

***Streptomyces* sp. Sebagai Biofungisida Patogen *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder et Hans. Penyebab Penyakit Layu Pada Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.)**

NURI MANDAN SARI¹, RETNO KAWURI¹, DAN KHAMDAN KHALIMI²

¹Lab. Mikrobiologi, Jurusan Biologi F.MIPA, Universitas Udayana

²Lab. Biopestisida, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana

Email: nurimandansari@gmail.com

ABSTRACTS

***Streptomyces* sp Biofungicide *Fusarium oxysporum* (Schlecht.) f.sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyder et Hans. Patogen Cause Wilt Disease of Tomato Plants (*Solanum lycopersicum* L.)**

A research was conducted to isolate *Streptomyces* sp. of soil Udayana University campus in the Bukit-Jimbaran, to obtain the most effective *Streptomyces* sp. which is effective in inhibit the growth of *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, and to test response of tomato plants with *Streptomyces* sp. culture against *Fusarium* wilt disease. Implementation phases of the research consisted of isolation and identification of *Streptomyces* sp, test the inhibition against *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*, and in vivo test used by dyeing the roots of the tomato plant (*Solanum lycopersicum*) with *Fusarium* spores and after 30 seconds the roots were dyeing *Streptomyces* culture. Furthermore, sterile soil in polybag watered by *Fusarium* spores and *Streptomyces* culture at the same time. Based on morphological characteristic it found five isolates of *Streptomyces* sp.. The antagonist test showed *Streptomyces* sp. 1 had ability (75%) against *Fusarium*, *Streptomyces* sp 2 (68,3%), *Streptomyces* sp. 3 (71,6%), *Streptomyces* sp. 4 (63,3%), and *Streptomyces* sp. 5 (21,6%). All *Streptomyces* suppressed the growth of *Fusarium* on tomato plants in glass house (p<0,05). *Streptomyces* sp.3 suppressed *Fusarium* wilt disease in tomato from 88% in control to 20%.

Key words: *Streptomyces* sp, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Solanum lycopersicum*, *biofungicide*

PENDAHULUAN

Tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura yang sangat potensial untuk dikembangkan, karena mempunyai nilai ekonomi tinggi dan berpotensi sebagai produk ekspor (Suzanna *et al.*, 2010). Produksi tomat di Indonesia mulai berkembang, tercatat tahun 2000 hingga 2011 produksinya relatif mengalami kenaikan dari 891,616 ton menjadi 954,046 ton karena jumlah permintaan yang naik (Badan Pusat Statistik, 2012).

Budidaya tanaman tomat di kalangan petani mengalami kendala yang dapat menyebabkan tingkat produksi tanaman tomat rendah secara kuantitas dan kualitas. Kendala tersebut antara lain infeksi patogen penyebab penyakit (Jakes, 2011). Penyakit yang sering ditemui pada tanaman tomat adalah penyakit layu yang disebabkan oleh jamur patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Semangun, 2007). Penyakit layu menjadi salah satu faktor pembatas produksi tomat karena mengakibatkan kerusakan dan kematian tanaman

tomat, sehingga dapat menjadi ancaman bagi para petani tomat (Bagus, 2008).

Menurut Semangun (2007), gejala permulaan yang ditimbulkan oleh serangan jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* adalah tulang daun pucat terutama daun sebelah atas, kemudian diikuti merunduknya batang, dan akhirnya tanaman menjadi layu secara keseluruhan. Kelayuan seringkali diikuti klorosis daun, terutama daun pada bagian bawah. Pada tanaman muda, dapat menyebabkan tanaman mati secara mendadak karena pada pangkal batang terjadi kerusakan. Sastrahidayat (1990) menyatakan bahwa *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dapat bertahan lama dalam tanah, sehingga tanah yang sudah terinfestasi sukar dibebaskan kembali dari jamur ini. Jamur menginfeksi akar melalui luka, kemudian menetap dan berkembang di berkas pembuluh.

Usaha pengendalian penyakit layu *Fusarium* yang pernah dilakukan antara lain penggunaan fungisida sintetik. Penggunaan fungisida sintetik yang berlebihan tentu saja dapat menyebabkan efek samping, terutama gangguan pada kesehatan manusia, pencemaran lingkungan, dan berkembangnya jamur patogen yang resisten terhadap fungisida (Prapagdee *et al.*, 2008). Penggunaan bahan kimia sintetik akan membunuh organisme bukan sasaran yang berguna (Untung, 1996).

Pengendalian dengan agen hayati dapat menghindari efek samping yang tidak diinginkan dari penggunaan fungisida sintetik. Pengendalian secara biologi sangat berpotensi karena menuju sasaran yang spesifik, tidak merusak lingkungan, dan tidak menimbulkan efek fitotoksisitas. Pengendalian hayati merupakan usaha untuk memanfaatkan dan menggunakan mikroorganisme antagonis sebagai pengendali populasi patogen (Sigeo, 1993).

Salah satu kelompok mikroorganisme antagonis yang berpotensi digunakan sebagai agen pengendali hayati yaitu *Streptomyces* sp. (Muthahanas dan Listiana, 2008). *Streptomyces* adalah bakteri Gram positif yang

hidup di tanah, merupakan genus terbesar dari Actinomycetes, dan memiliki peran penting dalam memproduksi sekitar 75% antibiotik komersial (Miyadoh dan Otoguru, 2003). Hasil penelitian Sabaratnam dan Traquaira (2002) menunjukkan kemampuan *Streptomyces* sp. dalam mengendalikan cendawan patogen, dimana *Streptomyces* sp. isolat Di-994 mampu menekan penyakit rebah kecambah pada tanaman tomat. Penulis tertarik untuk menemukan bakteri antagonis (*Streptomyces* sp.) yang dapat digunakan sebagai biofungisida penyakit layu pada tanaman tomat. *Langkah awal eksplorasi isolat Streptomyces sebagai biofungisida dilakukan dengan isolasi dari tanah di sekitar kampus Unud Bukit-Jimbaran.*

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2012 hingga April 2013. Pengambilan sampel dilakukan di lokasi yang berbeda di sekitar kampus Unud kawasan Bukit-Jimbaran. Isolasi, identifikasi, dan uji *in vitro* kemampuan antagonis isolat *Streptomyces* sp. dilakukan di Lab. Mikrobiologi Jurusan Biologi Fak. MIPA Universitas Udayana dan uji *in vivo* kemampuan *Streptomyces* sp. melawan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dilakukan di rumah kaca milik Kelompok Tani Wanita Pangan Sari di Dusun Cengkilung, Peguyangan Kangin-Denpasar.

Sampel tanah didapatkan dari tanah rizosfer pohon jarak, flamboyan, dan jati serta tanah non rizosfer di sekitar kawasan kampus Unud Bukit-Jimbaran. Penanaman sampel menggunakan metode *pour plate* (Pelczar *et al.*, 1993) dengan media selektif *Yeast Malt Agar* (YMA, *International Streptomyces Project/ISP4*) kemudian diinkubasi pada suhu 25°C selama 5 hari, sehingga didapatkan kultur murni. Identifikasi menggunakan buku *Bergey's Manual Determination of Bacteriology* (Holt *et al.*, 1994) dengan melakukan pewarnaan Gram, pewarnaan tahan asam, dan uji biokimia.

Uji antagonis terhadap *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dengan metode Montoc (2011) yaitu mengapit jamur patogen diameter 5 mm dengan empat biakan antagonis diameter 5 mm masing-masing berjarak dua centimeter dari tepi cawan Petri dengan menggunakan media PDA, kemudian diinkubasi pada suhu 25°C hingga terbentuk zona hambatan. Daya hambat dihitung dengan rumus Montoc (2011).

Spora *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* dipanen dengan cara ditumbuhkan pada media PDB diinkubasi pada suhu kamar selama 7 hari. Kepadatan populasi spora dihitung dengan *haemocytometer* dan yang diperlukan adalah 1×10^6 sel spora/ml (Kawuri, 2012).

Streptomyces sp. yang paling berpotensi dipanen dengan cara ditumbuhkan pada media *Yeast Malt Broth* (YMB, ISP5) kemudian diinkubasi pada suhu ruang, digoyang pada *shaker* berbalasan kecepatan 70 rpm selama 7 hari (Kawuri, 2012).

Akar tanaman tomat berumur 3 minggu dilukai dengan menggunakan skapel, kemudian dicelupkan dengan spora patogen *Fusarium* (Susanti *et al.*, 2009) sebanyak 5 mL selama 30 detik, lalu dicelupkan kembali selama 30 detik dengan masing-masing kultur *Streptomyces* sp. sebanyak 5 mL dan dilakukan penyiraman spora *Fusarium* dan kultur *Streptomyces* sp. tersebut pada 500 gr tanah steril di *polybag* secara bersamaan. Perlakuan kontrol tanpa perlakuan dengan kultur *Streptomyces*. Persentase tanaman yang mati dihitung dengan rumus Vauzia *et al.*, (2011).

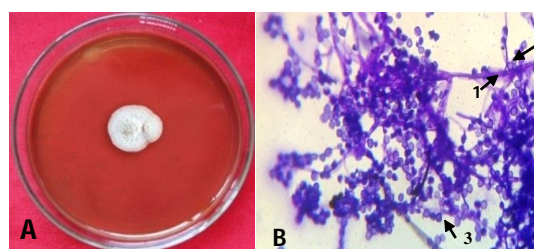
Rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dan data dianalisis menggunakan ANOVA, apabila terdapat perbedaan yang nyata antar perlakuan maka dilanjutkan dengan uji DMRT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian memperoleh lima isolat *Streptomyces* dari isolasi tanah di sekitar kampus Unud Bukit-Jimbaran. Morfologi dan karakteristik

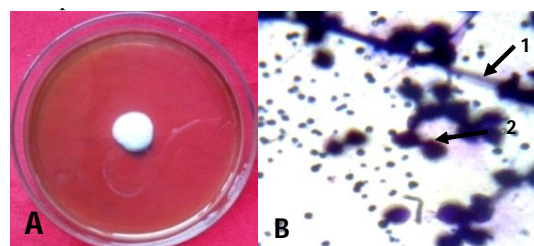
secara makroskopis dan mikroskopis isolat *Streptomyces* adalah sebagai berikut:

- Isolat *Streptomyces* sp. 1 didapatkan di tanah rizosfer pohon jarak (*Jatropha* sp.) dengan ciri-ciri koloni bulat, permukaan kasar, berwarna putih, tepi halus, konidia bulat, hifa tidak bersepta, Gram positif, tidak tahan asam, dan katalase positif.



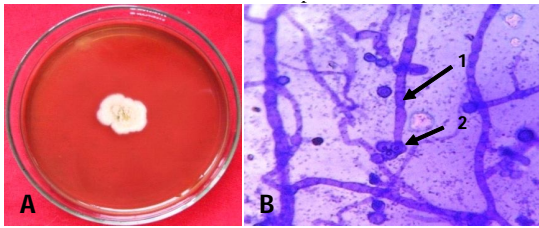
Gambar 1. A. Foto koloni *Streptomyces* sp.1 berumur 5 hari pada media YMA B. Struktur mikroskopis (1. hifa, 2. konidiofor, 3. konidia berantai) perbesaran 400x

- Isolat *Streptomyces* sp.2 didapatkan di tanah non rizosfer halaman belakang Rektorat Unud dengan ciri-ciri koloni bulat, permukaan halus dan cembung, tepi halus, berwarna putih terang, konidia oval dan berantai pendek, Gram positif, tidak tahan asam, dan katalase positif.



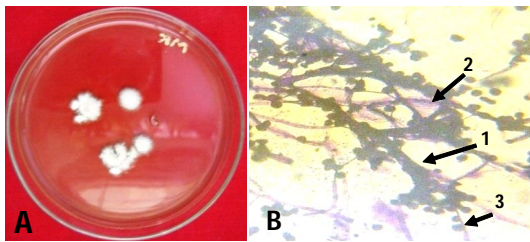
Gambar 2. A. Foto koloni *Streptomyces* sp.2 berumur 5 hari pada media YMA B. Struktur mikroskopis (1. konidiofor, 2. konidia) dengan perbesaran 1000x

- Isolat *Streptomyces* sp.3 didapatkan di rizosfer pohon flamboyan (*Delonix regia*) dengan ciri-ciri koloni bergelombang, permukaan bertepung, tepi koloni berwarna putih dengan tengah berwarna krem, konidia bulat bergerombol dan terdapat pada ujung konidiofor, Gram positif, tidak tahan asam, dan katalase positif.



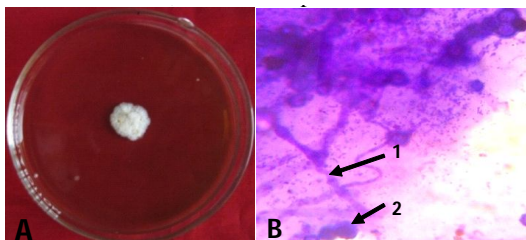
Gambar 3. A. Foto koloni *Streptomyces* sp.3 berumur 5 hari pada media YMA B. Struktur mikroskopis (1. konidiofor, 2. konidia bergerombol) dengan perbesaran 1000x

- d. Isolat *Streptomyces* sp.4 didapatkan di rizosfer pohon jati (*Tectona grandis*) dengan ciri-ciri koloni tidak beraturan, permukaan koloni bertepung, padat, berwarna putih kecoklatan, hifa bercabang, konidia bulat dan tersusun rantai, Gram positif, tidak tahan asam, dan katalase positif.



Gambar 4. A. Foto koloni *Streptomyces* sp.4 berumur 5 hari pada media YMA B. Struktur mikroskopis (1. hifa, 2. konidiofor, 3. konidia) dengan perbesaran 400x

- e. Isolat *Streptomyces* sp.5 didapatkan di tanah non rizosfer halaman perpustakaan Unud dengan ciri-ciri koloni bulat, tepi tidak rata, berwarna putih, konidia tersusun berantai, Gram positif, tidak tahan asam, dan katalase positif.



Gambar 5. A. Foto koloni *Streptomyces* sp.5 berumur 5 hari pada media YMA B. Struktur mikroskopis (1. konidiofor, 2. konidia) dengan perbesaran 1000x

Berdasarkan lima koloni isolat *Streptomyces* sp. yang berhasil diisolasi di sekitar kawasan kampus Unud Bukit-Jimbaran, diperoleh koloni yang bulat padat, bergelombang, dan tidak beraturan, dengan warna dan struktur permukaan yang bervariasi, berukuran kecil dengan pertumbuhan yang lambat, serta menempel erat pada media. Waksman (1967) dan Rao (2001) menyatakan, *Streptomyces* pada media buatan memiliki koloni keras, bertekstur padat, dan melekat erat pada permukaan medium agar. Holt *et al.* (1994) juga menyatakan bahwa karakteristik koloni genus *Streptomyces* adalah kecil dan kering, awalnya koloni memiliki permukaan halus dengan waktu tumbuh yang lama.

Secara mikroskopis, semua isolat yang didapatkan merupakan Gram positif, tidak tahan asam, memiliki hifa aerial tidak berseptat, dan bersifat katalase positif. Hal ini sesuai dengan pernyataan Madigan *et al.*, (2003) dan Holt *et al.*, (1994), bahwa *Streptomyces* merupakan bakteri Gram positif, tidak tahan asam, hifa aerial tidak memiliki sekat, dan bersifat katalase positif.

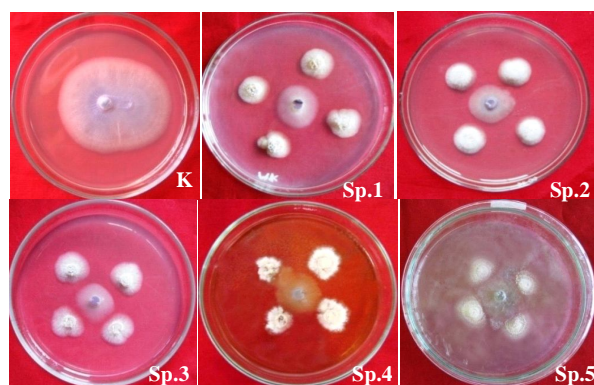
Semua Isolat *Streptomyces* sp. memiliki morfologi konidia yang tersusun berantai lurus. Flardh (2003) mengemukakan bahwa saat perkembangan koloni, hifa aerial pada *Streptomyces* terspesialisasi menjadi konidia dan akan menghasilkan puluhan formasi yang selaras berupa rantai pada saat sporulasi. Korn-Wendisch and Kutzner (1992) berpendapat bahwa secara morfologi, rantai konidia dapat dibedakan menjadi lurus, lentur, atau spiral. Kawuri (2012) menemukan konidia *Streptomyces thermocarboxydus* dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Micrograph*) mempunyai permukaan yang berkelopak, tersusun berantai, dan berada di ujung hifa aerial.

Tabel 1. menunjukkan bahwa *Streptomyces* sp.1 memiliki persentase hambatan antagonis tertinggi yaitu sebesar 75% dengan diameter *Fusarium* sebesar 1,5 cm, *Streptomyces* sp.2 sebesar 68,3% (diameter *Fusarium* 1,9 cm), *Streptomyces* sp.3 sebesar 71,6% (diameter

Fusarium 1,7 cm), *Streptomyces* sp.4 sebesar 63,3% (diameter *Fusarium* 2,2 cm), dan *Streptomyces* sp.5 sebesar 21,6% (diameter *Fusarium* 4,7 cm) jika dibandingkan dengan *Fusarium* kontrol (diameter 6 cm). Uji antagonis ini terlihat seperti pada Gambar 6.

Tabel 1. Uji daya hambat isolat *Streptomyces* sp. terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

No.	Isolat	Diameter <i>Fusarium</i> (cm)	Persentase Daya Hambat
1.	Kontrol	6	-
2.	<i>Streptomyces</i> sp.1	1,5	75%
3.	<i>Streptomyces</i> sp.2	1,9	68,3%
4.	<i>Streptomyces</i> sp.3	1,7	71,6%
5.	<i>Streptomyces</i> sp.4	2,2	63,3%
6.	<i>Streptomyces</i> sp. 5	4,7	21,6%



Gambar 6. Foto uji antagonis antara isolat *Streptomyces* sp.1, *Streptomyces* sp.2, *Streptomyces* sp.3, *Streptomyces* sp.4, dan *Streptomyces* sp.5 dengan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* pada media PDA usia 5 hari.

Uji antagonis menunjukkan bahwa dari kelima isolat yang diuji, isolat *Streptomyces* sp.1, *Streptomyces* sp.2, *Streptomyces* sp.3, dan *Streptomyces* sp.4 dipilih paling berpotensi dalam menghambat *F. oxysporum lycopersici* karena memiliki persentase daya hambat paling tinggi. *Streptomyces* sp.1. memiliki kemampuan tertinggi dalam menghambat jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (75%). Hal ini menunjukkan bahwa

isolat *Streptomyces* sp. memiliki senyawa metabolit ekstraseluler yang mampu menghambat mikroorganisme lainnya. Menurut Madigan et al. (2003), *Streptomyces* dapat menghasilkan substansi berupa antibiotik atau enzim yang berfungsi sebagai antifungi.

Sunaryanto et al. (2009) melaporkan bahwa telah ditemukan isolat *Streptomyces* Sp. A11 yang memiliki daya hambat terhadap *Bacillus subtilis* dengan konsentrasi minimum sebesar 120,86 µg/mL. Hasil penelitian Oskay (2009) menyatakan bahwa *Streptomyces* sp. strain KEH23 mampu menghambat pertumbuhan jamur *Penicillium* sp., *Candida albicans*, *Cladosporium oxysporum*, dan *Alternaria alternata* dengan zona hambatan masing-masing 28,0 mm, 20,0 mm, 16,0 mm, dan 15,0 mm secara berurutan. Penelitian Muthahanas et al (2008) menemukan isolat *Streptomyces* BSi mampu menghambat tiga jamur patogen tanaman (*Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*). Dua isolat *Streptomyces* yaitu CSb dan CSk menghambat pertumbuhan dua jamur patogen tanaman (*F. oxysporum* dan *R. solani*). Tiga isolat *Streptomyces* (CSa, CSe, CSg) mampu menghambat *F. oxysporum*, dan satu isolat (CAI) hanya mampu menghambat *S. rolfsii*.

Seluruh isolat memiliki daya hambat yang berbeda-beda yang menunjukkan bahwa senyawa metabolit ekstraseluler yang dihasilkan *Streptomyces* yang diduga antibiotik, memiliki mekanisme kerja yang berbeda terhadap jamur uji. Kawuri (2012) menemukan filtrat kultur *Streptomyces thermocarboxyodus* mampu merusak dinding sel dan plasma membran makrokonida, mikronkonidia, dan klamidiospora dari patogen *F. oxysporum* FO2010. Menurut Pathania dan Brown (2008), antibiotik akan menunjukkan aktivitas toksisitas selektif dan mungkin berbeda pada tiap organisme.

Perbedaan daya hambat juga dapat disebabkan karena antibiotik yang dihasilkan oleh masing-masing isolat memiliki perbedaan dalam susunan kimia. Tjay dan Rahardja (2002)

menyatakan bahwa mekanisme dan letak kerja antibiotik dapat dipengaruhi oleh adanya perbedaan jenis antibiotik dengan bermacam-macam struktur kimia. Bahi (2012) melaporkan *Streptomyces* sp. B5798 yang diisolasi dari laut menghasilkan empat senyawa metabolit sekunder, yaitu asam *p*-hidroksifenilasetat, asam indole-3-karboksilat, asam indole-3-asetat, dan macrolactin A. Pada penelitian ini belum diketahui senyawa aktif yang dihasilkan oleh *Streptomyces* sp. yang berhasil diisolasi.

Hasil yang diperoleh dalam penelitian menunjukkan bahwa persentase tanaman yang mati pada perlakuan S1 (dengan perlakuan isolat *Streptomyces* sp. 1), S2 (dengan perlakuan isolat *Streptomyces* sp. 2), S3 (dengan perlakuan isolat *Streptomyces* sp. 3), dan S4 (dengan perlakuan isolat *Streptomyces* sp. 4) memberikan perbedaan nyata ($p < 0,05$) dengan kontrol. Isolat *Streptomyces* sp.3 memiliki kemampuan tertinggi dalam menekan penyakit layu Fusarium pada tanaman tomat dengan persentase tanaman yang mati sebesar 20%, isolat *Streptomyces* sp.1 dan sp.2 masing-masing sebesar 32%, dan *Streptomyces* sp.4 sebesar 36% (Tabel 3.3).

Tabel 3.3. Uji efektifitas kultur *Streptomyces* sp. dalam menekan penyakit layu Fusarium pada tanaman tomat pada umur 28 hari setelah inokulasi

No.	Perlakuan	Tanaman yang mati (%) ¹⁾
1.	Kontrol	88.00a
2.	S1 (<i>Streptomyces</i> sp. 1)	32.00b
3.	S2 (<i>Streptomyces</i> sp. 2)	32.00b
4.	S3 (<i>Streptomyces</i> sp. 3)	20.00b
5.	S4 (<i>Streptomyces</i> sp. 4)	36.00b

¹⁾ Nilai rata rata pada angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata ($p < 0,05$) dengan menggunakan uji Duncan

Perkembangan patogen hasil pengamatan menunjukkan tanaman tomat yang berusia 3 minggu kemudian diinokulasi dengan patogen *F.*

oxysporum f.sp. *lycopersici*, pada hari ke-10 pasca inokulasi, terlihat daun mulai layu dan daun bagian bawah mulai menguning, hari ke-16 setelah inokulasi daun nekrosis, dan hari ke-24 setelah inokulasi tanaman mati. Perkembangan patogen tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Foto perkembangan patogen tanaman kontrol yang diinokulasi dengan patogen *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*. A. Usia 10 hari setelah inokulasi, terlihat daun mulai layu dan bagian bawah daun mulai menguning. B. Usia 16 hari setelah inokulasi C. Usia 24 hari setelah inokulasi, terlihat tanaman mati.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman yang tidak diberi perlakuan *Streptomyces* (kontrol) terlihat tanaman layu. Perlakuan S1 (dengan perlakuan isolat *Streptomyces* sp.1), S2 (dengan perlakuan isolat *Streptomyces* sp.2), S3 (dengan perlakuan isolat *Streptomyces* sp.3), dan S4 (dengan perlakuan isolat *Streptomyces* sp.4) terlihat tidak menunjukkan gejala tanaman layu (Gambar 8.).



Gambar 8. Foto uji efektifitas kultur *Streptomyces* sp. terhadap penyakit layu Fusarium. kontrol (tanpa perlakuan) dan dengan berbagai perlakuan kultur *Streptomyces* sp. (S1, S2, S3, dan S4) yang diinokulasi dengan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* umur 28 hari pasca inokulasi.

Penelitian Papuangan (2009), aplikasi *Streptomyces* spp. dengan cara penyiraman media tanam mampu menekan serangan *Sclerotium rolfsii* secara nyata lebih baik yaitu sebesar 58.0%, dibandingkan dengan aplikasi dengan cara pelapisan benih yaitu 42,3%.

Hasil penelitian yang dilakukan Kawuri (2012), menunjukkan bahwa penyemprotan dengan filtrat biakan *Streptomyces thermocarboxydus* sebanyak empat kali terbukti efektif dalam menekan penyakit busuk daun lidah buaya, dengan persentase intensitas penyakit pada kontrol yaitu sebesar 86,1% menjadi 27,75% pada perlakuan filtrat. Muthahanas (2004) melaporkan pada uji *in planta*, *Streptomyces* sp. PD14-19 mampu menekan penyakit layu *Ralstonia solanacearum* pada tanaman cabai mencapai 100%. Penelitian lain oleh Suh dan Won (2001), *Streptomyces* sp. WYE 20 dan WYE 324 mampu melindungi tanaman ketimun dan cabai terhadap *Rhizoctonia solani* dan *Phytophthora capsici* penyebab penyakit rebah kecambah, busuk batang dan akar, serta hawar daun dan buah. Perlakuan S3 dengan menggunakan isolat *Streptomyces* sp.3 dapat menekan penyakit layu *Fusarium* ini dari persentase tanaman yang mati sebesar 88% pada kontrol menjadi 20%.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan terdapat lima isolat *Streptomyces* sp. yang berhasil diisolasi dari tanah di sekitar kampus Unud Bukit-Jimbaran. *Streptomyces* sp. yang paling efektif menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* secara *in vitro* yaitu *Streptomyces* sp.1 dengan persentase daya hambat sebesar 75%. Perlakuan secara *in vivo* menggunakan keempat isolat *Streptomyces* sp. mampu menekan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman tomat. *Streptomyces* sp.3 memiliki kemampuan terbaik dalam menekan penyakit layu *Fusarium* dengan persentase tanaman yang mati sebesar 20%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Biopestisida Fak. Pertanian Unud yang telah menyediakan isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kelompok tani wanita Pangan Sari Dusun Cengkilung,

Peguyangan-Denpasar atas bantuan dan peminjaman rumah kaca.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS [Badan Pusat Statistik]. 2012. Produksi Sayuran di Indonesia pada Tahun 2000-2009. http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=3&tabel=1&dafta=1&id_subyek=55¬ab=27
- Bagus. 2008. Layu *Fusarium* dan Layu *Verticillium* pada Tomat (*Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*, *Verticillium* spp. <http://jhiagoek.blogspot.com/2008/12/layu-fusarium-da-layuverticilliumpada.html>
- Bahi, M. 2012. Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Metabolit Sekunder dari Bakteri Laut *Streptomyces* sp. *J. Depik.* 1(3): 161-164.
- Flardh, K. 2003. Essential Role of DivIVA in Polar Growth and Morphogenesis in *Streptomyces coelicolor*A3(2). *Mol. Microbiol.* 49:1523-1536.
- Holt, J. G., N.R. Krieg, P. H. A., Sneath, J. T. Staley, and S.T. Williams. 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology.* 9th ed. Baltimore: Williams and Wilkins.
- Jakes. 2011. Efektivitas Agens Antagonis *Trichoderma* sp. Pada Berbagai Media Tumbuh Terhadap Penyakit Layu Tanaman Tomat. <http://penyuluhthl.wordpress.com/2011/11/15/efektivitas-agens-antagonis-trichoderma-sp-pada-berbagai-media-tumbuh-terhadap-penyakit-layu-tanaman-tomat>
- Kawuri, R. 2012. Pemanfaatan *Streptomyces* sp. Untuk Mengendalikan Penyebab Penyakit Busuk Daun Pada Lidah Buaya (*Aloe Barbadensis* Mill.) di Bali. Disertasi Doktor. Program Pasca Sarjana Universitas Udayana Denpasar.
- Korn-Wendisch, F. & Kutzner, H. J. 1992. *The Family Streptomycetaceae. In The*

- Prokaryotes*, Second Edition. A Handbook on the Biology of Bacteria : Ecophysiology, Isolation, Identification, Applications. (A. Balows, H. G. Truper, M. Dworkin, W. Harder, & Karl-Heinz Schleifer. Eds). Springer Verlag-London. Madigan, M.T., Martinko, J.M., Parker, P. 2003. *Biology of Microorganism*. 10th Edition. Prentice Hall. USA.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M., Parker, P. 2003. *Biology of Microorganism*. 10th Edition. Prentice Hall. USA.
- Miyadoh S. & Otaguro M. 2004. Workshop on Isolation Methods and Classification of Actinomycetes. Bogor: Biotechnology Centre LIPI.
- Montoc, H. S. 2011. Antagonisme *Saccharomyces* sp. dan *Pseudomonas aeruginosa* Terhadap Sembilan Jamur Patogen Tanaman. Skripsi Sarjana. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian Universitas Udayana Bali.
- Muthahanas, I. 2004. Potensi *Streptomyces* sp. Sebagai Agens Pengendali Biologi *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai. Tesis Magister. Institut Pertanian Bogor.
- Muthahanas I. & Listiana E. 2008. Skrining *Streptomyces* sp. Isolat Lombok sebagai Pengendali Hayati Beberapa Fungi Patogen Tanaman. *J. Crop Argo* 1(2): 130-136.
- Oskay M. 2009. Antifungal and antibacterial compounds from *Streptomyces* strains. *African Jurnal of Biotechnol.* 8 (13): 3007-3017.
- Papuangan, N. 2009. Aktivitas Penghambatan Senyawa Antimikrob *Streptomyces* spp. Terhadap Mikrob patogen Tular Tanah Secara *In vitro* dan *In Planta*. Tesis Magister. Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Pathania R, Brown E. D. 2008. Small and Lethal: Searching For New Antibacterial Compound with Novel Model Of Action. *Minireview. Biochem. Cell Biol.* 86: 111-115.
- Pelczar, M. J. & E.C.S. Chan. 1993. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Penerbit Universitas Indonesia (UI Press), Jakarta.
- Prapagdee, B., Akrapikulchart, U., Mongkolsuk, S. 2008. Potential of a Soil-Borne *Streptomyces hygrosopicus* for Biocontrol of Anthracnose Disease Caused by 14 *Colletotrichum gloeosporioides* in Orchid". *Journal of Biological Sciences* 8 (7):1187-1192.
- Rao, Subba, N. S. 2001. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. UI Press. Jakarta.
- Sabaratnam S. & Traquaira J.A. 2002. Formulation of *Streptomyces* biocontrol agent for suppression of *Rhizoctonia damping-off* in tamato transplants. *Biological Control* 23(3):245-253.
- Sastrahidayat, I. R. 1990. *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Usaha Nasional, Surabaya.
- Semangun, H. 2007. *Penyakit - Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia* (edisi Kedua). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sigeo, D. C. 1993. *Bacterial Plant Pathology: Cell and Molecular Aspects*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Suh, H., Won. 2001. *Antifungal Biocontrol Agents, a Process for Preparing and Treating the Same*. United States patent.
- Sunaryanto, R., Marwoto, B., Irawadi, T.T, Masw'ud, Z.A., Hartoto, L. 2009. Isolasi Dan Penapisan Aktinomisetes Laut Penghasil Antimikroba. *Jurnal Ilmu Kelautan* 14 (2) : 98-101.
- Susanti, E., Widiyanti F., Suganda, T. 2009. Pembuatan Strain Nonpatogenik *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*

- dengan Radiasi Sinar Ultraviolet. Jurusan HPT Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran Jatinangor, Bandung.
Available at: http://resources.unpad.ac.id/unpad-content/uploads/publikasi_dosen/nonpatogenik%20fusarium.pdf
- Suzanna, Chamzurni, T., Pratama, A. 2010. *Dosis dan Frekuensi Kascing Untuk Pengendalian Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Tomat*. Jurnal Floratek 5 (2): 152-163.
- Tjay, T. H., Rahardja, K. (2002). *Obat-obat Penting : Khasiat, Penggunaan, dan Efek-Efek Sampingnya*. Edisi VI. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- Untung, K., 1996. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Vauzia, M. Chatri, R., Eldisa. 2011. Pengaruh *Trichoderma harzianum* terhadap Serangan Penyakit Layu pada Tanaman Cabai. Jurnal Biologi Universitas Negeri Padang. <http://fmipa.unp.ac.id/artikel-133-pengaruh-trichoderma-harzianum-terhadap-serangan-penyakit-layu-fusarium-oxysporum-fsp-capsici-pada.html>.
- Waksman, S. A. 1967. *The Actinomycetes, A Summary of Current Knowledge*. The Ronald Press Company. New York.