budidaya mengikuti prosedur yang dilakukan oleh masing-masing petani pemilik lahan. Sedangkan penanaman tomat dilakukan dengan mengambil tanah dari kedua lahan untuk diletakkan dalam polybag ukuran 5 kg di rumah kawat menggunakan varietas tomat Betavila umur 25 HSS. Tujuan penanaman di rumah kawat yaitu memastikan lahan terpilih memiliki tanah endemis dan supresif layu fusarium walaupun berada lingkungan homogen atau kondisi iklim mikro yang sama.

Uji Postulat Koch

Uji Postulat Koch dilakukan untuk memastikan bahwa tanaman tomat yang bergejala layu itu karena patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici. Proses diawali isolasi patogen dengan membawa sampel tanaman bergejala ke laboratorium dengan tissue yang dibasahi, kemudian memotong bagian tanaman yang setengah sakit dan setengah sehat. Kemudian dicuci dengan air mengalir selanjutnya direndam ke NaOCl 2% selama 15 detik, alkohol 70% selama 15 detik, aquades steril selama 15 detik selama 2 kali. Selanjutnya isolasi patogen dengan ditumbuhkan di media PDA. Ketika sudah tumbuh diamati koloninya baik secara makroskopis dan mikroskopis dengan perbandingan literatur yang mendukung. Setelah itu baru dilakukan pengenceran isolat dengan aquades steril. Melakukan inokulasi ke tanaman tomat yang sehat. Proses terakhir yaitu isolasi kembali, diamati secara makroskopis dan mikroskopis setelah tanaman uji muncul gejala.

Eksplorasi Jamur Fusarium

Proses ekplorasi jamur fusarium dilakukan dengan pengambilan sampel tanah sebanyak satu kali saat tanaman tomat berumur 60 HST di kedua lahan. Tanah diambil di area zona perakaran tomat dengan kedalaman 15 cm. Pada lahan endemis maupun lahan supresif diambil 5 titik sampel. Setiap titik sampel diambil 3 ulangan untuk dicampur dan kompositkan. Tanah yang terkumpul dimasukkan kantong plastik dan diberi label sesuai titik yang diambil. Selama proses pengangkutan ke laboratorium, tanah diletakkan dalam kotak pendingin berisi es batu agar aktivitas mikroorganisme dapat dormansi.

Proses isolasi fusarium diawali dengan menimbang tanah sebanyak 1 gr kemudian dimasukkan pada tabung reaksi berisi 10 ml aquadest steril. Lakukan proses homogen dengan sentrifuse kecepatan 500 rpm selama 8 menit. Selanjutnya ambil 1 ml dari larutan tersebut.

Identifikasi Isolat









Setelah isolat jamur dimurnikan berdasarkan bentuk morfologi, warna dari koloni jamur, selanjutnya yaitu proses identifikasi atau determinasi dengan cara membuat preparat jamur. Pembuatan preparat jamur dilakukan dengan cara mengambil isolat jamur dengan jarum ose yang diletakkan di gelas obyek yang sudah diberi sedikit media PDA. Preparat selanjutnya diinkubasi di kotak tertutup yang lembab untuk menumbuhkan jamur selama 2-3 hari. Proses identifikasi secara mikroskopis dengan mikroskop perbesaran 400x (40 x 10).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lahan

Hasil pengamatan lahan tomat di Desa Junggo, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu tergolong lahan supresif dan lahan tomat di Desa Donowarih, Kecamatan Karangploso, Kabupaten Malang tergolong lahan endemis layu fusarium tomat. Hal tersebut diperkuat dengan hasil penanaman tomat secara langsung di kedua lahan dan di rumah kawat serta wawancara petani kunci. Informasi tersebut dapat dilihat di Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil survei dan uji lahan

No	Keterangan	Lahan Endemis (Kondusif)	Lahan Non Endemis (Supresif)
1	Wawancara		
2	Kondisi Aktual Lahan		
3	Penanaman di Lahan		
4	Penanaman di Rumah Kawat		

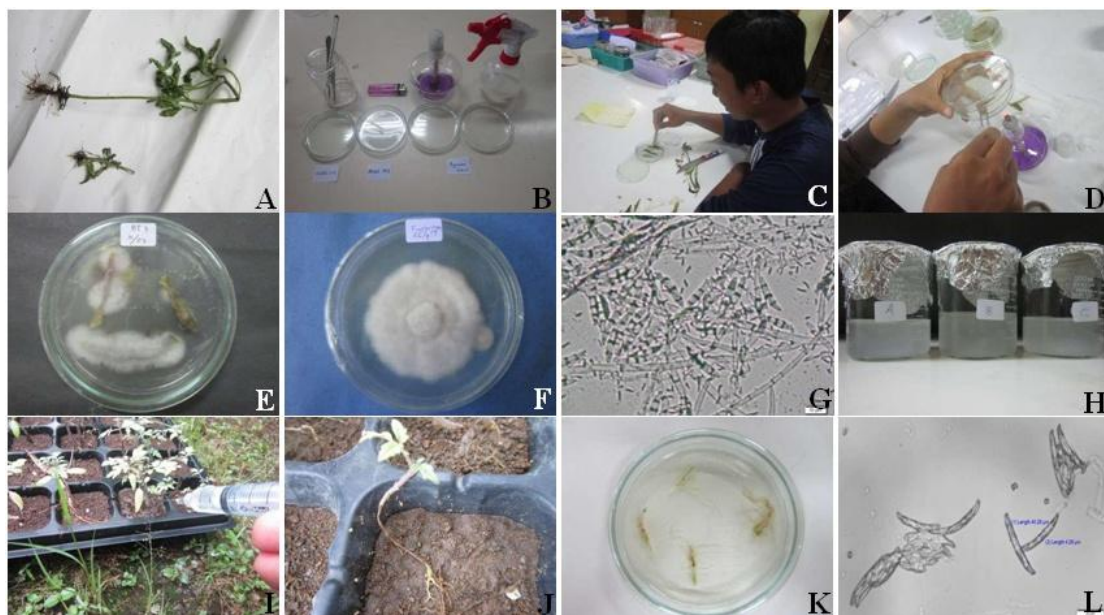
Hasil survei di lahan endemis, terdapat intensitas serangan penyakit layu tomat 100%. Sedangkan intensitas penyakit layu 0% di lahan supresif. Adapun varietas tomat yang ditanam petani di kedua lahan yaitu Permata. Hasil penanaman varietas tomat Savero di lahan endemis mengalami gejala layu kemudian mati, namun sebaliknya di lahan supresif masih hidup tanpa gejala layu. Uji pembandingan dengan menanam varietas tomat Betavila dari kedua tanah di lahan tersebut yang dilakukan di rumah kawat. Tanaman perlakuan dari lahan endemis mengalami gejala layu dan mengakibatkan kematian. Namun berbeda dari perlakuan lahan supresif tanaman hidup dan bahkan sampai berproduksi. Hal ini selaras dengan pernyataan Sastrahidayat (2011) bahwa lahan endemis memiliki daya antagonisme lemah dan patogen dapat menimbulkan penyakit.

Perlakuan kimia dan ladang solarisasi tanah biasanya gagal mengendalikan jamur layu pembuluh. Menanam tanaman tahan varietas adalah metode yang paling dapat diandalkan untuk penghambatan penyakit. Resistensi kultivar dapat bervariasi berdasarkan

lokasi. Oleh karena itu, pemilihan kultivar yang sesuai juga perlu dipelajari untuk layu patogenitas dalam kondisi lapangan (Cheng dkk., 2015; Yasushi dan Tsutomu, 2006). Mengembangkan varietas tahan melibatkan persilangan tanaman tipe liar yang tahan dan kultivar yang ada karena sifatnya, seperti warna, bentuk, dan rasa yang enak. Gen resistensi disukai penanda molekuler akan bermanfaat untuk pengembangan tomat program (Hanson dkk., 2016). Interaksi antara tuan rumah dan FOL adalah ras dan kultivar spesifik.

Uji Postulat Koch

Berdasarkan hasil uji postulat Koch dapat dilihat bahwa tanaman tomat yang bergejala layu merupakan infeksi dari patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici (Gambar 1). Dari hasil isolasi penyakit layu tomat dari lahan. FOL memasuki epidermis akar, kemudian menyebar melalui jaringan pengangkut dan mendiami pembuluh xilem tumbuhan, sehingga dalam penyumbatan kapal, dan tekanan air yang parah sebagai akibatnya layu (Singh dkk., 2017).



Gambar 1. Hasil Uji Postulat Koch. (A) Tanaman tomat bergejala layu; (B) Alat dan bahan; (C) Proses sterilisasi; (D) Proses isolasi; (E) Hasil isolasi; (F) Hasil purifikasi; (G) Bentuk mikroskopis; (H) Hasil pengenceran isolat; (I) Proses inokulasi ke tanaman uji; (J) Tanaman uji bergejala layu; (K) Proses re-isolasi; (L) Bentuk mikroskopis setelah re-isolasi

Tabel 2. Hasil eksplorasi *Fusarium*

Lahan Endemis (kondusif)							
Genus	Σ koloni	ni/n	ln(58)	h'	c	ln(3)	E
<i>Fusarium</i> sp.1	34	0,586	4,060	2,379	0,343	1,098	2,167
<i>Fusarium</i> sp.2	4	0,068	4,060	0,276	0,004	1,098	0,251
<i>Fusarium</i> sp.3	20	0,344	4,060	1,396	0,118	1,098	1,271
Total	58			4,06	0,465		3,689
Lahan Supresif (non endemis)							
Genus	Σ koloni	ni/n	ln(11)	h'	c	ln(2)	E
<i>Fusarium</i> sp.4	9	0,818	2,397	1,961	0,669	0,693	2,829
<i>Fusarium</i> sp.5	2	0,181	2,397	0,431	0,032	0,693	0,621
Total	11			2,39	0,701		3,45

Hasil Isolasi *Fusarium*

Jamur fusarium yang ditemukan di lahan endemis terdiri dari 58 koloni dengan hasil identifikasi sebanyak 3 isolat yaitu *Fusarium* sp. 1, *Fusarium* sp. 2, *Fusarium* sp. 3. Sedangkan jamur fusarium yang ditemukan di lahan supresif sebanyak 11 koloni yang terdiri dari 2 isolat yaitu *Fusarium* sp. 4 dan *Fusarium* sp. 5 (Tabel 2). Nilai indeks keanekaragaman di lahan endemis (4,06) termasuk kategori keanekaragaman tinggi, penyebaran jumlah individu tiap jenis tinggi dan lahan supresif (2,39) termasuk kategori keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu tiap jenis sedang. Indeks keseragaman di lahan endemis (0,465) dengan kriteria rendah dan lahan supresif (0,701) dengan kriteria sedang. Nilai indeks dominasi di lahan endemis (3,689) dan di lahan supresif (3,45) termasuk kriteria terdapat jenis yang mendominasi. Studi tentang keragaman genetik terutama berfokus pada strain patogen *Fusarium oxysporum*, dengan perhatian yang lebih rendah pada non patogenik. Populasi patogen menunjukkan keragaman kurang dari strain non-patogen. Studi mengungkapkan bahwa tidak ada hubungan antara asal geografis dan profil genetik antara patogen dan Fo strain yang non patogenik. Hal ini selaras dengan pernyataan Elias dkk. (1991) bahwa isolasi fusarium non patogenik dari akar tomat bergejala, tidak

memiliki kemiripan dengan strain *Fusarium oxysporum* f.sp. lycopersici.

Hasil Identifikasi

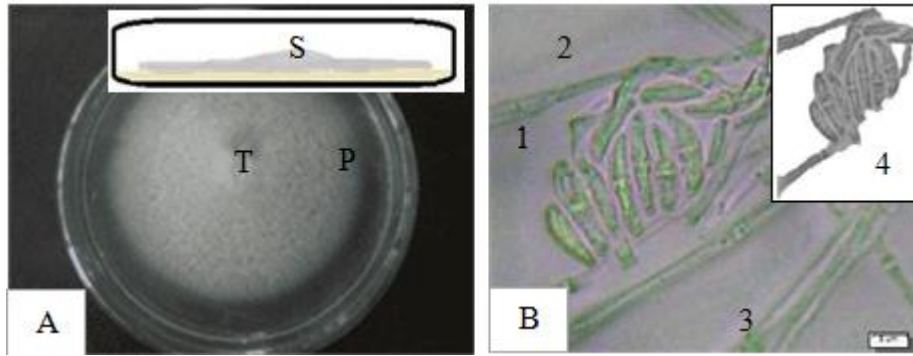
1. Jamur *Fusarium* sp.1

A. Makroskopis

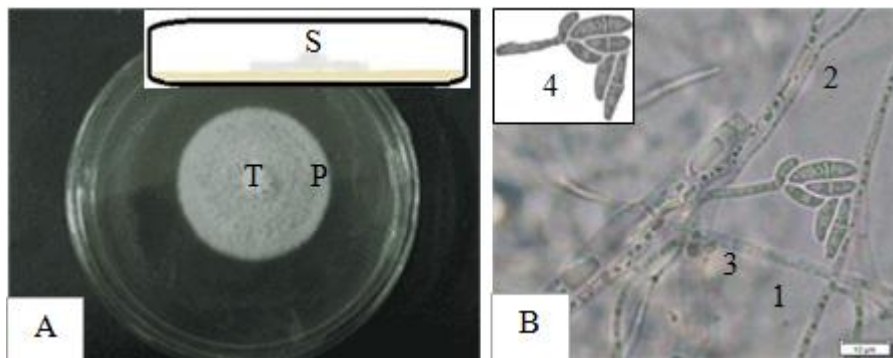
Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni saat muda putih, ketika tua pada bagian tengah berwarna putih, bagian tepi berwarna putih dan memiliki warna dasar kuning keputihan. Tipe persebaran berbentuk bulat menggunung, sebaran menyebar seluruh petri, memiliki konsentris yang tidak jelas. Tekstur permukaan koloni agak kasar seperti tepung, kerapatan rapat, ketebalan agak tipis. Ukuran diameter saat berumur 7 hari sebesar 7,5 cm dan waktu memenuhi petri 9x24 jam (Gambar 2).

B. Mikroskopis

Pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa bersekat, jarak antar sekat rapat, berwarna hialin, lebar 3,3-4,5 μm , dengan jarak antar sekat 25,6 μm . Konidiofor bersekat, berbentuk tegak, ramping dengan ujung meruncing, tidak bercabang, panjang 42,4-52,8 μm , dan lebar 1,9-2,7 μm . Konidia berwarna hialin, berbentuk bulan sabit, bersekat, sebaran bergerombol di sekitar konidiofor atau hifa, kumpulan konidia bergerombol, berjajar seperti kano. Barnett and Hunter (1998), miselium seperti kapas pada kultur, konidia hialin, mikrokonidia 1 sel, makrokonidia memiliki beberapa sekat.



Gambar 2. Jamur *Fusarium* sp.1. A. Biakan murni umur 7 hari (T) Tengah, (P) Tepi, (S) Tampak samping. B. (1) Mikrokonidia, (2) Makrokonidia, (3) Hifa bersekat, (4) Sketsa.



Gambar 3. Jamur *Fusarium* sp.2. A. Biakan murni umur 7 hari (T) Tengah, (P) Tepi, (S) Tampak samping. B. (1) Mikrokonidia, (2) Makrokonidia, (3) Konidiofor tidak bersekat, (4) Sketsa.

2. Jamur *Fusarium* sp.2

A. Makroskopis

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni saat muda putih, ketika tua pada bagian tengah berwarna putih, bagian tepi berwarna putih kecoklatan dan memiliki warna dasar putih kekuningan. Tipe persebaran berbentuk membulat teratur, sebaran memusat, memiliki konsentris. Tekstur permukaan koloni agak kasar seperti kapas, kerapatan rapat, ketebalan agak tebal. Ukuran diameter saat berumur 7 hari sebesar 6,5 cm dan waktu memenuhi petri 12x24 jam (Gambar 3).

B. Mikroskopis

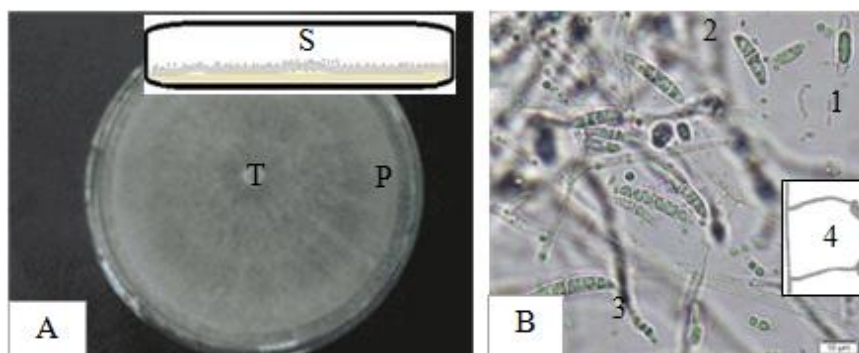
Pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa bersekat, jarak antar sekat rapat, berwarna hialin, lebar 3,7-5,9 μm , dengan jarak antar sekat 19-26,9 μm . Konidiofor tidak bersekat, berbentuk tegak, ramping, tidak bercabang, panjang 17,8 μm , dan lebar

2,02 μm . Konidia berwarna hialin, berbentuk bulan sabit, bersekat, sebaran bergerombol di sekitar konidiofor atau hifa, kumpulan konidia bergerombol, berjajar seperti kano. Domsch dkk. (1980), menyebutkan bahwa miselia pada media kultur berwarna putih, krem, mikrokonidia berlimpah, berbentuk elips langsing agak membelok, makrokonidia kebanyakan 2 sel, beberapa berukuran panjang dan melengkung.

3. Jamur *Fusarium* sp.3

A. Makroskopis

Pengamatan makroskopis menunjukkan warna koloni saat muda putih, ketika tua pada bagian tengah berwarna putih, bagian tepi berwarna hijau kekuningan dan memiliki warna dasar putih kekuningan. Tipe persebaran berbentuk membulat, sebaran menyebar seluruh petri, memiliki konsentris yang tidak jelas. Tekstur permukaan koloni kasar seperti tepung, kerapatan rapat, ketebalan



Gambar 4. Jamur *Fusarium* sp.3. A. Biakan murni umur 7 hari (T) Tengah, (P) Tepi, (S) Tampak samping. B. (1) Mikrokonidia, (2) Makrokinidia, (3) Hifa bersekat, (4) Sketsa.

agak tipis. Ukuran diameter saat berumur 7 hari sebesar 9 cm dan waktu memenuhi petri 4x24 jam (Gambar 4).

B. Mikroskopis

Pengamatan mikroskopis menunjukkan hifa bersekat, jarak antar sekat agak rapat, berwarna hialin, lebar 3,2 μm , dengan jarak antar sekat 29,2 μm . Konidiofor bersekat, berbentuk tegak, ramping, ujung menyempit, tidak bercabang, panjang 64-66 μm , dan lebar 3,4-3,9 μm . Konidia berwarna hialin, berbentuk bulan sabit, bersekat, sebaran bergerombol di sekitar konidiofor atau hifa, kumpulan konidia bergerombol, berjajar seperti kano. Watanabe (2002), menyebutkan bahwa konidiofor hialin, sederhana, konidia berupa makrokonidia dan mikrokonidia berbentuk seperti botol kecil melengkung.

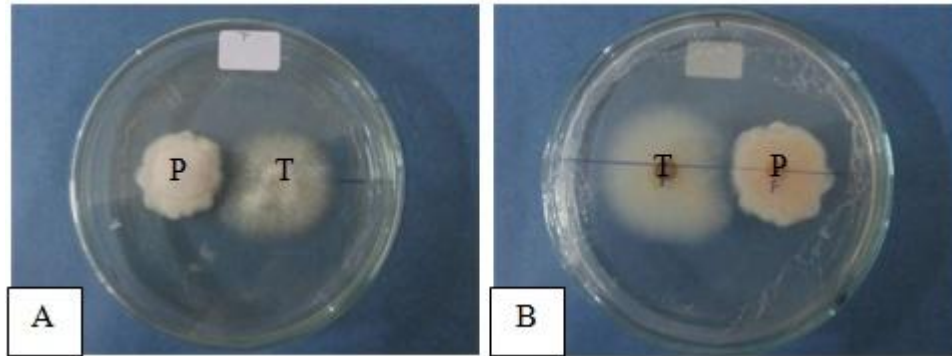
Daya Antagonis

Uji antagonis jamur tanah terhadap *F. oxysporum* dilakukan dengan metode oposisi langsung dalam media Potato Dextrose Agar

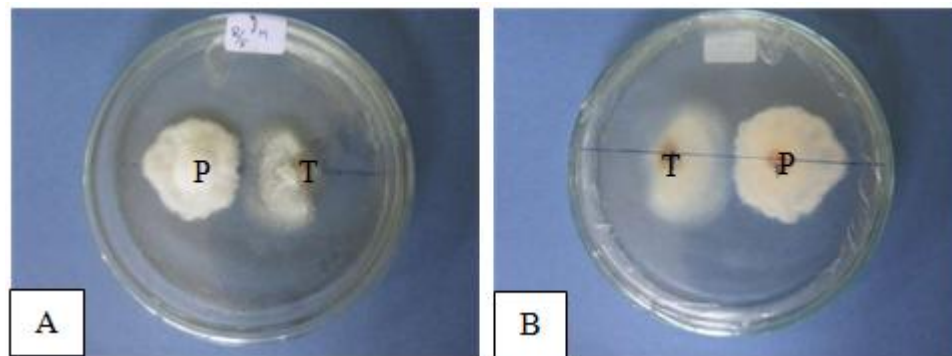
(PDA) menggunakan cawan petri 9 cm secara In vitro suhu ruang. Pengamatan daya hambat jamur tanah dilakukan sejak 1 hari setelah inokulasi (hsi) sampai 7 hsi. Perlakuan uji antagonis sebanyak 5 perlakuan sesuai dengan jamur tanah yang ditemukan diulang 2 kali ulangan, bertujuan untuk sebagai cadangan adanya kontaminasi dalam uji daya hambat. Hasil penghambatan uji antagonis tertinggi yaitu isolat *Fusarium* sp. 3 sebesar 58,46 dari lahan endemis. Sedangkan penghambatan tertinggi dari lahan supresif yaitu isolat *Fusarium* sp. 5 sebesar 55,38. Interaksi mikroorganisme dalam tanah dapat menekan pertumbuhan patogen. Hal ini karena adanya interaksi berbagai macam mikroorganisme yang bersifat positif jika bersifat sinergisme dan adanya simbiosis mutualisme di antara mikroorganisme dan tanaman. Sedangkan interaksi negatif terjadi saat adanya predasi, antagonisme dan parasitisme (Sastrahidayat, 2012).

Tabel 3. Hasil uji antagonis

Kode Jamur Tanah Lahan Endemis	Persentase penghambatan (%)						
	1 hsi	2 hsi	3 hsi	4 hsi	5 hsi	6 hsi	7 hsi
<i>Fusarium</i> sp. 1	22,22	6,25	8,00	14,71	23,26	34,48	36,92
<i>Fusarium</i> sp. 2	0,00	0,00	0,00	29,41	11,63	27,59	32,31
<i>Fusarium</i> sp. 3	0,00	0,00	12,00	20,59	44,19	55,17	58,46
Kode Jamur Tanah Lahan Supresif	Persentase penghambatan (%)						
	1 hsi	2 hsi	3 hsi	4 hsi	5 hsi	6 hsi	7 hsi
<i>Fusarium</i> sp. 4	33,33	25,00	24,00	32,35	32,56	44,83	35,38
<i>Fusarium</i> sp. 5	33,33	43,75	48,00	50,00	53,49	56,90	55,38



Gambar 5. Hasil uji antagonis jamur tanah *Fusarium* sp.1 (T) terhadap *F. oxysporum* (P).
A. Tampak atas. B. Tampak bawah.



Gambar 6. Hasil uji antagonis jamur tanah *Fusarium* sp.2 (T) terhadap *F. oxysporum* (P).
A. Tampak atas. B. Tampak bawah.

1. Jamur *Fusarium* sp.1

Pada uji antagonis *Fusarium* sp.1 dengan *F. oxysporum* di media PDA, saat 1 hsi koloni *Fusarium* sp.1 dan *F. oxysporum* belum tumbuh. Pada hari ke-2 sampai 3 hsi kedua jamur tumbuh dengan ukuran yang sama. Pada hari ke-5 *Fusarium* sp.1 bersinggungan dengan *F. oxysporum*. Pada hari ke-6 hsi koloni *F. oxysporum* pada sisi yang bersinggungan sudah terhambat sehingga hanya tumbuh pada sisi lainnya. Pada hari ke-7 hsi koloni *Fusarium* mulai mengepung *F. oxysporum* (Gambar 5).

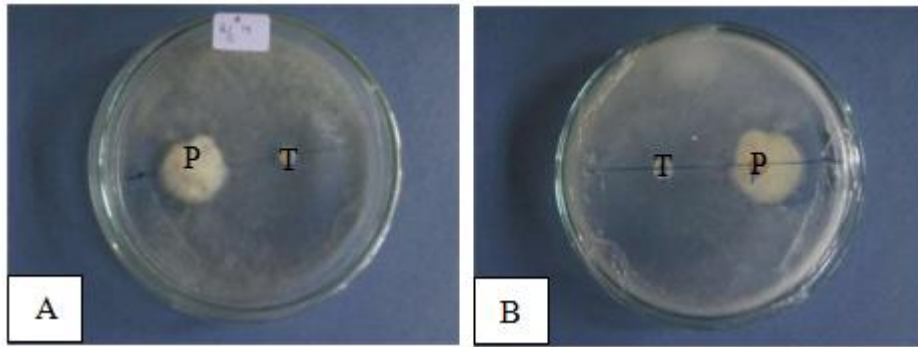
2. Jamur *Fusarium* sp.2

Pada uji antagonis *Fusarium* sp.2 terhadap *F. oxysporum* pada media PDA, saat 1 hsi koloni *F. oxysporum* lebih cepat tumbuh dibandingkan *Fusarium* sp.2. Pada hari ke-2 hsi koloni *Fusarium* sp.2 mengikuti pertumbuhan *F. oxysporum*. Pada hari ke-4 hsi mulai terjadi singgungan antara kedua koloni jamur. Pada hari ke-5 hsi koloni *F.*

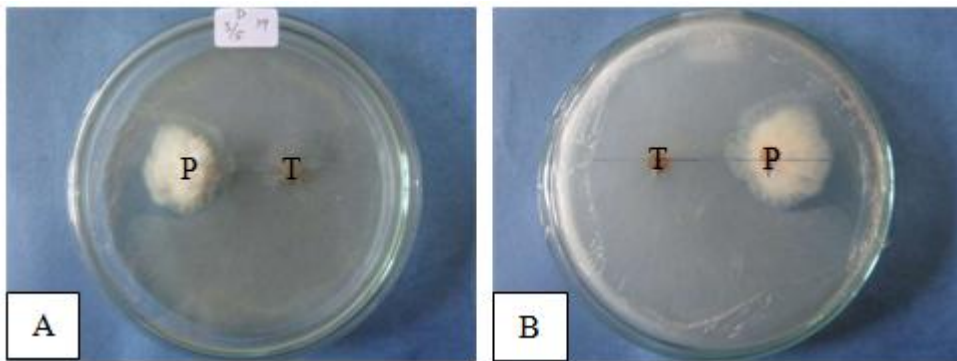
oxysporum mulai terhimpit sehingga hanya dapat tumbuh menyebar pada sisi lainnya. Pada hari ke-6 sampai 7 hsi pertumbuhan *Fusarium* sp.2 mulai mengepung *F. oxysporum* dan mendominasi pada permukaan media (Gambar 6).

3. Jamur *Fusarium* sp.3

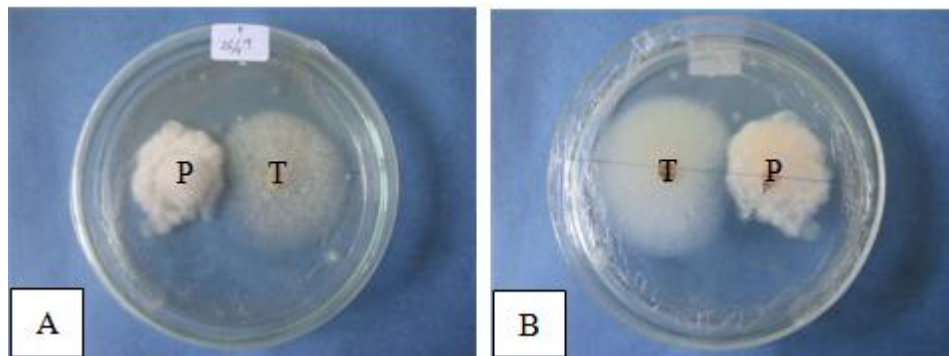
Pada uji antagonis *Fusarium* sp.3 terhadap *F. oxysporum* di media PDA, saat 1 hsi koloni *F. oxysporum* lebih cepat tumbuh dibandingkan koloni *Fusarium* sp.3. Pada hari ke-2 hsi koloni *Fusarium* sp.3 menyusul pertumbuhan koloni *F. oxysporum*. Pada hari ke-3 hsi mulai terjadi singgungan antara jamur *Fusarium* sp.3 dengan *F. oxysporum*. Pada hari ke-4 hsi koloni jamur *F. oxysporum* mengalami hambatan pertumbuhan pada sisi yang bersinggungan dengan *Fusarium* sp.3. Pada hari ke-5 sampai 7 hsi koloni *Fusarium* sp.3 mulai mengepung *F. oxysporum* dan menyebar hampir mendominasi permukaan media (Gambar 7).



Gambar 7. Hasil uji antagonis jamur tanah *Fusarium* sp.3 (T) terhadap *F. oxysporum* (P). A. Tampak atas. B. Tampak bawah.



Gambar 8. Hasil uji antagonis jamur tanah *Fusarium* sp.4 (T) terhadap *F. oxysporum* (P). A. Tampak atas. B. Tampak bawah.



Gambar 9. Hasil uji antagonis jamur tanah *Fusarium* sp.5 (T) terhadap *F. oxysporum* (P). A. Tampak atas. B. Tampak bawah.

4. Jamur *Fusarium* sp.4

Pada uji antagonis *Fusarium* sp.4 terhadap *F. oxysporum* di media PDA, saat 1 hsi kedua koloni belum menunjukkan adanya pertumbuhan. Pada hari ke-2 hsi koloni *Fusarium* sp.4 tumbuh lebih cepat dibandingkan *F. oxysporum*. Pada hari ke-3 hsi mulai terjadi singgungan antar kedua koloni. Pada hari ke-4 hsi *Fusarium* sp.4 mulai menghimpit *F. oxysporum*. Pada hari

ke-5 hsi mulai terjadi penghambatan pertumbuhan *F. oxysporum* sehingga hanya dapat tumbuh pada sisi lainnya yang belum terhimpit. Pada hari ke-6 sampai 7 hsi koloni *Fusarium* sp.4 tumbuh dominan di permukaan media (Gambar 8).

5. Jamur *Fusarium* sp.5

Pada uji antagonis *Fusarium* sp.5 terhadap *F. oxysporum* di media PDA, saat 1 sampai 4 hsi koloni *Fusarium* sp.5 tumbuh

lebih cepat daripada *F. oxysporum*. Pada hari ke-5 hsi mulai terjadi singgungan antara *Fusarium* sp.5 dengan *F. oxysporum*. Pada hari ke-6 hsi mulai terjadi himpitan sehingga menyebabkan koloni *F. oxysporum* kesulitan untuk tumbuh di area yang terhimpit. Pada hari ke-7 hsi koloni *Fusarium* sp.5 lebih dominan tumbuh pada permukaan media (Gambar 9).

Spesies *Fusarium oxysporum* dikelompokkan menjadi forma speciales berdasarkan spesifisitas host dan subdivisi tambahan dalam bentuk spesial ke dalam ras didasarkan pada patogenisitasnya terhadap kelompok kultivar inang tertentu yang mungkin berbeda antar ras varietas tahan (Van Dam dkk., 2016). Uji patogenisitas untuk menentukan forma speciales dan ras patogen, meskipun memakan waktu dan tunduk pada berbagai lingkungan kondisi, adalah metode yang paling dapat diandalkan untuk mengkategorikan patogen berdasarkan host-spesifik dalam kompleks spesies Fo (Ploetz, 2015). Pengelompokan lebih lanjut dalam berbagai forma spesial didasarkan pada kompatibilitas vegetatif, pendekatan untuk mengkarakterisasi subspesifik kelompok berdasarkan genetika mereka daripada interaksi patogen inang.

KESIMPULAN

Jamur fusarium yang ditemukan di lahan endemis ada 3 spesies dan di lahan supresif ada 2 spesies. Adapun jumlah koloni fusarium di lahan endemis total 58 koloni sedangkan di lahan supresif sejumlah 11 koloni. Nilai indeks keanekaragaman di lahan endemis (4,06) termasuk kategori keanekaragaman tinggi, penyebaran jumlah individu tiap jenis tinggi dan lahan supresif (2,39) termasuk kategori keanekaragaman sedang, penyebaran jumlah individu tiap jenis sedang. Indeks keseragaman di lahan endemis (0,465) dengan kriteria rendah dan lahan supresif (0,701) dengan kriteria sedang. Nilai indeks dominasi di lahan endemis (3,689) dan di lahan supresif (3,45) termasuk kriteria terdapat jenis yang

mendominasi. Hasil penghambatan uji antagonis tertinggi yaitu isolat *Fusarium* sp. 3 sebesar 58,46 dari lahan endemis. Sedangkan penghambatan tertinggi dari lahan supresif yaitu isolat *Fusarium* sp. 5 sebesar 55,38.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dr. Anton Muhibuddin, S.P., M.P., (almarhum) Dr. Ir. Syamsuddin Djauhari, M.S., (almarhum) Prof. Dr. Ir. Tutung Hadiastono, M.S., dan Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, M.S., yang telah membantu saran dan pemikiran sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Terima kasih kepada Drs. Imam Ghozali, MM. (almarhum), Rakhmat Hardiyanto, ST., dan Bapak Mansyur yang telah memberikan izin penelitian di lahannya. Terima kasih kepada Ir. Purwo Widiarto, M.M.A., Ir. Agus Suparto, Latif Imanadi, SP., MM atas bantuan dan izinnya sehingga saya dapat melakukan penelitian di Laboratorium Balai Besar Karantina Pertanian Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnett, H. L., and B. B. Hunter. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi Fourth Edition*. The American Phytopathological Society. Minnesota. 218 hal.
- Biju, V. C., L. Fokkens, P. M. Houterman, M. Rep, B. J. C. Cornelissen. 2017. *Multiple evolutionary trajectories have led to the emergence of races in Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici*. Appl. Environ. Microbiol. 83, 02548-2616
- Cheng, W., X. S. Song, H. P. Li, L. H. Cao, K. Sun, X. L. Qiu, Y. B. Yang, P. T. Huang, J. B. Zhang. 2015. *Host-induced gene silencing of an essential chitin synthase gene confers durable resistance to Fusarium head blight and seedling blight in wheat*. Plant Biotechnol. J. 13, 1335-1345.

- Domsch, K. H., W. Gams, dan T.H. Anderson. 1980. *Compendium of Soil Fungi*. Academic Press Ltd. London. 859 hal.
- Elias, K. S., R. W. Schneider dan M. M. Lear. 1991. *Analysis of vegetative compatibility groups in non-pathogenic populations of Fusarium oxysporum*. *Front. Plant Sci.* 7, 170.
- Hanson, P., S. F. Lu, J. F. Wang., W. Chen, L. Kenyon, C. W. Tan, L, T. Kwee, Y. Y. Wang, Y. C. Hsu, R. Schalfleitner, D. Ledesma, R. Y. Yang. 2016. *Conventional and molecular marker-assisted selection and pyramiding of genes for multiple disease resistance in tomato*. *Scient. Horti.* 201, 346-354
- Ploetz, R. C. 2015. *Fusarium wilt of Banana*. *Phytopathol.* 105, 1512-1521.
- Sastrahidayat, I. R. 2011. *Fitopatologi (Ilmu Penyakit Tumbuhan)*. Universitas Brawijaya Press (UB Press). Malang. 284 hal.
- Sastrahidayat I.R.. 2012. *Pengendalian Hayati dan Penyakit Tumbuhan, Cara Uji Laboratorium*. UB Press. Malang. 271 hal.
- Singh, V. K., H. B. Singh, dan R. S. Upadhyay. 2017. *Role of fusaric acid in the development of 'Fusarium wilt' symptoms in tomato: physiological, biochemical and proteomic perspective*. *Plant Physiol. Biochem.* 118, 320-332.
- Srinivas, C., D. N. Devi, K. N. Murthy, C. D. Mohan, T. R. Lakshmeesha, B.P. Singh, N. K. Kalagatur, S. R. Niranjana, S. Hashem, A. A. Alqarawi, B. Tabassum, E. F. Abdullah, S. C. Nayaka, R. K. Srivastava. 2019. *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici causal agent of vascular wilt disease of tomato: Biology to diversity— A review*. *Saudi Journal of Biological Sciences* 26 p.1315-1324.
- Van Dam, P., L. Fokkens, S. M. Linmas, J. H. Schmidt, H. C. Kistler, L. J. Ma, M. Rep. 2016. *Effector profiles distinguish formae speciales of Fusarium oxysporum*. *Environ. Microbiol.* 18, 4087-4102
- Watanabe, T. 2002. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species (Second Edition)*. CRC Press. Florida. 486 hal.
- Yadeta, K. A., and J. B. P. H. Thomma. 2013. *The Xylem as Battleground for Plant Hosts and Vascular Wilt Pathogens*. *Front. Plant Sciences* (4) 97.
- Yasushi, H., dan A. Tsutomu. 2006. *PCR-based differentiation of Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici and radialis-lycopersici and races of F. oxysporum f. sp. lycopersici*. *J. Gen. Plant Pathol.* 72, 273-283.