

**POTENSI *Trichoderma* sp. SEBAGAI AGEN PENGENDALI
Fusarium sp. PATOGEN TANAMAN STRAWBERRY
(*Fragaria* sp.)**

SKRIPSI

oleh
MELYSY NUR FAJRIN
0910910010-91



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2013

**POTENSI *Trichoderma* sp. SEBAGAI AGEN PENGENDALI
Fusarium sp. PATOGEN TANAMAN STRAWBERRY
(*Fragaria* sp.)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam
Bidang Biologi

oleh

MELYSA NUR FAJRIN

0910910010-91



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2013**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**POTENSI *Trichoderma* sp. SEBAGAI AGEN PENGENDALI
Fusarium sp. PATOGEN TANAMAN STRAWBERRY
(*Fragaria* sp.)**

oleh
MELYSA NUR FAJRIN
0910910010-91

Telah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal 17 Juli 2013
dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam Bidang Biologi

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Suharjono, M. Si
NIP. 196302231988021001

Ir. Mutia Erti Dwiastuti, MS
NIP. 195809241983032001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Widodo, S.Si, M.Si, Ph.D, Med.Sc
NIP. 19730811 200003 1 002

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Melysa Nur Fajrin
NIM : 0910910010-91
Jurusan : Biologi
Judul Skripsi : Potensi *Trichoderma* sp. Sebagai Agen Pengendali
Fusarium sp. Patogen Tanaman *Strawberry*
(*Fragaria* sp.)

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah benar-benar karya saya sendiri, dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Karya-karya yang tercantum dalam Daftar Pustaka Skripsi ini, semata-mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila kemudian hari diketahui bahwa isi Skripsi saya merupakan hasil plagiat, maka saya bersedia menanggung akibat hukum dari keadaan tersebut.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, Juni 2013

Yang menyatakan

(Melysa Nur Fajrin)
NIM. 0910910010-91

PEDOMAN PENGGUNAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan namun terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang. Daftar Pustaka diperkenankan untuk dicatat, tetapi pengutipan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai kebiasaan ilmiah untuk menyebutkannya.



**POTENSI *Trichoderma* sp. SEBAGAI AGEN PENGENDALI
Fusarium sp. PATOGEN TANAMAN STRAWBERRY
(*Fragaria* sp.)**

Melysa, N. Fajrin¹, Suharjono¹, M.E. Dwiastuti²

¹Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang

²Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika, Tlekung, Batu

ABSTRAK

Fusarium sp. merupakan salah satu patogen tanaman *strawberry* yang dapat menurunkan hasil panen tanaman inang sekitar 40 %. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari potensi *Genus Trichoderma* dalam mengendalikan *Fusarium* sp. *Trichoderma* diisolasi dari tanah rhizosfer tanaman *strawberry*, sedangkan *Fusarium* sp. diisolasi dari tanaman *strawberry* yang mengalami layu *Fusarium*. Isolat kapang dimurnikan, dikarakterisasi dan dibandingkan dengan isolat kapang acuan. Uji Antagonis dilakukan secara *in vitro* dan *in vivo*. Uji *in vitro* dilakukan dengan metode *dual culture* dan *slide culture*. Hasil penelitian didapatkan dua jenis kapang antagonis yang mirip dengan *Genus Trichoderma* dan dua jenis kapang patogen yang mirip dengan *Genus Fusarium*. Isolat antagonis yang diperoleh adalah *Trichoderma* sp.1 dan *Trichoderma* sp. 2, serta isolat patogen *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2. Isolat *Trichoderma* sp. 1 memiliki kemampuan antagonisme lebih tinggi dibandingkan dengan isolat *Trichoderma* sp. 2. Isolat *Trichoderma* sp. 1 mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2 secara berturut-turut 49,7 % dan 49,6 %. Isolat *Trichoderma* sp. 2 mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2 secara berturut-turut 45,8 % dan 43,4 %. Mekanisme antagonis yang terjadi antara kapang antagonis dan patogen pada uji *in vitro* yaitu pembelitan dan intervensi hifa. Perlakuan paling optimal pada uji *in vivo* adalah *Trichoderma* yang diinokulasi terlebih dahulu yang dilanjutkan dengan penginokulasian *Fusarium* dengan nilai intensitas serangan sebesar 41,72 % pada varietas Santung sedangkan varietas California yang relatif lebih rentan terhadap serangan patogen.

Kata Kunci : antagonisme, *Fusarium* sp., *strawberry*, dan *Trichoderma* sp.

***Trichoderma* sp. POTENTIAL AS BIOCONTROL AGENT OF *Fusarium* sp. STRAWBERRY PATHOGEN (*Fragaria* sp.)**

Melysa, N. Fajrin¹, Suharjono¹, M.E. Dwiastuti²

¹ Biology Departement, Faculty of Mathematic and Science, Brawijaya University, Malang

² Indonesian Citrus and Subtropical Fruits Research Institute, Batu

ABSTRACT

Fusarium sp. is one of pathogen in strawberries plant which can decrease harvest product in host plant around 40%. This research aims to study the potential of *Genus Trichoderma* in controlling *Fusarium* sp. *Trichoderma* was isolated from rhizosphere soil in strawberries plant, while *Fusarium* sp. was isolated from strawberries plant which infected by *Fusarium* wilt. Fungus isolates were purified, characterized and compared by reference isolates. Antagonist test was treated with in vitro test and in vivo test. In vitro test was treated by dual culture and slide culture. The result of the analysis shows that it was founded two species of antagonist fungus having similarity to *Trichoderma* Genus and two species of pathogen fungus having similarity to *Fusarium* Genus. Antagonist isolates successfully isolated are *Trichoderma* sp. 1 and *Trichoderma* sp. 2, while pathogen isolates successfully isolated are *Fusarium* sp. 1 and *Fusarium* sp. 2. *Trichoderma* sp. 1 isolate has higher antagonist ability compared to *Trichoderma* sp. 2 isolate. *Trichoderma* sp. 1 isolate can block *Fusarium* sp. 1 and *Fusarium* sp. 2 growth serially 49,7 % and 49,6 %. *Trichoderma* sp. 2 isolate is able to block *Fusarium* sp. 1 and *Fusarium* sp. 2 growth serially 45,8 % and 43,4 %. Antagonist mechanisms occurred in antagonist and pathogen fungus in in vitro test are twisted and mycelium intervention. The most optimal treatment in in vivo test is by spreading *Trichoderma*, then continued by spreading *Fusarium* with intensity value 41,72 % in Santung variety whereas California variety which is sensitive to pathogen attack.

Keyword : antagonist, *Fusarium* sp., strawberry, and *Trichoderma* sp.

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala Rahmat dan HidayahNya sehingga naskah Skripsi ini dapat diselesaikan. Terselesaikan naskah skripsi ini tak lepas dari dorongan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh sebab itu diucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Suharjono, M.Si dan Ibu Ir. Mutia Erti Dwiastuti, MS. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, nasihat dan motivasi selama penelitian dan penyusunan naskah skripsi.
2. Bapak Dr. Bagyo Yanuwiadi selaku dosen penguji atas saran dan kritik pembangun guna menyempurnakan naskah skripsi ini.
3. Bapak Widodo, S.Si, M.Si Ph.D, Med.Sc selaku ketua jurusan, seluruh dosen Biologi Universitas Brawijaya atas bimbingan dan ilmu yang diberikan.
4. Ayahanda M.Solichudin Bara (Alm.), Ibunda Arifatul Hikmah dan Kakak Tersayang Fessy Eka Wati, keluarga besar Bara dan Keluarga Besar Shofikin atas segala kasih sayang, bimbingan, dukungan, doa dan semua pengorbanan yang tidak terhingga.
5. Seluruh staf Balitjestro Kota Batu serta Ibu Nanik selaku laboran di Laboratorium Mikrobiologi atas kesabarannya membantu selama penelitian.
6. Herlin A., Hamdani D., Ardyah R., Faldy A., Rosyta D., Nadiyah S., Indriya R., Siska O., Lidwina F., Ahmad R., Erma K., Sela A., Adi S., teman-teman di laboratorium Mikrobiologi dan seluruh mahasiswa Biologi UB atas bantuan dan dukungan moril yang diberikan.
7. Wulan, Farihanun, Yenni, Yessi, Mega, Wahdah dan seluruh penghuni KL 20 atas bantuan dan motivasi yang diberikan.
8. Seluruh warga HIMABIO UB, civitas akademika Biologi Universitas Brawijaya atas segala bantuan dan dukungan serta semua pihak lain yang turut mendukung kelancaran penyelesaian Skripsi ini.

Naskah Skripsi ini masih belum sempurna, oleh karena itu kritik dan saran bersifat membangun dari semua pihak sangat diharapkan. Semoga Skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, Juni 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR RUMUS	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman <i>strawberry</i>	3
2.2 Penyakit pada tanaman <i>strawberry</i>	4
2.3 Bahaya Penggunaan Pestisida	13
2.4 <i>Fusarium</i> sp.	15
2.5 Mekanisme Antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap Patogen	18
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat	20
3.2 Isolasi <i>Trichoderma</i> sp.	20
3.3 Isolasi <i>Fusarium</i> sp.	21
3.4 Karakterisasi mikroskopis <i>Trichoderma</i> sp. dan <i>Fusarium</i> sp.	21
3.5 Uji Antagonis <i>in vitro</i> antara <i>Trichoderma</i> sp. dan <i>Fusarium</i> sp.	22
3.6 Uji Antagonis secara <i>in vivo</i> antara <i>Trichoderma</i> sp. dan <i>Fusarium</i> sp.	24
3.7 Pengamatan Jaringan Akar yang Terinfeksi Kapang Patogen	26

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik <i>Trichoderma</i> Hasil Isolasi	27
4.2 Karakteristik <i>Fusarium</i> Hasil Isolasi	30
4.3 Pengaruh Antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>Fusarium</i> sp. secara <i>in vitro</i>	34
4.4 Tingkat Mikoparasit <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>Fusarium</i> sp.	42
4.5 Pengaruh Antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>Fusarium</i> sp. secara <i>in vivo</i>	45
4.6 Struktur Anatomi Akar yang Terinfeksi Layu <i>Fusarium</i> sp.	51

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55

DAFTAR PUSTAKA	56
-----------------------------	----

LAMPIRAN	61
-----------------------	----



DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Kandungan nutrisi buah <i>strawberry</i> per 100 gram.....	3
2. Tingkat mikoparasit <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>Fusarium</i> sp.....	24
3. Hasil pengamatan mikoparasi <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>Fusarium</i> sp uji <i>slide</i> kultur hari ke- 7	44
4. Intensitas serangan tanaman <i>strawberry</i> varietas California pada uji <i>in vivo</i>	46
5. Intensitas serangan tanaman <i>strawberry</i> varietas Santung pada uji <i>in vivo</i>	47
6. Jumlah batang tanaman <i>strawberry</i> varietas California pada uji <i>in vivo</i>	48
7. Jumlah batang tanaman <i>strawberry</i> varietas Santung pada uji <i>in vivo</i>	49
8. Jumlah daun tanaman <i>strawberry</i> varietas California pada uji <i>in vivo</i>	50
9. Jumlah daun tanaman <i>strawberry</i> varietas Santung pada uji <i>in vivo</i>	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Buah <i>strawberry</i> yang terserang penyakit <i>Anthraco nose</i>	5
2. Buah <i>strawberry</i> yang terserang penyakit <i>Grey mould</i>	6
3. Gejala Bercak daun pada tanaman <i>strawberry</i> (gosong daun, <i>Gnomonia fruit rot</i> dan <i>leaf blotch, leaf blight</i>)	7
4. Gejala buah <i>strawberry</i> yang terserang penyakit <i>powdery mildew</i>	10
5. Batang utama tanaman <i>strawberry</i> yang terserang kapang <i>Fusarium oxysporum</i>	11
6. <i>Phytophthora</i> yang menyerang tanaman <i>strawberry</i>	12
7. Siklus hidup <i>Fusarium</i> sp.	16
8. Metode <i>dual</i> Kultur	22
9. Metode <i>slide</i> Kultur	23
10. Isolat <i>Trichoderma</i> sp. hasil isolasi	28
11. Konstruksi dendogram antar isolat <i>Trichoderma</i> sp. dan isolat acuan	29
12. Isolat <i>Fusarium</i> sp. hasil isolasi	32
13. Konstruksi dendogram antar isolat <i>Fusarium</i> sp. dan isolat acuan	33
14. Pertumbuhan koloni <i>Fusarium</i> sp. pada uji antagonis secara <i>in vitro</i> ..	35
15. Perbandingan diameter koloni <i>Fusarium</i> sp. pada uji antagonis secara <i>in vitro</i>	36
16. Pengaruh antagonis <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>Fusarium</i> sp., pada uji <i>in vitro</i>	37
17. Persentase penghambatan <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>Fusarium</i> sp. pada uji antagonis <i>dual</i> kultur secara <i>in vitro</i>	39
18. Perbandingan persentase penghambatan isolat antagonis terhadap isolat patogen pada uji antagonis <i>dual</i> kultur	41
19. Antagonisme <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>Fusarium</i> sp.	43
20. Struktur anatomi akar tanaman <i>strawberry</i>	52
21. Struktur anatomi akar tanaman <i>Strawberry</i> varietas Santung	53

DAFTAR RUMUS

Halaman

1. Rumus penghitungan nilai *Percentage Inhibition of Radial Growth* (PIRG) 22
2. Rumus penghitungan kerapatan konidia 25
3. Rumus penghitungan jumlah intensitas serangan *Fusarium* 26

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Komposisi medium agar	61
2. Lokasi pengambilan sampel	61
3. Karakter kapang antagonis	61
4. Karakteristik kapang patogen	62
5. Hasil analisis perbandingan diameter kapang pada uji <i>in vitro</i>	62
6. Hasil analisis perbandingan persentase hambat pada uji <i>in vitro</i>	63
7. Hasil analisis perbandingan intensitas serangan tanaman <i>strawberry</i> varietas California pada uji <i>in vivo</i>	65
8. Hasil analisis perbandingan intensitas serangan tanaman <i>strawberry</i> varietas Santung pada uji <i>in vivo</i>	67
9. Hasil analisis perbandingan jumlah batang tanaman <i>strawberry</i> varietas California	69
10. Hasil analisis perbandingan jumlah batang tanaman <i>strawberry</i> varietas Santung	71
11. Hasil analisis perbandingan jumlah daun tanaman <i>strawberry</i> varietas California	73
12. Hasil analisis perbandingan jumlah daun tanaman <i>strawberry</i> varietas Santung	75

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Strawberry merupakan buah yang banyak diminati masyarakat. Buah ini pertama kali ditemukan di Chili, Amerika. *Strawberry* (*Fragaria vesca* L.) merupakan spesies yang pertama masuk ke Indonesia (Deputi Menegristek, 2012). Tanaman *strawberry* sensitif terhadap faktor lingkungan dan penyakit. Gejala penyakit yang sering dialami diakibatkan oleh adanya kapang patogen. Penyakit yang sering dialami oleh tanaman ini antara lain *Anthracnose* (*Colletotrichum* sp.), *Grey mould* (*Botrytis cinerea*), Bercak daun (*Mycosphaerella fragariae*), gosong daun (*Diplocarpon earlianum*), *Gnomonia fruit rot* dan *leaf blotch* (*Gnomonia comari*), *Powdery mildew* (*Sphaerotheca macularis*), *Fusarium wilt* (*Fusarium oxysporum*), *Phytophthora crown rot* (*Phytophthora nicotianae*) (Ullio, 2004).

Fusarium adalah salah satu *Genus* kapang yang menyebabkan penyakit pada tanaman. Tahun 90'an *Fusarium* menyebabkan penurunan produksi buah di Jepang sekitar 60 % dan 81 % di Korea (Alex, 2012). Menurut Chehri dkk. (2010) *Fusarium* dapat memproduksi *fumonisin* yang disebarkan ketika lingkungan dalam kondisi yang mendukung. *Fumonisin* merupakan kelompok komponen racun yang diproduksi oleh *Fusarium*. Tahun 2010 spesies pada *Genus* ini dilaporkan dapat menurunkan hasil panen tanaman inang sekitar 40 % di kawasan Eropa pusat, Amerika Utara dan Asia. Menurut Phillips dan Hossein (2008) hasil survey penyakit tanaman *strawberry* pada tahun 2005-2006 menunjukkan bahwa 70% total sampel dari Australia barat yang diuji, dinyatakan telah terinfeksi patogen *Fusarium oxysporum*.

Penyemprotan pestisida merupakan cara umum petani untuk menekan pertumbuhan hama dan penyakit tanaman. Menurut Gardenguides (2010) bahan kimia pestisida dapat menimbulkan berbagai permasalahan dan mengganggu keseimbangan lingkungan. Residu ini dapat membunuh organisme non-target, meningkatkan resistensi organisme target, meresap dalam tanah, terakumulasi dalam buah, terbawa angin dan aliran air yang dapat membunuh organisme perairan, dan berbahaya bagi petani. Oleh karena itu perlu adanya alternatif lain dalam pengendalian kapang patogen penyerang tanaman *strawberry* yang bersifat ramah lingkungan.

Trichoderma merupakan *Genus* kapang yang mampu dijadikan sebagai agen pengendali patogen secara hayati. Mekanisme antagonis yang dilakukan *Trichoderma* dalam menghambat pertumbuhan kapang patogen antara lain kompetisi, parasitisme, antibiosis dan lisis (Purwantisari dan Rini, 2009). Menurut Talancadkk. (1998) mekanisme antagonisme dari *Trichoderma* sp. terhadap kapang patogen dilakukan dengan mengeluarkan toksin berupa enzim hidrolitik β -1,3 glukanas, kitinase dan selulase yang dapat menghambat pertumbuhan bahkan dapat membunuh kapang patogen. Sifat antagonis dari *Trichoderma* sp. ini dapat dimanfaatkan sebagai alternatif dalam pengendalian kapang patogen yang bersifat ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini adalah

1. Bagaimanakah daya hambat *Trichoderma* sp. sebagai agen pengendalian *Fusarium* sp. pada tanaman *strawberry*?
2. Bagaimanakah mekanisme antagonis *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp.?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Mempelajari daya hambat *Trichoderma* sp. sebagai agen pengendalian *Fusarium* sp. pada tanaman *strawberry*
2. Mempelajari mekanisme antagonis *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp.?

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Mendapatkan isolat *Trichoderma* sp. yang efektif dalam rangka meningkatkan jumlah agen hayati pengendali patogen tanaman guna mendukung sistem pertanian organik yang berkelanjutan.
2. Mengurangi aplikasi pestisida kimiawi sintetik sehingga dapat menyelamatkan kesehatan lingkungan dan masyarakat.
3. Membantu aplikasi agen hayati untuk pengendalian patogen tanaman sebagai langkah meningkatkan produksi tanaman dan ekonomi masyarakat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman *strawberry*

Tanaman *strawberry* menurut *United State Department of Agriculture* (2012) termasuk dalam Kingdom *Plantae*, Divisi *Magnoliophyta*, Kelas *Magnoliopsida*, Ordo *Rosales*, Famili *Rosaceae*, Genus *Fragaria* L., dan Spesies *Fragaria sp.* Menurut Budiman dan Saraswati (2008) buah *strawberry* memiliki banyak manfaat bagi tubuh dan bernilai ekonomis tinggi. Buah ini tidak hanya dikonsumsi dalam bentuk buah segar, tetapi buah ini juga dikonsumsi dalam bentuk makanan olahan seperti jus, sirup, kue, sirup, es *cream* dan lain-lain. Menurut Ocean Sprey (2012) kandungan nutrisi dari 100 gram buah *strawberry* (Tabel 1).

Tabel 1. Kandungan Nutrisi Buah *Strawberry* per 100 gram

Parameter	Kandungan bahan
Air	89,9 g
Karbohidrat	84,15 g
Gula	67 g
Lemak	0,5 g
Lemak Trans	0 g
Kolestrol	0 g
Serat	5,0 g
Kalsium	3,8 mg
Magbesium	1,8 mg
Protein	0,3 g
Potassium	11 mg
Riboflavin	0,13 mg
Sodium	2,0 mg
Thiamin	0,010 mg
Vitamin A	0 mg
Vitamin C	1,0 mg
Energi	342 kalori
pH	3,0-3,3 g

Selain mengandung berbagai vitamin dan mineral, buah *strawberry* juga diketahui memiliki asam *ellagic* yang berpotensi sebagai penghambat kanker, mempercantik kulit, menjadikan

gigi putih, menghilangkan baumulut serta meningkatkan kekuatan otak dan penglihatan terutama pada bagian biji dan daun *strawberry*. Akar *strawberry* mengandung zatanti radang (Budiman dan Saraswati, 2008).Tanaman *strawberry* memiliki struktur morfologi yang cukup kompleks dibandingkan dengan tanaman buah lain (Oak, 2012). Tanaman ini memiliki empat struktur dasar, antara lain daun, sistem perakaran, batang utama (bonggol) dan stolon. Daun dan akar pada tanaman *strawberry* memiliki fungsi yang sama seperti tanaman lain pada umumnya, yang memiliki peranan penting pada saatfotosintesis. Akar dan daun tanaman *strawberry* berfungsi dalam menyerap air dan nutrisi yang dibutuhkan dari dalam tanah untuk proses pertumbuhan dan reproduksi. Sekitar 70% sistem perakaran pada tanaman *strawberry* berada pada daerah tiga inci dari permukaan tanah (StrawberryPlant, 2010).

2.2 Penyakit pada Tanaman *Strawberry*

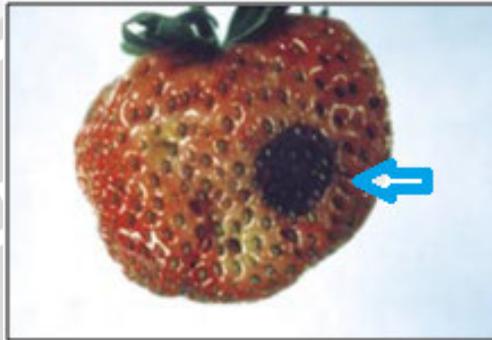
Strawberry merupakan salah satu jenis tanaman yang sensitif terhadap faktor lingkungan dan gangguan penyakit. Umumnya penyakit yang menyerang tanaman *strawberry* diakibatkan oleh tumbuhnya kapang patogen. Adapun penyakit yang umumnya menyerang tanaman *strawberry* menurut Ullio(2004)antara lain:

2.2.1 *Anthracnose*

Penyakit ini (Gambar 1) disebabkan oleh *Colletotrichum*.Sebagian besar menyerang tanaman *strawberry* dan dapat memengaruhi semua bagian dari tanaman. Penyakit ini dapat mengakibatkan kematian tanaman dalam satu musim. Gejala tanaman yang terserang *anthracnose* ini antara lain busuk pada buah, terjadi pematangan buah sebagian pada buah yang masih muda, membentuk lingkaran pada daerah tertentu, kemudian nantinya berubah menjadi coklat atau menghitam, atau meninggalkan bercak. Sumber infeksi berasal dari tular pada materi tanah, stolon, mahkota bunga, daun dan buah, bahkan potongan bagian tanaman yang tertular juga dapat menjadi sumber infeksi dari penyakit ini. Penyebaran penyakit ini melalui aliran air yang ada di perkebunan seperti air hujan dan aliran irigasi.

Menurut Bailey dkk., (1992) *Colletotrichum* menginfeksi tanaman inang dengan cara menempelkan konidia pada tanaman inang, kemudian membentuk perkecambah konida yang dapat menghasilkan tabung kecambah. Tabung kecambah yang dihasilkan mengalami penebalan dinding, sehingga dapat menembus bagian

kutikula. Tabung kecambah yang menembus kutikula akan tumbuh membentuk hifa dan membentuk struktur miselium. Miselium ini tumbuh diantara membran plasma dan dinding sel tanaman inang.



(Ullio, 2004)

Gambar 1. Buah *strawberry* yang terserang penyakit *Anthracnose*

2.2.2 Grey mould

Penyakit kapang kelabu ini (Gambar 2) disebabkan oleh *Botrytis cinerea*. Penyakit ini biasanya menyerang bunga, sayuran dan buah, termasuk tanaman *strawberry*. Gejala pada tanaman yang terserang penyakit ini ditandai dengan adanya pertumbuhan kapang pada bunga, buah, petiolus, daun dan batang. Serangan kapang patogen pada bagian bunga dan tangkai buah *strawberry* umumnya lebih fatal dibandingkan dengan bagian lain, baik pada buah yang masih berwarna hijau maupun buah yang sudah matang dapat berubah warna menjadi coklat akibat serangan *Botrytis cinerea* ini. Penyebaran pada buah dapat mengakibatkan pertumbuhan kapang pada seluruh permukaan buah yang nantinya akan mengakibatkan buah terlihat kering dan lama-lama akan berubah warna menjadi kelabu akibat adanya spora dari *Botrytis cinerea*. Kondisi yang dapat mendukung penyebaran penyakit ini meliputi keadaan temperatur yang rendah dan kelembaban yang tinggi. Penyebaran penyakit ini dapat melalui angin, air hujan dan saluran irigasi.

Menurut Jan (2005) infeksi *B. cinera* pada tanaman inang dimulai dari penempelan konidia *B. cinerai* melalui udara yang disebarkan oleh angin. Konidia yang menempel akan berkecambah dan membentuk tabung konidia pada lingkungan yang sesuai. Tabung konidia kemudian berkembang menjadi *appressorium* yang dapat menembus tanaman inang. *Appressorium* yang masuk ke dalam sel

akan terus tumbuh dan akan membentuk luka primer yang akan berlanjut pada kematian sel.



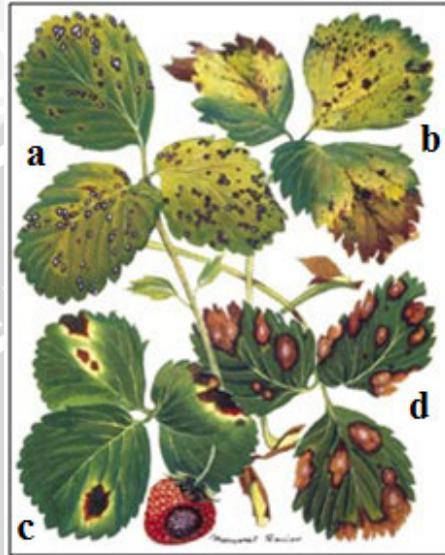
(Natalia, 2011)

Gambar 2. Buah *strawberry* yang terserang penyakit *Grey mould*

2.2.3 Bercak daun

Penyakit bercak daun ini (Gambar 3a) banyak menyerang tanaman *strawberry* yang diakibatkan oleh *Mycosphaerella fragariae*. Gejala yang dialami oleh tanaman yang terserang antara lain adanya bercak kecil berwarna ungu tua pada permukaan daun, tidak selalu berbentuk lingkaran, diameter berukuran antara 3-6 mm. Bercak daun yang menyerang memiliki gradasi warna, pada bagian pinggir berwarna merah tua, sedangkan bagian pusat serangan penyakit bercak daun menuju ke bagian tengah berwarna coklat, abu-abu, sampai putih. Kapang ini juga menyerang bagian petiolus, stolon, tangkai buah dan bunga yang berwarna kehitaman pada bagian tertentu. Penyebaran penyakit ini dapat melalui air hujan dan irigasi.

Menurut Heindenreich dan Turechek (2001) infeksi yang dilakukan oleh kapang *Mycosphaerella fragariae* dilakukan dengan menempelkan konidia pada permukaan daun. Konidia yang menempel akan menghasilkan tabung kecambah dan akan mempenetrasi melalui stomata. Konidia yang telah berhasil melakukan penetrasi pada tanaman akan berkembang dan menghasilkan konidia baru yang akan terus menginfeksi daun-daun baru. Infeksi penyakit bercak daun pada daun muda memerlukan waktu antara 12-96 jam.



(Ullio, 2004)

Gambar 3. Gejala pada tanaman *strawberry* yang terserang kapang patogen, (a)bercak daun, (b)gosong daun, (c) *gnomonina* fruit rot dan *leaf blotch* dan(d)*leaf blight*

2.2.4 GosongDaun

Penyakit ini disebabkan oleh *Diplocarpon earlianum*. Luas kerusakan yang disebabkan oleh penyakit ini sebanding dengan umur tanaman yang diserang. Semakin lama umur tanaman yang diserang maka semakin besar pula kerusakan bagian tanaman inang. Gejala yang dialami dapat terlihat pada permukaan daun yang membentuk suatu bercak yang berukuran kecil dengan diameter 1-5 mm, bentuk tidak beraturan, dan berwarna coklat (tidak bergradasi abu-abu atau putih) dan sering kali pada bagian tepi daun berwarna coklat seperti terbakar. Penyakit ini juga dapat menyerang petiolus, tangkai buah, bunga dan buah. Persebaran penyakit ini dapat melalui angin, air hujan dan saluran irigasi. Contoh tanaman *strawberry* yang terserang gosong daun(Gambar 3b). Menurut Semangun (2003) *Diplocarpon earlianum* menginfeksi dengan cara membentuk konidium pada kondisi lembab melalui stomata pada daun. Patogen yang dihasilkan akan berkecambah dan dapat menyebabkan daun mengalami nekrosis yang

terlihat seperti bercak gosong. Penyakit ini dapat meningkat pada kondisi kering dengan suhu diatas 35 °C .

2.2.5 *Gnomonia fruit rot dan leaf blotch*

Penyakit ini disebabkan oleh pertumbuhan kapang *Gnomonia comari*. Kapang ini dapat menyerang sebagian besar varietas tanaman *strawberry*. *Gnomonia* yang menyerang buah memiliki efek yang lebih serius dibandingkan dengan *leaf blotch*. Penyakit ini sering kali menginfeksi tanaman *strawberry* saat berbunga hingga waktu panen. Buah yang diserang oleh kapang *Gnomonia comari* diawali pada bagian pangkal buah. *Callyx* bunga dan buah yang belum masak yang terserang penyakit ini umumnya lebih cepat mati dan buah menjadi layu. Bagian *callyx* yang mati pada buah yang masak ataupun dekat dengan buah yang masak dapat menyebar dan mengakibatkan buah menjadi berwarna coklat, sehingga dalam beberapa waktu dapat menyebabkan busuk pada seluruh bagian buah.

Daun yang terserang dapat membentuk bercak berwarna coklat pada bagian tertentu di permukaan daun. Gejala ini dapat ditemukan baik pada daun yang masih muda maupun daun yang sudah agak tua. Selain itu penyakit ini juga dapat menyerang bagian petiolus dan jaringan dalam buah *strawberry*. Penyebaran penyakit ini dapat ditularkan melalui hujan atau aliran irigasi. Kondisi yang dapat mendukung persebaran penyakit ini antara lain iklim yang panas, kondisi kelembaban udara maupun partikel-partikel yang ada pada tanaman. Contoh daun dan buah yang terserang *Gnomonia comari* (Gambar 3c). Menurut beberapa sumber dalam Inga (2006) selain penyebab penyakit *Gnomonia fruit rot* dan *leaf blotch*, *Gnomonia comari* juga dapat menyebabkan penyakit busuk akar. Kapang ini merupakan jenis kapang dengan tingkat patogenitas yang rendah dan jarang menyebabkan kerugian yang cukup besar.

2.2.6 *Leaf blight*

Penyakit ini disebabkan oleh pertumbuhan kapang *Phomopsis obscurans*. Kapang patogen ini mampu menyerang semua varietas *strawberry* yang ada. Gejala yang dialami dapat terlihat dari adanya kerusakan pada bagian daun yang membentuk bulatan yang cukup besar pada area tertentu, dengan ukuran diameter 5 sampai 15 mm. Bulatan yang tampak pada daun akibat kapang patogen ini menunjukkan tiga gradasi warna, yaitu: merah kehitaman pada bagian paling luar bulatan yang berbatasan langsung dengan bagian daun

yang berwarna hijau (normal); bagian tengah berwarna coklat tua dan bagian tengah berwarnaputih. Infeksi lanjutan dilakukan dengan memperluas area perusakan daun. Infeksi yang terjadi pada musim hujan dapat merusak daun secara utuh. Sumber infeksi berasal dari sampah pertanian sebelum dan sesudah musim panen yang dapat menyebar melalui angin dan air yang terbawa oleh hujan maupun aliran irigasi. Kondisi yang dapat mendukung adanya infeksi penyakit *leaf blight* ini adalah udara yang basah dan partikel-partikel saat musim gugur. Contoh dari daun yang terserang penyakit *leaf blight* akibat *Phomopsis obscurans* (Gambar 3d).

Menurut Michael dan Mizuho (2008) *Phomopsis obscurans* yang menginfeksi tanaman inang dapat membentuk badan buah (pyncnidia). Setiap pyncnidia dapat menghasilkan ribuan konidia yang dapat disebarkan ke seluruh bagian tanaman melalui percikan air hujan maupun irigasi. Konidia yang menempel pada setiap bagian tanaman dapat menyebabkan infeksi baru. Konidia yang berada pada kondisi yang sesuai dapat berkecambah dan berkembang menjadi miselium yang akan terus membentuk badan buah dan terus berkembang pada jaringan tanaman.

2.2.7 Powdery mildew

Penyakit *powdery mildew* ini disebabkan oleh kapang *Sphaerotheca macularis*. Gejala adanya tanaman yang terserang penyakit ini yaitu tepi daun bagian atas mengeriting, adanya bintik-bintik berwarna ungu yang tidak rata pada bagian permukaan daun. Kapang yang menyebabkan penyakit *powdery* ini tidak menghasilkan miselia, tetapi menghasilkan spora berbentuk bubuk yang berwarna putih kelabu. Selain daun, bagian buah dan lainnya kerap kali terserang. Infeksi pada saat pembungaan dapat menyebabkan bunga tidak terbentuk dan dapat mati. Buah yang terserang penyakit ini akan mengeras dan tidak bisa matang. Sumber infeksi berasal dari sampah pertanian sebelum dan sesudah panen. Penyebaran penyakit dapat dilakukan melalui angin. Kondisi yang mendukung perkembangan penyakit adalah udara yang panas dan lembab. Contoh buah *strawberry* yang terserang *powdery mildew* (Gambar 4).

Menurut Salla (2012) infeksi penyakit ini dimulai dari adanya penempelan konidia pada permukaan daun tanaman inang, kemudian terjadi perkecambahan dan menembus kutikula dinding sel. Konidia kapang yang digunakan untuk mempenetrasi kutikula dinding sel adalah konidia yang telah berdiferensiasi menjadi bentuk

appressorium. Proses perkecambahan konidia pada kondisi yang tepat dapat berlangsung selama 4 jam, setelah itu melakukan tahap diferensiasi menjadi *appressorium* selama 12 jam. *Appressorium* dapat menembus dinding sel baik secara mekanik maupun secara enzimatik. *Appressorium* yang berhasil menembus dinding sel tanaman inang akan tumbuh dan berkembang membentuk konidiof serta mulai memproduksi konidia. Umumnya produksi konidia dimulai setelah 4 hari dari penembusan *Appressorium* pada tanaman inang.



(Natalia dan Mertely, 2013)

Gambar 4. Gejala buah *strawberry* yang terserang penyakit *powdery mildew*

2.2.8 Layu *Fusarium*

Penyakit ini disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*. Serangan *Fusarium* paling banyak terjadi pada varietas *strawberry*, karena tanaman *strawberry* lebih rentan dibandingkan dengan tanaman lainnya. Gejala tanaman yang terserang penyakit ini ditandai dengan bentuk tanaman yang menjadi layu dan mati secara cepat. Bagian pucuk tanaman yang terserang akan berubah warna menjadi coklat kemerahan. Sumber infeksi berasal dari media tanah tempat tumbuh dengan tingkat patogen yang *survive* dan sudah menetap beberapa tahun. Penyebaran infeksi penyakit ini dapat melalui material penanaman dan sisa-sisa tanaman pertanian yang terserang penyakit. Kondisi yang dapat mendukung tumbuhnya *Fusarium* ini yaitu daerah dengan temperatur yang tinggi. Contoh tanaman *strawberry* yang terserang kapang patogen *Fusarium* pada bagian pangkal batang utama (Gambar 5). Menurut Semangun (2003) spora dari *Fusarium oxysporum* yang menempel dan menembus akar tanaman

strawberry dapat berkecambah membentuk miselium yang ada di antara sel-sel pada kulit dan jaringan parenkim yang ada di dekat tempat terjadinya infeksi. Menurut Gaumann dan Jaag (1947) dalam Mukarlina dkk. (2010) infeksi *Fusarium oxysporum* pada jaringan akar dapat mengakibatkan adanya perubahan warna sel tanaman menjadi coklat. Perubahan warna menjadi coklat diakibatkan adanya toksin yang dikeluarkan oleh *Fusarium* yaitu *pektinmetilesterase* (PME) dan *depolimerase* (DP). Enzim PME dan DP dapat memecah *fenol* dari rantai pektin tanaman inang. *Fenol* yang berukuran sangat kecil ini dapat terbawa arus pada sistem transportasi tanaman. Jumlah *fenol* yang terlalu banyak pada sistem transport dapat mengakibatkan adanya penyumbatan transport nutrisi dan beberapa unsur hara lainnya pada daun, sehingga tanaman menjadi layu dan sulit untuk berbuah.



(Ullio, 2004)

Gambar 5. Batang utama tanaman *strawberry* yang terserang kapang *Fusarium oxysporum*

2.2.9 *Phytophthora crown rot*

Phytophthora crown rot merupakan salah satu penyakit yang dapat menyerang tanaman *strawberry* (Gambar 6). Penyakit ini disebabkan oleh adanya kapang patogen *Phytophthora nicotianae*. Penyakit ini dapat menyerang bagian tanaman secara luas, terutama pada bagian akar tanaman. Tanaman *strawberry* yang terserang akan memiliki ciri daun mudanya layu secara mendadak dan penyebarannya sangat cepat. Pengaruh dari *Phytophthora* dapat menyebabkan tanaman menjadi roboh dan akan mati dalam waktu beberapa hari. Pada bagian

ujung tanaman akan menampakkan warna merah kecoklatan dan menunjukkan tanda-tanda kebusukan yang biasanya dimulai dari bagian ujung. Gejala adanya serangan penyakit ini dapat diketahui beberapa hari setelah penanaman atau saat musim semi pada tanaman yang stres. Pengaruh patogen *Phytophthora* ini memiliki ciri yang hampir sama dengan tanaman *strawberry* yang terserang *Fusarium*. Sumber infeksi berasal dari material tanam atau tanah yang berasal dari pengomposan tanaman. Kondisi yang mendukung dari infeksi penyakit ini adalah daerah yang tanahnya cenderung tidak basah, temperatur yang tinggi dan tanah berada dalam kondisi stres kelembaban.

Menurut Michael (2008) *Phytophthora* dapat bertahan dalam tanah pada waktu yang lama dalam bentuk oospora. Oospora dapat berkecambah membentuk miselia sehingga dapat menghasilkan spora. Spora yang dihasilkan adalah spora infeksi yang disebut dengan zoospora. Zoospora dapat menginfeksi tanaman melalui stomata dengan membentuk *appressorium* terlebih dahulu. Menurut Coffey dan Wilson (1983) dalam Dono dkk.(2010) infeksi *Phytophthora* dapat terjadi di tiga tempat, yaitu melalui stomata, dinding sel penjaga stomata dan sel epidermis. Sebagian besar infeksi terjadi dengan cara melakukan penetrasi dinding sel di dekat stomata.



(Ullio, 2004)

Gambar 6. *Phytophthora* yang menyerang tanaman *strawberry*

2.3 Bahaya Penggunaan Pestisida

Pestisida merupakan substansi yang dapat digunakan untuk meracuni/membunuh hama (hewan pengerat, serangga, kapang, rumput liar) pada wilayah dengan segala temperatur. Sejak perang dunia kedua, penggunaan bahan aktif pestisida diestimasikan mencapai 660 juta pound pada tahun 1993 (Aspelin, 1994 dalam Pedersen, 1997). Tanpa adanya penanggulangan secara serius, residu pestisida ini dapat mencemari persediaan air tanah. Menurut hasil survey di Amerika Serikat, sekitar 50% penduduk di Amerika mendapatkan air minum dari sumber air tanah dan 95% berada pada wilayah pertanian yang menggunakan sumber air tanah untuk air minum. Penggunaan pestisida pada bidang pertanian dapat mencemari baik permukaan maupun dasar sumber air utama pertanian. Selain itu penggunaan pestisida juga sering kali ditemukan untuk penyemprotan pada lapangan golf, area hutan, sepanjang pinggir jalan, daerah subperkotaan maupun daerah perkotaan (Pedersen, 1997).

Kasus pencemaran pestisida di Indonesia juga berasal dari lahan pertanian sawah. Pestisida yang disemprotkan akan jatuh dan masuk kedalam air sehingga dapat mencemari perairan. Dua juta orang dilaporkan menderita keracunan dan 40.000 diantaranya berakibat fatal. Tahun 1976-1986 tercatat 2.075 orang dan 236 orang diantaranya meninggal dunia (Suprpta, 2005 dalam Sudewa dkk., 2008). Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Ardieinata dan Djazuli (1992) dalam Kardinan (2011) residu insektisida seperti organoklorin, heptaklor, endrin, dieldrin, dan endrin masih ditemukan setelah 25 tahun aplikasi. Senyawa berbahaya tersebut dapat menimbulkan cacat lahir, kerusakan syaraf, dan mutasi genetik. Selain itu pestisida juga mengakibatkan 1,4 juta kasus kanker diseluruh dunia.

Hasil penelitian Ekaputri (2001) menyatakan bahwa perairan Sungai Ciliwung – Jawa Barat yang mengalir melewati daerah Bogor, Depok dan Jakarta mengandung residu insektisida endosulfan dengan konsentrasi berkisar antara 0,7 – 4,0 $\mu\text{g/L}$. Menurut Taufik dkk. (2003) perairan tambak dan saluran irigasi di Kabupaten Brebes – Jawa Tengah telah tercemar oleh insektisida endosulfan yang berasal dari limbah pertanian dan perkebunan dengan konsentrasi secara berturut-turut sebesar 2,7 dan 3,2 $\mu\text{g/L}$. Pestisida yang masuk ke dalam perairan, terutama dari golongan klor-organik akan diserap oleh sedimen dasar perairan, plankton, algae, invertebrata perairan, tumbuhan air dan ikan (Edward, 1976 dalam Taufik dan Yosmaniar,

2010). Menurut Moese (2010) Beberapa kerugian dalam penggunaan pestisida dan herbisida:

2.3.1 Berbahaya bagi lingkungan dan tidak mampu dikontrol

Pestisida maupun herbisida tidak hanya berada menetap diwilayah penyemprotan, tetapi dapat terbawa udara. Saat bahan kimia tersebut jatuh ke dalam tanah, residu kimia yang dibawa dapat meresap dalam tanah. Residu kimia pestisida yang jatuh pada perairan dapat hanyut melalui sungai dan dapat mencemari laut. Keadaan ini nantinya dapat membahayakan dan mengganggu keseimbangan kehidupan biota laut. Matinya tumbuhan laut secara tidak langsung akan mengganggu kehidupan organisme lainnya, karena tumbuhan laut merupakan pemasok utama 80% oksigen dalam air.

Residu kimia baik pada pestisida maupun herbisida bekerja dengan baik, tetapi mekanisme kerjanya tidak selektif. Organisme yang bukan menjadi target dapat pula terbunuh jika berada didaerah bahan kimia tersebut disemprotkan. Residu kimia dari bahan ini juga dapat membunuh tumbuhan yang terkena semprotan. Selain itu bahan kimia ini juga dapat membunuh organisme yang bermanfaat untuk menjaga keseimbangan lingkungan.

2.3.2 Berbahaya bagi binatang

Residu kimia dari pestisida maupun herbisida yang tersimpan dalam sumber air dapat menyebabkan beberapa permasalahan pada hewan. Hewan-hewan darat maupun air yang terkena residu pestisida akan mengalami penurunan berat badan, rentan terhadap penyakit, steril, kehilangan keseimbangan dan efek terbutuk dapat menyebabkan kematian. Hal yang sama juga akan dialami oleh konsumen yang berada pada tingkatan yang lebih tinggi.

2.3.3 Berbahaya bagi manusia

Sistem imun pada manusia juga tidak mampu mengatasi permasalahan yang dialami oleh hewan-hewan, sehingga senyawa kimia pestisida yang masuk dalam tubuh manusia akan mengakibatkan kanker. Akumulasi residu kimia dalam tubuh juga dapat menyebabkan iritasi kulit maupun paru-paru.

2.3.4 Mahal

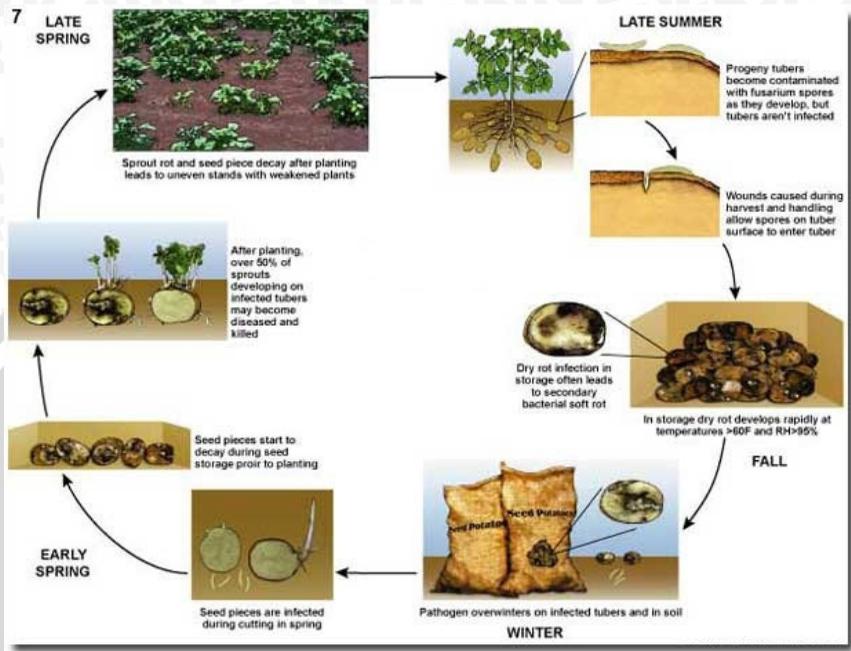
Penggunaan pestisida maupun herbisida dengan tujuan untuk memberantas serangan hama maupun patogen diperlukan pemikiran lebih dalam akan dampak yang akan terjadi jika penggunaannya

kurang tepat. Penggunaan bahan ini dapat dikatakan mahal. Selain biaya pembelian bahan kimia (pestisida maupun herbisida), perlu dipikirkan pula biaya pengkonservasian lingkungan ataupun biaya pemulihan baik hewan, tumbuhan maupun manusia jika mengalami hal-hal yang tidak diinginkan akibat residu kimia yang ditinggalkan oleh kedua bahan tersebut.

2.4 *Fusarium* sp.

Fusarium merupakan satu dari empat *Genus* kapang yang memiliki senyawa toksin paling tinggi selain *Aspergillus*, *Penicillium* dan *Alternaria*. Empat *Genus* kapang tersebut dapat menimbulkan *phytopathological* yang serius serta dapat memunculkan risiko *mycotoxicological* pada tanaman produk pangan saat sebelum dan setelah musim panen (Castoria dkk., 2008 dalam Tsitsigiannis dkk., 2012). *Fusarium* dan *Alternaria* sering kali diklasifikasikan sebagai kapang yang membutuhkan kelembaban yang tinggi pada inang untuk pertumbuhan dan untuk sintesis mikotoksin sebanyak lebih dari 20 % (Logrieco dkk., 2003 dalam Tsitsigiannis dkk., 2012).

Fusarium sp. mampu bertahan hidup dalam tanah hingga kurun waktu yang lama. Spora *Fusarium* yang terbentuk dapat mempertahankan diri dengan cara menginfeksi tanaman yang tumbuh sekitarnya dan menjadi patogen bagi tanaman tersebut. *Fusarium* dapat menginfeksi tanaman melalui akar maupun umbi tanaman. Umbi tanaman yang terinfeksi *Fusarium* tidak akan mampu bertahan hidup dalam waktu yang lama setelah tanam. Tanaman tidak akan terinfeksi spora *Fusarium* sp. bila tidak mengalami luka pada bagian akar atau umbi. Spora yang berhasil menembus pada akar atau umbi dapat menyebabkan busuk pada titik masuk (Wharton dan William, 2006).



(Wharton dan William, 2006)

Gambar 7. Siklus hidup *Fusarium* sp. pada kentang

Mikotoksin yang umumnya dimiliki oleh *Fusarium* ada tiga jenis, yaitu Trichothecenes, Zearalenone (ZEA) dan Fumonisin. Trichothecenes merupakan jenis racun yang dapat menyebabkan beberapa efek toksik pada hewan, seperti pendarahan, sindrom *haemorrhagic* yang ditandai dengan adanya pendarahan pada organ internal, immunosuppressi (leukopenia), gangguan sistem saraf, peradangan kulit, gangguan pencernaan dan sistem peredaran darah. Zearalenone (ZEA) merupakan jenis mikotoksin yang paling banyak dimiliki oleh *Fusarium*. ZEA sering kali ditemukan pada konsentrasi yang cukup tinggi pada komoditas pertanian, terutama pada tanaman jagung. ZEA memiliki efek estrogenik yang dapat menyebabkan gangguan reproduksi pada hewan ternak. Fumonisin merupakan jenis racun pada Genus *Fusarium* yang memiliki beberapa tipe. Tipe yang memiliki mikotoksin tertinggi adalah Fumonisin B1 (FB1) dan B2 (FB2). Kontaminasi FB1 pada bahan pangan dapat menyebabkan gangguan hati dan fungsi kekebalan tubuh pada hewan ternak (sapi), kinerja tubuh yang buruk pada unggas, dan lain-lain. Kontaminasi FB1 pada jagung juga merupakan penyebab utama kanker

esophagus pada manusia di Afrika, Cina dan Amerika(IARC, 1993 dalam Tsitsigiannis dkk., 2012).

Menurut Elis (2013) beberapa spesies dari *GenusFusarium* seperti *F. oxysporum*, *F. solani* and *F. moniliforme* dapat bersifat patogen pada manusia dan hewan yang dapat menyebabkan penyakit seperti keratitis, Onychomycosis dan Hyalohyphomycosis. Menurut Farlex (2013) keratitis merupakan peradangan pada kornea yang disebabkan karena adanya penyebaran darah pada kornea mata dan mata bagian lain. Menurut e-medicine health (2013) Onychomycosis merupakan penyakit pada kuku tangan dan kaki yang disebabkan karena terinfeksi jamur. Penyakit ini dapat menyebabkan kuku menjadi tebal, menghitam dan pecah. Menurut Elis (2013) Hyalohyphomycosis merupakan penyakit pada kulit yang dapat mengakibatkan kerusakan kulit yang ekstrim, terjadi infeksi dan pendarahan internal.

Fusarium memiliki struktur morfologi terdiri dari konidiofor berukuran pendek dan besekat, memiliki bentuk konidia yang simpel (tidak bercabang) yang terdiri dari struktur septa dan hialin serta terdapat *footcell*. Jenis konidia yang paling banyak dihasilkan oleh *Fusarium* adalah makrokonidia yang memiliki bentuk menyerupai bulan sabit. Pathogen ini memiliki dinding sel tipis dengan bentuk yang meruncing di bagian *apical cell*. Kapang ini memiliki dua sampai lima septa dengan ukuran 23-54 x 3-4.5 μm . Mikrokonidia yang dihasilkan dalam jumlah yang melimpah kebanyakan tidak berseptum, memiliki bentuk elips hingga silinder, dengan bentuk yang membengkok atau lurus dengan ukuran \pm 5-12 x 2.3-3.5 μm yang dapat lepas dari bagian ujung (tempat penempelan konidia pada ujung *phialides*) dari bagian monophialides yang pendek. *Clamidoconidia* juga biasanya diproduksi dalam jumlah yang melimpah, ada yang berbentuk tunggal dan ada pula yang berpasangan (Nelson, 1983 dan Sutton, 1998 dalam doctorfungus, 2007).

2.5 Mekanisme Antagonis *Trichoderma* sp. terhadap Patogen

Trichoderma merupakan salah satu jenis komponen penyusun mikroflora tanah yang dapat tumbuh secara alami diperakaran (rhizosfer) pada akar tanaman yang hidup. *Trichoderma* memiliki beberapa spesies, yang sering ditemukan di kawasan Indonesia antara lain *T. piluliferum*, *T. polysporum*, *T. hamatum*, *T. koningii*, *T. aureoviride*, *T. harzianum*, *T. longibrachiatum*, *T. pseudokoningii* dan *T. viride* (Rifa'i, 1996 dalam Purwantisari dan Rini, 2009).

Trichoderma berperan penting dalam menjaga kesehatan lingkungan tanah. Kapang ini merupakan komponen mikroflora yang dominan di lingkungan tanah dan dapat bertahan di semua jenis iklim (Klein, 1998 dalam Nohemidkk., 2012). Pernyataan Klein juga didukung oleh Gunawan (2003) dalam Purwantisari dan Rini(2009), dimana *Trichoderma* merupakan jamur/kapang saprofit yang berperan secara alami sebagai parasit yang menyerang kapang patogen (Agen pengendalian secara hayati) dengan area antagonisme yang luas. Mekanisme pengendalian hayati yang dimiliki oleh *Trichoderma* ini bersifat spesifik terhadap target dan dapat mempertahankan daerah perakaran tanaman dari serangan kapang patogen dengan cara membentuk koloni secara cepat (Arwiyanto, 2003 dalam Purwantisari dan Rini, 2009).

Agen pengendali (*Trichoderma*) ini memiliki interaksi positif terhadap tanaman tempat tinggal, yaitu dapat mempercepat pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil produksi tanaman (Arwiyanto, 2003 dalam Purwantisari dan Rini, 2009). Hal ini didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Mastouri dkk. (2010) dalam Badar dan Shamim (2012) spesies *Trichoderma* merupakan agen penahan stress abiotik pada tanaman. Mekanisme yang dilakukan oleh kapang ini yaitu dengan memicu peningkatan produksi akar sekunder (pada tanah bagian dalam). Akar sekunder yang dihasilkan akibat adanya pengaruh dari *Trichoderma* tersebut meningkatkan kapasitas penyimpanan air pada tanaman untuk menghindari tanaman dalam keadaan kekeringan.

Semua spesies pada *Genus* ini dapat digunakan sebagai agen biokontrol beberapa jenis kapang patogen dengan mekanisme mikoparasitisme (pelilitan miselia), mengeluarkan senyawa antibiosis, menghasilkan enzim pendegradasi dinding sel dan induksi gen resistensi pada tanaman inang dengan mengubah ekspresi gen dari tanaman (Pandya dan Saraf, 2010 dalam Badar dan Shamim, 2012). *Trichoderma* memiliki sifat *endophytic saprophytes* terhadap tanaman. Koloni kapang ini umumnya tumbuh pada permukaan akar atau daerah korteks tanaman inang (Harmandkk., 2004 dalam Badar dan Shamim, 2012). *Trichoderma* dapat memicu pertumbuhan kapang lain dengan menyediakan beberapa jenis nutrisi dan mineral Fe, N dan P untuk tumbuhan, memproduksi hormon pertumbuhan tanaman dan dapat mendegradasi materi organik (Kaewchai dkk., 2009 dalam Badar dan Shamim, 2012).

Menurut Harman (1998) dalam Ismail dan Andi (2010) beberapa mekanisme *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan kapang patogen yang bersifat tular tanah dapat dilakukan melalui:

1. Mikoparasitisme

Mikoparasitisme merupakan salah satu mekanisme yang dilakukan dengan cara menembuskan miselium *Trichoderma* ke dalam miselium patogen dan mengambil zat makanan, sehingga patogen akan mati.

2. Antibiosis

Trichoderma mampu menghasilkan antibiotik yang dapat merusak sel dari kapang patogen dengan mekanisme perusakan permeabilitas membran, mengganggu produksi enzim kitinase dan laminarinase sehingga dinding sel kapang patogen dapat lisis. Contoh antibiotik yang dihasilkan oleh *Trichoderma* antara lain *Alamaticin*, *Paracelsin* dan *Trichotoxin*.

3. Kompetisi

Metode ini dilakukan dengan cara memperebutkan tempat hidup dan bersaing untuk mendapatkan sumber makanan. Hal ini juga berkaitan dengan kecepatan pertumbuhan koloni dari kedua jenis kapang yang bersaing.

4. Intervensi hifa

Intervensi hifa merupakan salah satu mekanisme antagonis yang dilakukan oleh *Trichoderma*. Mekanisme ini dapat mengakibatkan adanya perubahan permeabilitas dinding sel pada kapang patogen, sehingga beberapa unsur kimia maupun partikel yang lain yang seharusnya tidak dapat menembus dinding sel akan dengan mudah masuk dalam selkapang patogen.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian tentang “Potensi *Trichoderma* sp. sebagai agenpengendali *Fusarium* sp. patogen tanaman *Strawberry* (*Fragaria* sp.)” ini dilakukan mulai bulan November 2012 hingga Mei 2013. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Universitas Brawijaya, Kota Malang dan Laboratorium Mikologi, Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Sub Tropika, Desa Tlekung, Kecamatan Junrejo, Kota Batu.

3.2 Isolasi *Trichoderma* sp.

Trichoderma sp. diisolasi dari tanah bagian rhizosfer tanaman *strawberry*. Sampel pertama diambil dari kebun *strawberry* Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Sub Tropika, Desa Sumberbrantas, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu dan sampel kedua dari kebun *strawberry* petani di Desa Pandan Rejo, Kota Batu. Sampel tanah diambil dengan cetok kecil dari tiga spot area rhizosfer yang berbeda, tetapi tetap dalam pot penanaman *strawberry* yang sama, kemudian dimasukkan dalam plastik yang telah diberi label. Sampel tanah didilusi hingga 10^{-5} . Serial dilusi dilakukan dengan perbandingan sampel tanah dan garam fisiologis 1:9, kemudian dihomogenkan. Homogenat 10^{-1} diambil satu ml dan dimasukkan dalam garam fisiologis 9ml, kemudian dihomogenkan lagi untuk mendapatkan serial dilusi 10^{-2} . Cara yang sama dilakukan sebanyak tiga kali untuk mendapatkan hasil dilusi hingga 10^{-5} . Suspensi sampel diambil 0,1 ml dan diinokulasikan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) yang telah diberi antibiotik *Streptomycin* 50 mg/L pada cawan petri, di bagian tepi cawan dibungkus dengan plastik. Koloni yang tumbuh dikarakterisasi dan dimurnikan hingga didapatkan biakan tunggal dari isolat *Trichoderma* sp hasil isolasi.

Isolat dimurnikan dengan metode monospora yang dimodifikasi dari metode yang dilakukan oleh Yuliarnidkk. (2010) biakan tunggal dimurnikan dengan cara mengambil 1 oose biakan kapang hasil isolasi yang disuspensikan dengan aquades pada *object glass*. Suspensi konidia digoreskan pada media PDA di cawan petri pada suhu ruang selama 10-18 jam. Biakan konidia yang tumbuh diamati dengan mikroskop stereo binokular dan setiap konidia tunggal yang berkecambah diambil dengan jarum enten untuk dipindahkan pada media PDA yang baru yang

mengandung antibiotik streptomisin 50 mg/Luntuk dijadikan sebagai stok biakan *Trichoderma* sp.

3.3 Isolasi *Fusarium* sp.

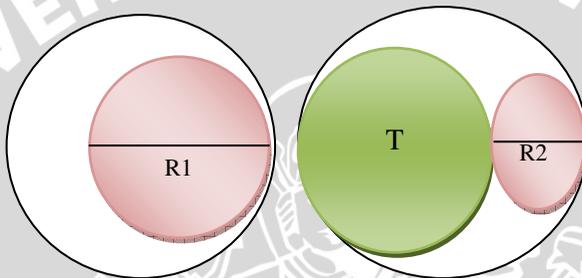
Fusarium sp. diisolasi dari bagian tanaman *strawberry* yang mengalami gejala Layu *Fusarium*. Bagian tanaman tersebut disayat (1 x 1 x 1) cm meliputi 50 % bagian yang sehat dan 50 % bagian yang mengalami gejala layu *Fusarium*. Potongan tanaman dimasukkan ke dalam 3 gelas yang secara berurutan berisi aquades; alkohol 70 %; aquades (masing-masing selama satu menit), diletakkan pada media PDA yang sudah mengandung antibiotik streptomisin 50 mg/L, dibagian tepi cawan petri dibungkus plastik, diberi label dan diinkubasi dengan suhu $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Biakan *Fusarium* sp. dibiakan dan dimurnikan dengan metode (*monospora*) modifikasi dari metode Yuliarni dkk. (2010) sama dengan pemurnian biakan tunggal yang dilakukan pada isolat *Trichoderma* sp. Koloni *Fusarium* sp. dimurnikan dengan diambil konidia dengan oose, kemudian disuspensikan pada aquades steril. Suspensi konidia digoreskan pada media PDA baru dan diinkubasi selama 10-18 jam pada suhu ruang. Konidia yang berkecambah diamati dengan mikroskop stereo binokular. Koloni tunggal yang berkecambah diambil dengan enten untuk dipindahkan pada media PDA baru yang mengandung 50 mg/L antibiotik streptomisin. Biakan tunggal yang tumbuh diinkubasi dan disimpan untuk dijadikan sebagai stok *Fusarium* sp.

3.4 Karakterisasi mikroskopis *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* sp.

Trichoderma dan *Fusarium* di karakterisasi secara mikroskopis dengan pembuatan preparat apus. Preparat apus dibuat dengan mengambil sebagian biakan kapang dengan jarum enten dan diletakkan pada *slide glass* bersih yang telah ditetesi *Methylen Blue* (MB). Biakan kapang yang telah ditetesi MB pada *slide glass* ditutup dengan *cover glass*. Preparat difiksasi dengan cara dilewatkan api dengan cepat hingga media yang ikut terambil hilang/mencair. Preparat apus yang dibuat, diamati dengan mikroskop pada perbesaran 100 kali hingga 1000 kali. Hasil pengamatan difoto sebagai hasil dokumentasi. Karakter *Trichoderma* dan *Fusarium* yang didapat dibandingkan dengan karakter isolat acuan dan dianalisis nilai similaritas antar isolat dengan program *NTS_{sys} for PC versi 2.0*.

3.5 Uji Antagonisin *vitro* antara *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* sp.

Uji Antagonis *invitro* dilakukan dengan dua metode yaitu metode *dual* kultur dan metode *slide* kultur. Metode uji *dual* kultur dimodifikasi dari metode yang dilakukan oleh Singh dan Vijay (2011). Biakan isolat *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* sp. pada bagian tepi koloni yang sudah berkonidia diambil dengan bantuan *cork borer* diameter 5 mm dan jarum enten. Kedua jenis kapang yang dicuplik ditumbuhkan berdampingan pada media PDA baru yang mengandung *Streptomycin* 50 mg/L dalam cawan petri dengan jarak ± 3 cm. Cawan perlakuan *dual* diinkubasi pada temperatur 25 ± 2 °C dan diukur diameter koloni selama 7 hari.



Gambar 8. Metode *Dual* Kultur
 R1 & R2 = Perlakuan *Fusarium* sp. ; T = *Trichoderma* sp.

Pengaruh antagonisme *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan kapang patogen dapat diketahui dengan rumus penghitungan PIRG (*Percentage Inhibition of Radial Growth*) (Singh dan Vijay, 2011).

$$\text{PIRG (\%)} = \frac{R_2}{R_1} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (1)$$

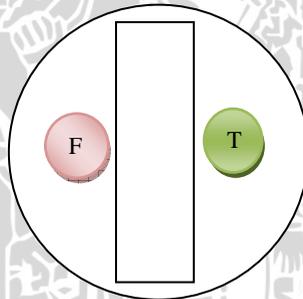
Keterangan :

- PIRG = *Percentage Inhibition of Radial Growth* (% hambat)
- R1 = diameter patogen tanpa antagonis (kontrol)
- R2 = diameter patogen dengan antagonis (*dual* kultur)

Uji antagonis *dual* kultur diamati pada perlakuan antagonis dengan kombinasi kapang patogen yang ditumbuhkan bersamaan dengan kapang antagonis (*Fusarium* dan *Trichoderma*) dan kontrol yang hanya ditumbuhkan satu jenis kapang patogen (*Fusarium*). Masing-masing koloni dibuat sebanyak tiga ulangan. Hasil uji antagonis *dual* kultur dianalisis dengan analisis *One-Way Anova* pada program *SPSS* for

Windows Release versi 16.0. menggunakan rancangan percobaan acak lengkap (RAL).

Uji antagonis *slide* kultur dilakukan dengan metode yang sama dengan uji antagonis dual kultur, diberi *slide glass* pada bagian tengah cawan petri sebelum dituangkan media PDA yang akan memadat. Isolat *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* sp. yang dicuplik dengan bantuan *cork borer* dan jarum enten diposisikan berlawanan di luar posisi *slide glass* yang tersusun dengan jarak antar koloni 3 cm. Koloni yang telah disusun jaraknya, diinkubasi selama ± 7 hari pada temperatur 25 ± 2 °C. Pengamatan intervensi antar kedua hifa dilakukan saat terjadi kontak miselium antar kedua koloni kapang yang dilakukan \pm hari ke-7. Pengamatan dilakukan dengan mengambil *slide glass* beserta media tempat terjadinya kontak kedua hifa kapang, ditetesi dengan MB dan ditutup dengan *cover glass*. Kontak kedua hifa diamati dengan mikroskop mulai dari perbesaran lemah hingga perbesaran yang lebih tinggi. Hasil pengamatan difoto untuk dijadikan sebagai dokumentasi.



Gambar 9. Metode *slide* Kultur

P = koloni *Fusarium* sp.; T = *Trichoderma* sp.

Pengukuran tingkat mikoparasitisme dari *Trichoderma* sebagai agen hayati terhadap *Fusarium* sp. diadopsi dari metode Dennis dan Webster (1971) dalam Sudantha dan Abdul (2011). Skor pengukuran mikoparasit (Daya lisis) *Trichoderma* sebagai agen hayati diukur dengan ketentuan (Tabel 2).

Tabel 2. Tingkat mikoparasit *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp.

Tingkatan lisis pada hifa	Skor
Hifa patogen lisis 0 % (tidak lisis)	0
Hifa patogen lisis ± 25 %	1
Hifa patogen lisis ± 50 %	2
Hifa patogen lisis ± 90 %	3

Keterangan:

- Skor (+1) apabila hifa Patogen mengalami pengecilan dibanding ukuran hifa normal
- Sebaliknya, apabila hifa Antagonis mengalami pengecilan dibanding ukuran hifa normal sebesar 10% skor (-1/2) dan 25 % skor (-1)

Perlakuan uji *in vitro* slide kultur ini dibuat dengan mengkombinasikan antara antagonis yang didapatkan dari hasil isolasi dengan kapang patogen hasil isolasi *Trichoderma* sp. yang memiliki tingkat mikoparasitisme paling tinggi (skor tertinggi) digunakan untuk uji *in vivo*.

3.6 Uji Antagonis secara *in vivo* antara *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* sp.

Uji antagonis secara *in vivo* dilakukan menurut Rancangan Acak Kelompok (RAK) dan dianalisis dengan analisis *One-Way Anova* pada program *SPSS for Windows Release versi 16.0*. Uji Antagonis *in vivo* ini dilakukan dengan membuat suspensi *Trichoderma* sp. sebagai biofungisida. Suspensi *Trichoderma* dibuat dengan menuangkan 10 ml aquades pada koloni *Trichoderma* sp. yang ditumbuhkan pada media PDA yang siap diaplikasikan. Setelah itu koloni disaput dengan kuas kecil/kapas lidi (*cotton bud*) untuk memisahkan koloni dengan media, kemudian didiamkan selama 5 menit. Suspensi spora kemudian dimasukkan dalam erlenmeyer dan ditambahkan aquades steril hingga volume mencapai 100 ml. Suspensi spora digojog untuk memisahkan spora dengan hifanya. Suspensi spora disaring terlebih dahulu dengan penyaring. Konsentrasi konidia pada suspensi dihitung dengan haemositometer.

Dosis suspensi *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* sp. yang digunakan untuk aplikasi pada penelitian ini dimodifikasi dari metode Iriartedkk. (2011) dengan ketentuan dosis tular untuk skala skala tinggi 10^8 konidia ml^{-1} . Suspensi spora yang siap diaplikasikan diambil 20 μl dengan mikropipet untuk dihitung kerapatan konidianya. Penghitungan kerapatan konidia dilakukan dengan *haemositometer* menggunakan rumus 2 menurut Sulistyorini dkk. (1995 dalam Dewi, 2012).

$$K = \frac{(t \times d)}{(n \times 4)} \times 10^6 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- K = jumlah konidia
- t = total spora dalam semua kotak hitung
- d = faktor pengenceran
- n = jumlah semua kotak yang dihitung

Rancangan uji *in vivo* dilakukan sebanyak tiga ulangan dengan jumlah unitmasing-masing ulangansebanyak empat tanaman. Pengujian dilakukan pada tanaman *strawberry* varietas California dan varietas Santung. Kombinasi waktu penularan yang digunakan antara lain:

1. Tanaman *strawberry* yang diinokulasikan dengan aquades saja (F_0T_0).
2. Tanaman *strawberry* yang diinokulasikan dengan inokulum *Fusarium* saja (F_1T_0).
3. Tanaman *strawberry* yang diinokulasikan dengan inokulum *Trichoderma* saja (F_0T_1).
4. Tanaman *strawberry* yang diinokulasikan dengan *Fusarium* terlebih dahulu dibandingkan dengan *Trichoderma* dengan jarak waktu penginokulasian selama 3 hari (F_1T_1).
5. Tanaman *strawberry* yang diinokulasikan dengan *Trichoderma* terlebih dahulu dibandingkan dengan *Fusarium* dengan jarak waktu penginokulasian selama 3 hari (T_1F_1).
6. Tanaman *strawberry* yang diinokulasikan dengan *Trichoderma* dan *Fusarium* pada waktu yang bersamaan (FT).

Parameter pengamatan uji *in vivo* yang dilakukan tiap minggu antara lain persen (%) gejala serangan *Fusarium*, jumlah batang dan daun. Intensitas infeksi penyakit pada tanaman *strawberry* yang disebabkan oleh patogen dalam uji *in vivo* dicatat dengan menggunakan metode skoring. Skor yang dibuat dalam penelitian ini antara lain 0 = sehat, 1 = ≤ 10 % gejala layu *Fusarium*, 2 = 11-25%gejala layu *Fusarium*, 3 = 26-50 % gejala layu *Fusarium*, 4 = > 50 % (tanaman mati).Jumlah skor yang didapat digunakan untuk perhitungan jumlah intensitas serangan *Fusarium* pada tanaman coba dengan rumus 3 menurut perhitungan (Nurhayati, 2011).

$$I = \frac{\Sigma (n \times V)}{Z \times N} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

I = intensitas serangan

n = jumlah bagian tanaman mengalami gejala layu *Fusarium*

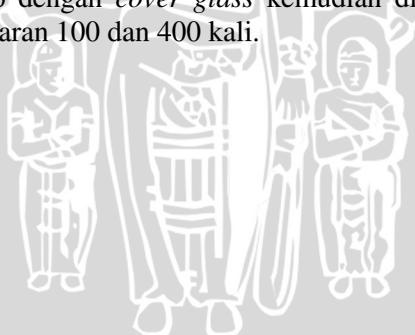
V = nilai skor pada tiap bagian tanaman yang terserang layu *Fusarium*

Z = nilai skor tertinggi

N = jumlah bagian tanaman yang diamati dalam satu polybag

3.7 Pengamatan Jaringan Akar yang Terinfeksi Kapang Patogen

Jaringan akaryang terinfeksi penyakit layu *Fusarium* didiagnosis dan dibandingkan dengan jaringan akar yang sehat. Akar yang terinfeksi penyakit layu *Fusarium* dan akar yang sehat dibuat preparat. Preparat pada kedua jenis akar dibuat dengan metode yang sama. Akar tanaman *strawberry* diapitkan diantara gabus untuk menetapkan posisi sampel dan tidak merubah struktur. Akar yang sudah terapat gabus disayat setipis mungkin dengan silet tajam, kemudian sayatan diletakkan pada cawan steril yang berisi aquades steril dengan bantuan kuas kecil. Irisan akar yang telah dibuat diambil dengan kuas yang sama, diletakkan pada *slide glass* dan ditutup dengan *cover glass* kemudian diamati dengan mikroskop pada perbesaran 100 dan 400 kali.

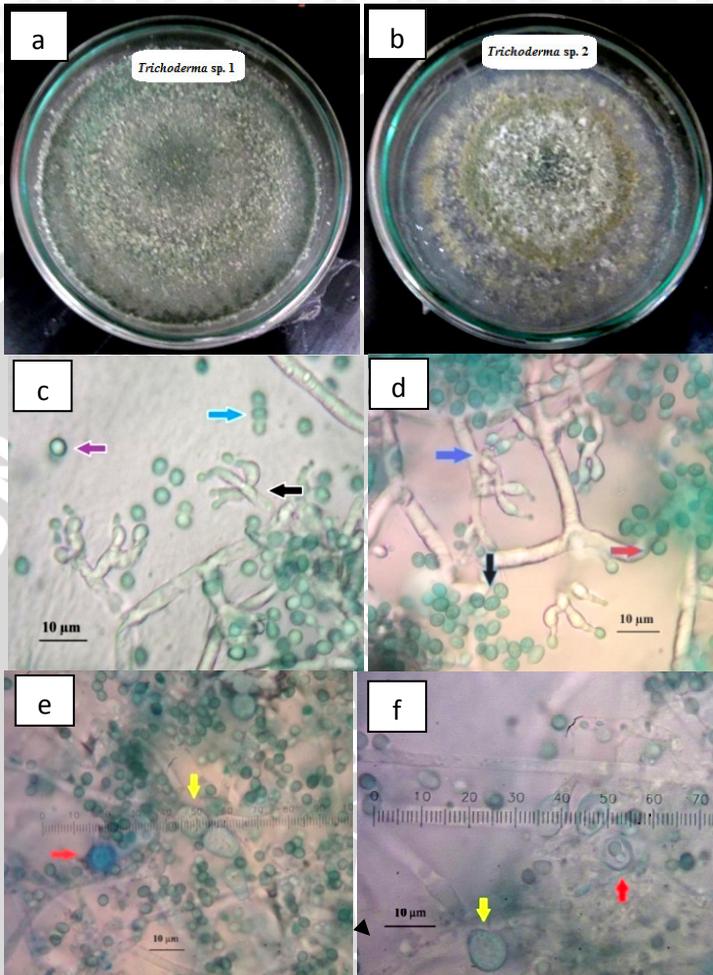


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik *Trichoderma* Hasil Isolasi

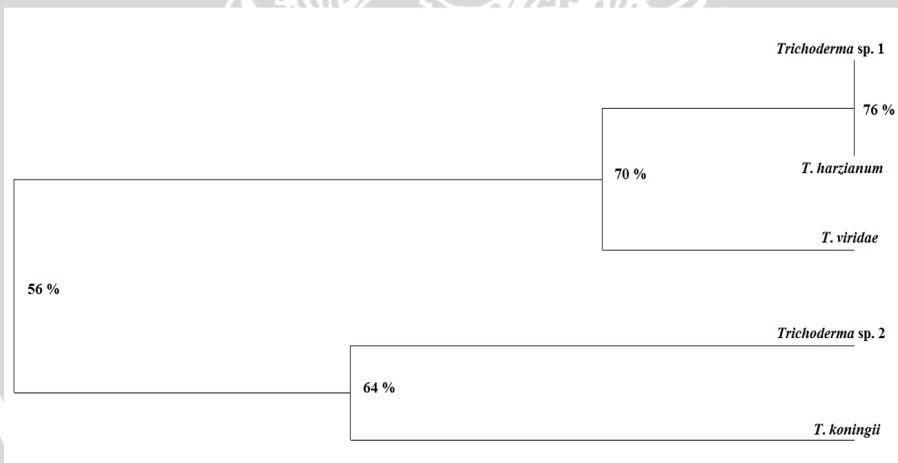
Kapang antagonis diisolasi dari sampel tanah, sedangkan kapang patogen diisolasi dari sampel tanaman *strawberry* yang mengalami gejala Layu *Fusarium*. Kapang antagonis yang dipilih pada penelitian ini adalah kapang antagonis yang berasal dari *Genus Trichoderma*. Isolat kapang dari sampel tanah yang dimurnikan adalah isolat kapang yang memiliki ciri morfologi koloni serupa dengan koloni kapang yang berasal dari *Genus Trichoderma*. Isolat kapang yang mirip dengan *Trichoderma* sp. yang ditemukan ada dua jenis koloni yang berbeda, masing-masing diberi kode *Trichoderma* sp. 2 dan *Trichoderma* sp. 1. Keduanya didapatkan dari hasil isolasi sampel tanah wilayah Pandan rejo (Lampiran 2).

Isolat *Trichoderma* sp. 1 memiliki morfologi koloni (Gambar 10a) dengan bentuk koloni berserabut (*Filamentous*), margin koloni bercabang (*Branching*), elevasi cembung (*Convax*), koloni tebal dan jumlah konidia cukup banyak. Warna koloni dominan berwarna hijau tua. Isolat *Trichoderma* sp. 1 memiliki 2 bentuk konidia. Ukuran konidia isolat ini rata-rata lebih kecil dibandingkan dengan konidia isolat *Trichoderma* sp. 2, yaitu berkisar antara 3-4 μm . Hifa bercabang dengan sekat hifa yang tipis, memiliki tangkai konidia (*Konidiofor*) yang bercabang. Klamidokonidia yang dimiliki isolat ini berbentuk dua jenis, yaitu bulat dan oval dengan ujung agak meruncing. Klamidokonidia yang berbentuk bulat memiliki dua lapis, sedangkan bentuk Klamidokonidia lainnya berlapis satu. Hasil pengamatan mikroskopis dari kedua jenis isolat antagonis yang berhasil diisolasi diduga berasal dari *Genus Trichoderma*. Menurut Dewi (2012) *T. viridae* memiliki bentuk konidia bulat, sedangkan *T. koningii* dan *T. harzianum* memiliki bentuk konidia oval. Ketiga jenis isolat acuan ini berukuran antara 3,5-4,1 μm , memiliki hifa dan konidiofor yang bercabang dan dapat membentuk Klamidokonidia (Lampiran 3).



Gambar 10. Isolat *Trichoderma* sp. pada media PDA inkubasi 7 hari pada suhu 27°C. a) Isolat *Trichoderma* sp. 1; b) Isolat *Trichoderma* sp. 2; c) Isolat *Trichoderma* sp. 1 mikroskopis, konidia bulat (panah ungu), konidia oval (panah biru), percabangan konidiofor (panah hitam); d) Isolat *Trichoderma* sp. 2 mikroskopis, konidia bulat (panah merah), konidia oval (panah hitam), percabangan konidiofor (panah biru); e). isolat *Trichoderma* sp. 1 mikroskopis, Klamidokonidia lapis satu (panah kuning), Klamidokonidia lapis dua (panah merah); f). Isolat *Trichoderma* sp. 2, Klamidokonidia lapis satu (panah kuning) dan Klamidokonidia lapis dua (panah merah). (c-f) perbesaran 1000x; bar = 10 μm

Karakteristik dari isolat *Trichoderma* sp. 2 yang ditumbuhkan pada media PDA dengan suhu inkubasi 27 °C selama 7 hari memiliki ciri morfologi koloni (Gambar 10b). Bentuk koloni dari isolat *Trichoderma* sp. 2 adalah berserabut (*Filamentous*), margin bercabang (*Branching*), elevasi koloni berlekuk (*Crateriform*), koloni terlihat tipis dengan jumlah konidia yang sangat banyak dan koloni terlihat dengan warna dominan hijau kekuningan. Ciri mikroskopis isolat *Trichoderma* sp. 2 memiliki dua macam bentukan konidia yang berwarna hijau gelap kekuningan, yaitu konidia berbentuk bulat dan oval dengan ukuran 3-5 µm. Hifa bercabang, bersekat tipis dan memiliki tangkai konidia (*Konidiofor*) bercabang. Klamidokonidia yang dimiliki oleh isolat *Trichoderma* sp. 2 ini berbentuk agak oval dengan ujung agak meruncing dan memiliki dua jenis yaitu Klamidokonidia berlapis satu dan berlapis dua. Menurut Gandjar dkk. (1999) dalam Ismail dan Andi (2010) miselia koloni *Trichoderma* yang sudah tua dapat membentuk Klamidokonidia. Klamidokonidia yang diproduksi oleh *Trichoderma* memiliki bentuk bulat, ber dinding halus, berwarna hialin dan terletak pada bagian interkalar ada pula letaknya dibagian terminal.



Gambar 11. Konstruksi dendrogram antar isolat *Trichoderma* sp. dan isolat acuan

Nilai similaritas antar isolat *Trichoderma* dibandingkan dengan tiga jenis isolat *Trichoderma* acuan dianalisis menggunakan program *NTSYS for PC versi 2.0*. Hasil analisis (Gambar 11) menunjukkan bahwa isolat *Trichoderma* sp. 1 memiliki kemiripan dengan isolat *Trichoderma*

harzianum sebesar 76 %. Isolat *Trichoderma* sp. 1 dan *Trichoderma harzianum* memiliki tingkat kemiripan dengan *Trichoderma viridae* sebesar 70 %. Sedangkan *Trichoderma* sp. 2 cenderung lebih mirip dengan *Trichoderma koningii*. Menurut Dewi (2012) *Trichoderma harzianum* memiliki kemiripan dengan *Trichoderma viridae* sebesar 88 %. Sedangkan *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma viridae* memiliki nilai kemiripan sebesar 57 %. Perbedaan hasil analisis nilai similaritas ini dimungkinkan terjadi karena jumlah karakter yang dibandingkan lebih sedikit, sehingga memunculkan nilai similaritas yang lebih kecil pula pada hasil akhir. Menurut Henry dkk. (2000) antarisolat dapat dikatakan berada dalam satu genus apabila hasil analisis similaritas antar isolat tersebut memiliki nilai similaritas 89-99 %. Isolat dapat dikatakan berada dalam satu spesies yang sama apabila nilai similaritasnya 99 %, sedangkan isolat yang berada dalam satu spesies dan strain yang sama memiliki nilai similaritas 100 %.

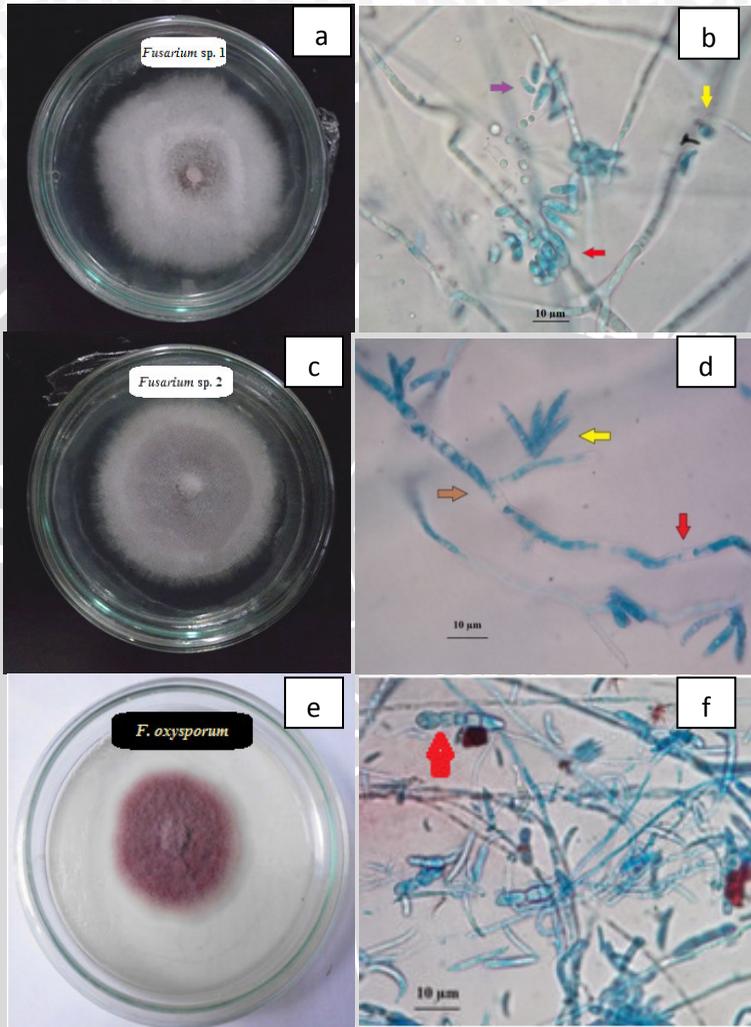
Menurut Purwantisari dan Rini (2009) *Trichoderma* termasuk dalam jamur saprofit tanah yang bersifat antagonis yang sangat penting dalam pengendalian hayati beberapa jenis penyakit tanaman. *Trichoderma* dapat disimpan dalam waktu yang lama dan mudah dibiakkan secara massal serta dapat diaplikasikan sebagai agen hayati dalam bentuk suspensi sebagai campuran kompos maupun dalam bentuk *seed furrow* dalam bentuk tepung atau granular (butiran). Penyimpanan konidia *Trichoderma* jangka panjang dapat dilakukan dengan metode *cryopreservasi* pada nitrogen cair dengan suhu $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. *Trichoderma* berperan sebagai hiperparasit pada beberapa jenis jamur penyebab penyakit pada tanaman. Mekanisme pengendalian yang dimiliki *Trichoderma* bersifat spesifik target dengan cara membentuk koloni besar dengan waktu yang singkat pada rhizosfer tanaman inang. Koloni *Trichoderma* yang terbentuk mampu melindungi daerah perakaran tanaman dari serangan kapang patogen, meningkatkan hasil produksi tanaman dan dapat mempercepat pertumbuhan tanaman. Menurut Pandya dan saraf (2010) dalam Badar dan Shamim (2012) *Trichoderma* memiliki kemampuan dalam mengubah ekspresi dari gen tanaman, sehingga tanaman inang dapat memproduksi suatu senyawa yang digunakan sebagai pertahanan tanaman terhadap serangan patogen yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman.

4.2 Karakteristik *Fusarium* Hasil Isolasi

Kapang patogen yang dipilih untuk penelitian ini adalah kapang penyebab penyakit Layu *Fusarium* yang berasal dari Genus *Fusarium*.

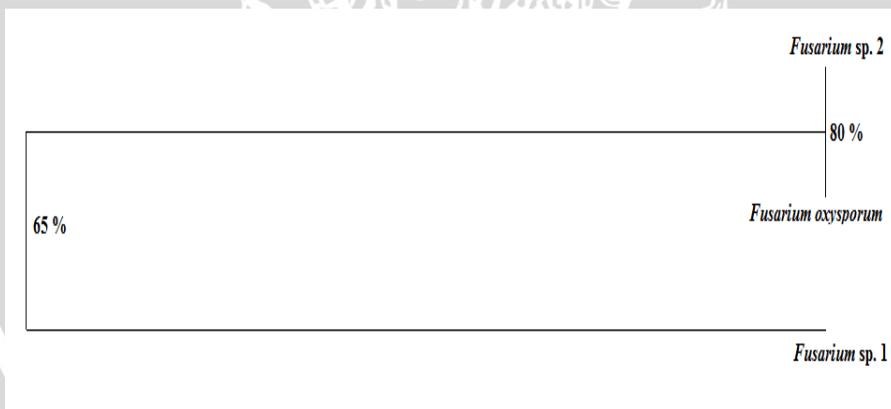
Isolat patogen didapatkan dari hasil pemurnian isolasi bagian tanaman *strawberry* yang mengalami gejala layu *Fusarium* yang memiliki struktur koloni mirip dengan koloni kapang yang berasal dari Genus *Fusarium*. Isolat kapang patogen yang ditemukan ada 2 jenis isolat yang berbeda dengan kode *Fusarium* sp. 2 dan *Fusarium* sp. 1. Isolat kapang *Fusarium* sp. 2 berasal dari sampel akar tanaman *strawberry* yang diambil dari daerah Sumber brantas. Isolat kapang *Fusarium* sp. 1 berasal dari sampel akar tanaman *strawberry* di daerah Pandan rejo (Lampiran 2).

Isolat *Fusarium* sp. yang diisolasi dari sampel akar tanaman *Strawberry*, dimurnikan dengan metode monospora dan ditumbuhkan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dengan suhu 28°C selama 7 hari. Isolat *Fusarium* hasil isolasi dibandingkan dengan isolat *Fusarium oxysporum* acuan (Lampiran 4). Isolat *Fusarium* sp. 1 yang diisolasi dari sampel akar tanaman *strawberry* daerah pandan rejo (Gambar 12a) memiliki bentuk koloni melingkar menuju ke arah pusat (*Concentric*). Tepi koloni (*Margin*) berbentuk seperti benang (*Tread-like*) dan tipe permukaan koloni (*Elevasi*) berbentuk cembung (*Convex*). Koloni dominan berwarna putih keunguan dan garis radial tidak terlihat dengan jelas. Ciri mikroskopis isolat *Fusarium* sp. 1 (Gambar 12b) memiliki tiga macam bentuk konidia sama seperti isolat *Fusarium* sp. 2, yaitu bentuk bulat (*blastokonidia*), lonjong (*Mikrokonidia*) dan bulan sabit (*Makrokonidia*) dengan ukuran antara 3-15 μm . Mikrokonidia dan makrokonidia memiliki stuktur sekat (*septa*) seperti halnya pada sekat yang terdapat pada hifa. Isolat *Fusarium* sp. 1 ini juga dapat membentuk Klamidokonidia jika tumbuh dalam lingkungan yang kurang sesuai, seperti keterbatasan suplay nutrisi dalam cawan petri (*in vitro*) ataupun kondisi kelembaban lingkungan yang kurang sesuai (*in vivo*). Sastrahidayat (1992) dalam Nurasih (2011) pada koloni yang sudah tua, kapang *Fusarium* dapat membentuk Klamidokonidia bersel satu, jorong ataupun berbentuk bulat. Klamidokonidia ini seringkali ditemukan di tengah hifa maupun makrokonidia. Klamidokonidia yang terbentuk ada yang tunggal, ada pula yang berpasangan. Ukuran dari Klamidokonidia *Fusarium* berkisar antara 7-13 x 7-8 μm .



Gambar 12. Isolat *Fusarium* sp. pada media PDA inkubasi 7 hari pada suhu 27°C. a) isolat *Fusarium* sp. 1; b)Isolat *Fusarium* sp. 1 mikroskopis, blastokonidia (panah kuning), mikrokonidia (panah ungu), makrokonidia (panah merah); c) Isolat *Fusarium* sp. 2; d)Isolat *Fusarium* sp. 2 mikroskopis, septa hifa (panah merah), sel basal (panah orange), makrokonidia (panah kuning); e). acuan *Fusarium oxysporum*; f).*Fusarium oxysporum* mikroskopis, makrokonidia (panah merah), (b, d, f)dengan perbesaran 1000x; bar = 10 µm

Isolat *Fusarium* sp. 2 memiliki ciri morfologi (Gambar 12c) dengan bentuk koloni yang melingkar menuju ke arah pusat (*Concentric*), margin koloni seperti benang (*Tread-like*) dengan tipe elevasi menaik (*Raised*). Warna koloni terlihat dominan ungu dengan garis radial pada koloni dengan warna yang semakin gelap ke arah dalam. Ciri mikroskopis dari isolat *Fusarium* sp. 2 (Gambar 12d) dilihat dengan mikroskop binokular olympus tipe CX21FS1 pada perbesaran 1000 kali diketahui memiliki bentuk konidia tiga macam, yaitu bentuk bulat (*blastokonidia*), bentuk lonjong (*Mikrokonidia*) dan bentuk bulan sabit (*Makrokonidia*). Mikrokonidia isolat ini memiliki satu sekat (*Septa*), sedangkan makroknidia memiliki lebih dari satu *septa*. Ukuran konidia berkisar antara 4-19 μm . Hifa yang dimiliki oleh isolat ini bersekat tipis dan bercabang serta memiliki konidiofor yang sederhana (*simple*). Isolat *Fusarium* sp. 2 dapat membentuk struktur Klamidokonidia yang berbentuk bulat dengan dinding yang tebal. Menurut Nurasih (2011) isolat kapang *Fusarium* yang ditumbuhkan pada media PDA memiliki ciri miselium berwarna putih dan seakin tua akan berubah menguning bahkan hingga membentuk warna krem. Beberapa isolat *Fusarium* juga dapat membentuk pigmen warna merahmuda agak ungu, biru, merah ataupun ungu dalam keadaan tertentu.



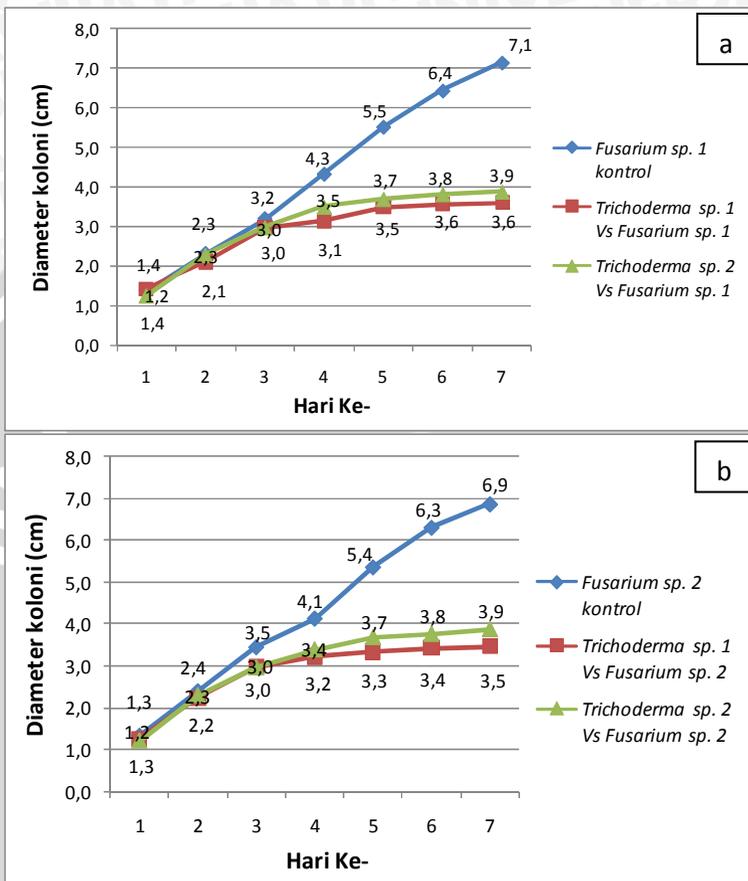
Gambar 13. Konstruksi dendrogram antar isolat *Fusarium* sp. dan isolat acuan *Fusarium oxysporum*

Hasil analisis similaritas isolat patogen menggunakan program *NTSys for PC versi 2.0.*(Gambar 13) menunjukkan *Fusarium* sp. 2 memiliki kemiripan dengan isolat acuan *Fusarium oxysporum* sebesar 80 %. Sedangkan *Fusarium* sp. 2 dan *Fusarium oxysporum* memiliki

kemiripan dengan *Fusarium* sp. 1 sebesar 65 %. Sehingga dapat dikatakan *Fusarium oxysporum* memiliki tingkat kemiripan dengan *Fusarium* sp. 2 lebih besar dibandingkan dengan *Fusarium* sp. 1. Menurut CABI dan EPPO (2012) *Fusariumoxysporum* merupakan kapang penyebab penyakit layu pada tanaman yang menyerang sistem pembuluh atau transportasi pada tanaman inang. Kapang ini banyak ditemukan pada beberapa jenis tanaman yang ditumbuhkan pada saat musim tanam dan tanaman-tanaman yang sudah mengering. *Fusarium*sp. mampu membentuk Klamidokonidia sebagai bentuk dorman pada kondisi yang kurang sesuai. Pada kondisi yang sesuai, Klamidokonidia dari *Fusarium*sp. dapat berkecambah dan masuk pada jaringan pembuluh akar. Masuknya kapang patogen ini dapat mengganggu sistem transportasi dari ujung akar ke seluruh bagian tanaman, sehingga tanaman menjadi layu.

4.3 Pengaruh Antagonis *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp. secara *in vitro*

Isolat *Trichoderma* sp. 1 dan *Trichoderma* sp. 2 merupakan isolat yang memiliki ciri morfologi koloni dan mikroskopis identik dengan *Genus Trichoderma*. Kemampuan antagonisme isolat *Trichoderma* sp. 1 dan *Trichoderma* sp. 2 dalam penelitian ini dapat dilihat dari hasil uji antagonis *in vitro* yang dilakukan sebelum uji antagonis *in vivo*. Uji antagonis *in vitro* dilakukan dengan mempertemukan koloni kapang antagonis dengan kapang patogen dalam satu cawan petri (*Dual culture*) yang berisi media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dengan suhu 25 ± 2 °C. Masing-masing isolat antagonis (*Trichoderma* sp. 1 dan *Trichoderma* sp. 2) di pasang dengan isolat patogen yang didapat (*Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2). Berikut merupakan grafik perbandingan pertumbuhan koloni kapang patogen *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2 yang ditubuhkan sendiri (kontrol) dengan pertumbuhan kapang patogen yang ditubuhkan berdampingan dengan kapang antagonis (perlakuan antagonis).

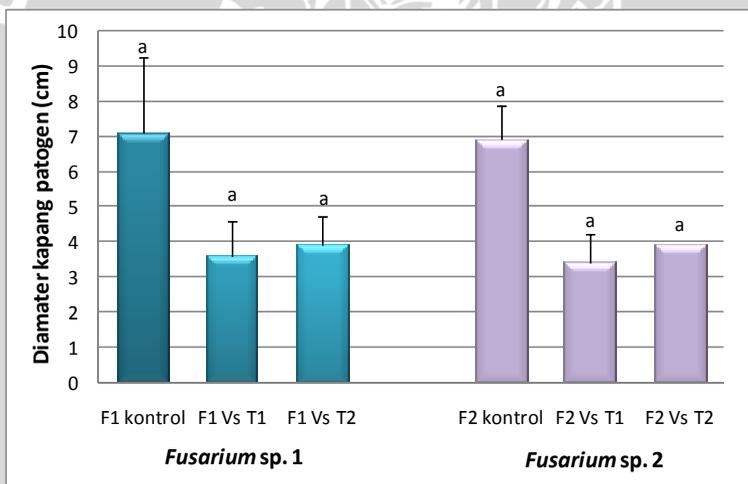


Gambar 14. Pertumbuhan koloni *Fusarium* sp. pada uji antagonis secara *in vitro*. a) pertumbuhan koloni isolat *Fusarium* sp. 1, b) pertumbuhan koloni isolat *Fusarium* sp. 2

Hasil uji antagonis secara *in vitro* (Gambar 14) menunjukkan bahwa kapang antagonis memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan kapang patogen. Pengaruh ini dapat dilihat dari ukuran diameter koloni kapang patogen pada kontrol dibandingkan dengan pada perlakuan antagonis (patogen yang ditumbuhkan berdampingan dengan kapang antagonis). Diameter koloni kapang patogen pada kontrol (biru), berukuran lebih besar dibandingkan dengan diameter kapang patogen pada perlakuan antagonis (merah dan hijau). Perbedaan ukuran diameter ini dikarenakan pada kontrol, kapang patogen ditumbuhkan secara tunggal dalam suatu cawan sehingga tidak ada pengaruh antagonis dari

manapun. Menurut Nursyahidah (2012) salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam penelitian eksperimen adalah perlu dibuat kelompok kontrol. Kelompok kontrol ini nantinya akan berfungsi sebagai pembandingan dari kelompok perlakuan yang dibuat.

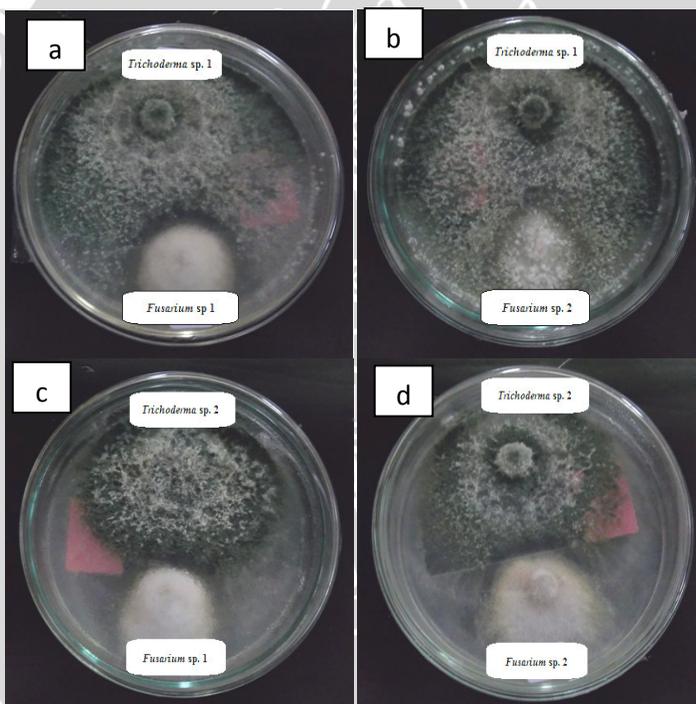
Pengaruh dari kapang antagonis pada uji dual kultur (Gambar 14) mulai terlihat pada hari ke-3 hingga hari ke-7. Dilihat dari ukuran diameter kapang patogen yang ditumbuhkan dengan kedua jenis isolat antagonis dapat diasumsikan bahwa isolat *Trichoderma* sp. 1 memiliki kemampuan antagonis yang lebih tinggi dibandingkan dengan isolat *Trichoderma* sp. 2. Menurut Brunner dan Petrini (1992) dalam Sudantha dan Abdul (2011) kapang Endofit salah satunya berasal dari Genus *Trichoderma* memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan kapang patogen dengan menghasilkan senyawa aktif biologis secara *in vitro* antara lain alkaloid, paxillin, lolitrem dan tetranone steroid.



Gambar 15. Perbandingan diameter koloni *Fusarium* sp. pada uji antagonis secara *in vitro* hari ke-7

Perbandingan kecepatan pertumbuhan koloni antar isolat patogen pada hari ke-7 perlakuan antagonis dan kontrol (Gambar 15) diketahui tidak berbeda nyata. Hasil uji *dual* kultur menunjukkan bahwa kedua jenis isolat patogen memiliki diameter koloni yang hampir sama. Diameter koloni pada kontrol *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2 secara berturut-turut 7,14 cm dan 6,86 cm. Diameter koloni kapang patogen yang ditumbuhkan berdampingan dengan kapang antagonis memiliki

diameter yang lebih kecil dibandingkan dengan kontrol. Koloni kapang patogen *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2 yang ditumbuhkan berdampingan dengan kapang antagonis *Trichoderma* sp. 1 secara berturut-turut 3,59 cm dan 3,45 cm. Diameter koloni kapang *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2 yang ditumbuhkan berdampingan dengan isolat *Trichoderma* sp. 2 memiliki diameter secara berturut-turut 3,87 cm dan 4,22 cm. Diameter kapang patogen yang ditumbuhkan berdampingan dengan kapang antagonis *Trichoderma* sp. 2 memiliki diameter yang lebih besar dibandingkan dengan perlakuan antagonis *Trichoderma* sp. 1. Kondisi ini menandakan bahwa kapang antagonis *Trichoderma* sp. 1 memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan dengan kapang antagonis *Trichoderma* sp. 2 terhadap pertumbuhan kedua jenis kapang patogen.

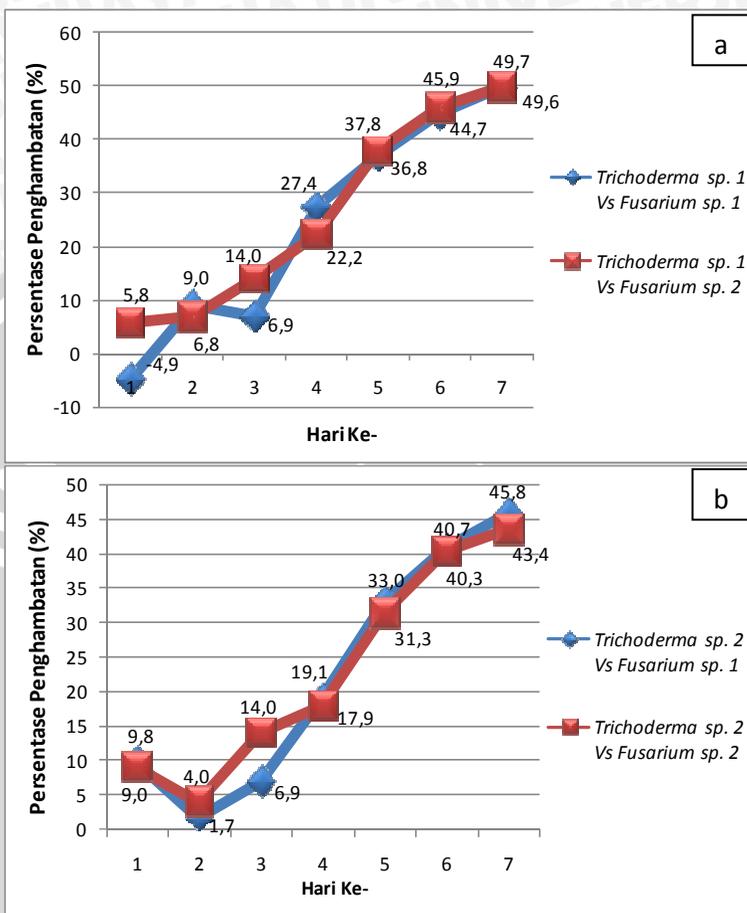


Gambar 16. Pengaruh antagonis *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp., pada uji *in vitro* hari ke- 7. a) *Trichoderma* sp. 1 dipasangkan dengan *Fusarium* sp. 1, b) *Trichoderma* sp. 1 dipasangkan dengan *Fusarium* sp. 2, c) *Trichoderma* sp.

2 dipasangkan dengan *Fusarium* sp. 1, d) *Trichoderma* sp. 2 dipasangkan dengan *Fusarium* sp. 2

Pengaruh antagonis pada uji antagonis *dual* kultur dapat diketahui dari adanya penghambat pertumbuhan dari salah satu jenis koloni kapang yang ditumbuhkan secara berdampingan. Kapang yang memiliki daya hambat lebih besar akan memiliki persentase luas koloni yang lebih besar pula dalam cawan. Hasil uji antagonis *dual* kultur secara *in vitro* (Gambar 16) koloni *Trichoderma* sp. 1 dan *Trichoderma* sp. 2 memiliki sifat antagonis lebih besar dibandingkan dengan *Fusarium* sp. 2 dan *Fusarium* sp. 1. Koloni kapang *Trichoderma* sp. 1 memiliki sifat antagonis yang lebih tinggi dibandingkan dengan koloni kapang *Trichoderma* sp. 2. Hal ini dapat terlihat dari hasil uji (Gambar 16a dan 17b) koloni *Trichoderma* sp. 1 hampir memenuhi sebagian besar luas cawan petri dan konidia isolat *Trichoderma* sp. 1 muncul di seluruh permukaan koloni. Sedangkan pada perlakuan antagonis *Trichoderma* sp. 2 (Gambar 16c dan 16d) koloni antagonis yang ditumbuhkan memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan koloni patogen pada perlakuan antagonis *Trichoderma* sp. 1. Selain itu konidia pada isolat *Trichoderma* sp. 2 hanya menutupi kurang lebih setengah dari luas koloni isolat *Trichoderma* sp. 2 yang tumbuh. Hal ini dimungkinkan kedua jenis kapang patogen yang ditumbuhkan juga memiliki pengaruh terhadap pertumbuhan kapang antagonis *Trichoderma* sp. 2. Miselium kapang *Trichoderma* sp. 2 dapat tumbuh hampir memenuhi lebih dari sepertiga bagian luas cawan, tetapi tidak dapat memunculkan konidia pada seluruh bagian permukaan koloni.

Penurunan produksi konidia ini dimungkinkan karena adanya perubahan hasil metabolit yang seharusnya digunakan untuk memproduksi konidia, beralih menjadi penghasil metabolit sekunder lain yang digunakan untuk menghambat pertumbuhan kapang patogen. Menurut Tanada & Kaya (1993) dalam Siti dkk.(2006) penurunan viabilitas dari kapang dapat disebabkan oleh adanya penurunan energi yang disebabkan kurangnya kandungan protein dan sumber karbon seperti glukosa, glukosamin, khitin, pati dan nitrogen yang dibutuhkan untuk pertumbuhan hifa.



Gambar 17. Persentase penghambatan *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp. pada uji antagonis *dual* kultur secara *in vitro*. a) penghambatan *Trichoderma* sp. 1 terhadap *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2, b).penghambatan *Trichoderma* sp. 2 terhadap *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2

Besar pengaruh antagonis diketahui dari penghitungan menggunakan rumus perhitungan nilai PIRG (*Percentage Inhibition of Radial Growth*). Kemampuan antagonis dari isolat *Trichoderma* sp. 1 (Gambar 17a) hari pertama hanya muncul pada perlakuan *Trichoderma* sp. 1 yang dipasangkan dengan isolat patogen *Fusarium* sp. 2, yaitu 5,8 %. Sedangkan pada perlakuan *Trichoderma* sp. 1 yang dipasangkan dengan

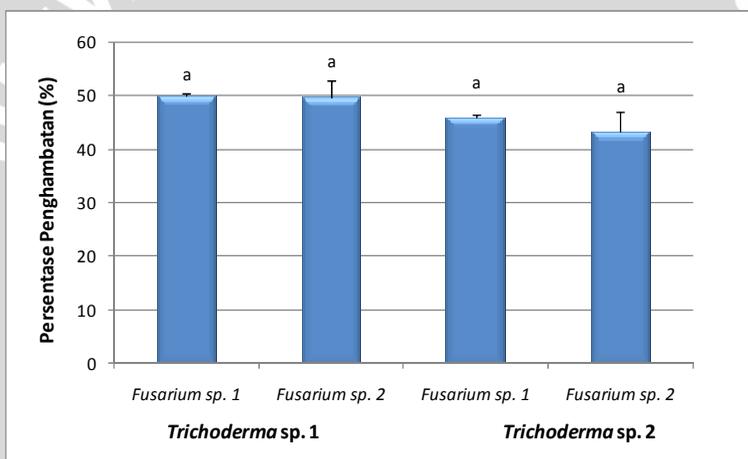
isolat *Fusarium* sp. 1 memiliki nilai PIRG (- 4,9 %). Nilai minus pada perhitungan PIRG dapat muncul akibat adanya pengaruh kompetisi ruang dan nutrisi yang dilakukan oleh kapang patogen sebagai mekanisme pertahanan hidup terhadap pertumbuhan kapang antagonis. Menurut beberapa sumber dalam Mukarlina dkk. (2010) *Trichoderma* merupakan salah satu jenis kapang yang memiliki kemampuan antagonisme tinggi dalam pengendalian patogen tular tanah. Mekanisme yang dilakukan jenis kapang ini merupakan kombinasi dari tiga macam pengaruh antagonis yang bekerja secara sinergis yaitu mekanisme antibiosis, interaksi antar hifa serta kompetisi ruang dan nutrisi.

Penghambatan isolat *Trichoderma* sp. 1 terhadap kapang *Fusarium* sp. 1 mulai muncul pada hari ke- 2 hingga hari ke- 7. Isolat *Trichoderma* sp. 1 yang dipasangkan dengan isolat *Fusarium* sp. 1 mengalami peningkatan nilai PIRG lebih besar (13,9 %) dibandingkan dengan isolat *Trichoderma* sp. 1 yang dipasangkan dengan *Fusarium* sp. 2 (1 %) pada uji *dual* kultur hari ke- 2. Persentase penghambatan isolat *Trichoderma* sp. 1 yang dipasangkan dengan isolat *Fusarium* sp. 1 mengalami penurunan kembali pada uji *dual* kultur hari ke- 3 sebesar 2,1 %. sedangkan nilai PIRG isolat *Trichoderma* sp. 1 yang dipasangkan dengan isolat *Fusarium* sp. 2 tetap mengalami peningkatan pada hari ke- 3 sebesar 5 %. Kemampuan isolat *Trichoderma* sp. 1 mulai stabil dan mengalami kenaikan secara berkala mulai hari ke- 4 hingga hari ke- 7. Nilai PIRG maksimal isolat *Trichoderma* sp. 1 baik yang dipasangkan dengan isolat patogen *Fusarium* sp. 1 maupun *Fusarium* sp. 2 muncul pada hari terakhir (hari ke- 7) yaitu secara berturut-turut sebesar 49,7 % dan 49,6 %.

Pengaruh antagonis dari isolat *Trichoderma* sp. 2 terhadap kedua jenis patogen sudah terlihat mulai dari hari pertama hingga hari ke- 7 (Gambar 17b). Nilai PIRG isolat *Trichoderma* sp. 2 mengalami penurunan pada hari ke- 2. Hal ini dimungkinkan adanya pengaruh antagonisme dari kapang patogen, sehingga kecepatan pertumbuhan kapang antagonis menurun. Menurut Soesanto (2008) adanya penurunan aktivitas dari kapang antagonis dimungkinkan karena adanya persaingan ruang tumbuh dan nutrisi. Persaingan yang terjadi di antara dua jenis kapang yang ditumbuhkan berdampingan dikarenakan kedua jenis kapang tersebut memiliki kebutuhan yang sama, yaitu kebutuhan tempat tumbuh dan nutrisi dari media yang digunakan untuk tumbuh.

Nilai PIRG isolat *Trichoderma* sp. 2 mulai mengalami peningkatan pada hari ke- 3 hingga hari ke- 7. Peningkatan nilai PIRG isolat *Trichoderma* sp. 2 yang dipasangkan dengan isolat patogen *Fusarium* sp.

2 cenderung lebih rendah (5,17 %) dibandingkan dengan nilai PIRG isolat *Trichoderma* sp. 2 yang dipasangkan dengan isolat *Fusarium* sp. 1 (9,98 %) pada hari ke- 3. Nilai PIRG maksimal pada uji dual kultur selama 7 hari dari isolat *Trichoderma* sp. 2 terjadi pada hari ke- 7. Isolat *Trichoderma* sp. 2 yang memiliki nilai PIRG tertinggi adalah isolat *Trichoderma* sp. 2 yang dipasangkan dengan *Fusarium* sp. 1 yaitu 45,8 %, sedangkan isolat *Trichoderma* sp. 2 yang dipasangkan dengan *Fusarium* sp. 2 memiliki nilai PIRG sebesar 43,4 %. Perbedaan nilai PIRG ini terjadi dimungkinkan karena isolat *Fusarium* sp. 2 memiliki tingkat pertahanan yang lebih kuat dibandingkan dengan isolat *Fusarium* sp. 1.



Gambar 18. Perbandingan persentase penghambatan isolat antagonis *Trichoderma* sp. 1 dan *Trichoderma* sp. 2 terhadap isolat patogen *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2 pada uji antagonis dual kultur hari ke- 7

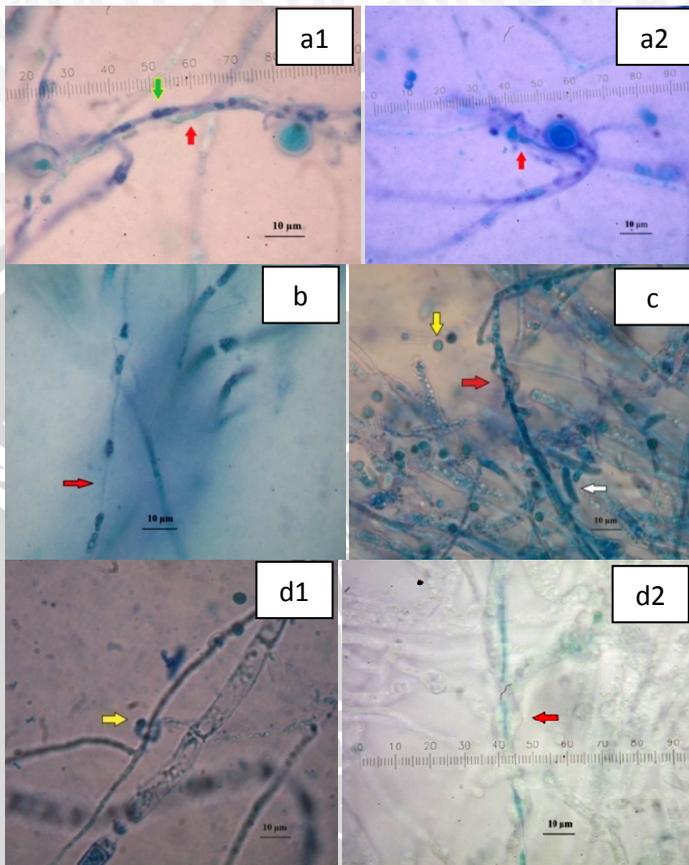
Hasil perhitungan nilai persentase penghambatan atau PIRG dari isolat kapang antagonis hari ke- 7 (Gambar 18) dapat diketahui bahwa isolat kapang antagonis *Trichoderma* sp. 1 memiliki nilai PIRG lebih tinggi dibandingkan dengan isolat *Trichoderma* sp. 2. Isolat *Trichoderma* sp. 1 memiliki nilai persentase sebesar 49,7 % jika dipasangkan dengan *Fusarium* sp. 1 dan 49,6 % jika dipasangkandengan isolat patogen *Fusarium* sp. 2. Sedangkan isolat antagonis *Trichoderma* sp. 2 memiliki nilai PIRG lebih rendah, yaitu 45,8 % jika dipasangkan dengan isolat *Fusarium* sp. 1 dan 43,4 % jika dipasangkan dengan isolat

patogen *Fusarium* sp. 2. Hasil uji ini dapat dikatakan bahwa isolat antagonis *Trichoderma* sp. 1 memiliki kemampuan lebih dalam menghambat pertumbuhan kapang patogen *Fusarium* sp. 1 maupun *Fusarium* sp. 2 dibandingkan dengan isolat *Trichoderma* sp. 2. Sedangkan kapang patogen yang memiliki tingkat resistensi terhadap antagonis lebih tinggi adalah *Fusarium* sp. 2.

4.4 Tingkat Mikoparasit *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp.

Isolat antagonis yang mirip dengan Genus *Trichoderma* yaitu *Trichoderma* sp. 1 dan *Trichoderma* sp. 2 dapat menghambat pertumbuhan isolat patogen *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2 yang memiliki sifat mirip dengan *Fusarium* pada uji *slide* kultur. Menurut Pandya dan saraf (2010) dalam Badar dan Shamim (2012) *Trichoderma* memiliki beberapa mekanisme dalam mengandalkan pertumbuhan kapang patogen. Mekanisme pengendalian yang dilakukan untuk menekan pertumbuhan kapang patogen antara lain dengan mikoparasitisme (pembelitan hifa), antibiosis (mengeluarkan senyawa toksik yang dapat membunuh kapang patogen), mengeluarkan enzim pendegradasi dinding sel. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Sudantha dan Abdul (2011) mekanisme pengendalian kapang *Trichoderma* terhadap isolat patogen *Fusarium oxysporum* pada uji *in vitro* antara lain kompetisi ruang, mikoparasit dan antibiosis.





Gambar 19. Antagonisme *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp. pada media PDA, inkubasi 27⁰C selama 7 hari. a1) pembelitan hifa kapang *Trichoderma* sp. 1 terhadap *Fusarium* sp. 2, hifa *Trichoderma* sp. 1 (panah merah), hifa *Fusarium* sp. 2 (panah hijau); a2) Penetrasi hifa *Trichoderma* sp. 1 pada hifa *Fusarium* sp. 2 (panah merah); b) *Trichoderma* sp. 1 terhadap *Fusarium* sp. 1. c) pembelitan hifa *Trichoderma* sp. 2 terhadap *Fusarium* sp. 1 (panah merah), konidia *Trichoderma* sp. 2 (panah kuning), konidia *Fusarium* sp. 1 (panah putih); d1) awal pembelitan hifa *Trichoderma* sp. 2 terhadap hifa *Fusarium* sp. 2 (panah kuning); d2) pembelitan hifa *Trichoderma* sp. 2 terhadap *Fusarium* sp. 2 (panah merah). Perbesaran 1000 x; bar = 10 µm

Mekanisme penghambatan kapang antagonis terhadap kapang patogen yang muncul pada uji *slide* kultur (Gambar 19). Pengaruh antagonis kapang antagonis terhadap kapang patogen yang terlihat pada uji *slide* kultur antara lain pembelitan hifa dan intervensi hifa. Pembelitan hifa kapang antagonis terhadap kapang patogen dapat terlihat pada hasil pengamatan (Gambar 19.a1, 19c, 19.d1 dan 19.d2). Sedangkan pengaruh dari intervensi hifa kapang antagonis terhadap hifa kapang patogen terlihat pada hasil pengamatan (Gambar 19.a2 dan 19b). Intervensi hifa kapang antagonis (Gambar 19.a1) dapat mengakibatkan adanya penetrasi hifa kapang antagonis pada hifa kapang patogen. Sedangkan pengamatan (Gambar 19b) dapat mengakibatkan perubahan ukuran hifa kapang patogen menjadi lebih kecil dan partikel-partikel yang ada didalam hifa berkurang. Menurut Harman (1998) dalam Ismail dan Andi (2010) intervensi hifa yang dilakukan oleh *Trichoderma* dapat mengakibatkan adanya perubahan unsur kimia dan partikel pada dinding sel, sehingga dapat mempengaruhi permeabilitas dinding kapang patogen. Adanya perubahan dinding sel kapang patogen dapat memudahkan hifa dari kapang antagonis masuk ke dalam jaringan kapang patogen. Hifa kapang antagonis yang berhasil menembus hifa kapang patogen menyerap sari makanan dari kapang patogen, sehingga hifa kapang patogen dapat mengecil dan mati.

Tabel 3. Hasil pengamatan mikoparasi *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp. pada uji *slide* kultur hari ke- 7

Perlakuan <i>Trichoderma</i> sp. vs <i>Fusarium</i> sp.	rata-rata skor	Deskripsi
Isolat <i>Trichoderma</i> sp. 1 vs isolat <i>Fusarium</i> sp. 1	1,1	Hifa isolat <i>Fusarium</i> sp. 1 lisis $\pm 27,5 \%$
Isolat <i>Trichoderma</i> sp. 1 vs isolat <i>Fusarium</i> sp. 2	0,67	Hifa isolat <i>Fusarium</i> sp. 2 lisis $\pm 16,75 \%$
Isolat <i>Trichoderma</i> sp. 2 vs isolat <i>Fusarium</i> sp. 1	1	Hifa isolat <i>Fusarium</i> sp. 1 lisis $\pm 25 \%$
Isolat <i>Trichoderma</i> sp. 2 vs isolat <i>Fusarium</i> sp. 2	0,8	Hifa isolat <i>Fusarium</i> sp. 2 lisis $\pm 20 \%$

Tingkat mikoparasitisme dari kapang antagonis terhadap kapang patogen dianalisis dengan perhitungan persentase kerusakan hifa kedua kapang yang ditumbuhkan (Tabel 3). Hasil uji analisis statistik yang dilakukan menunjukkan, tingkat mikoparasit kapang antagonis terhadap patogen pada semua perlakuan tidak memiliki perbedaan yang nyata.

Meskipun demikian, nilai hasil uji antagonis ini menunjukkan kedua jenis kapang antagonis *Trichoderma* sp. 1 maupun *Trichoderma* sp. 2 memiliki pengaruh antagonis yang lebih tinggi terhadap kapang patogen *Fusarium* sp. 1 dibandingkan dengan kapang patogen *Fusarium* sp. 2. kapang *Trichoderma* sp. 1 dan *Trichoderma* sp. 2 memiliki pengaruh antagonis terhadap *Fusarium* sp. 1 secara berturut-turut 27,5% dan 25 %. Sedangkan pengaruh *Trichoderma* sp. 1 dan *Trichoderma* sp. 2 terhadap kapang *Fusarium* sp. 2 berturut-turut 16,75 % dan 20 %. Perbedaan nilai persentase ini dikarenakan adanya mekanisme pertahanan dari kapang patogen terhadap pengaruh antagonis dari kapang antagonis. Semakin tinggi persentase mikoparasit dari kapang antagonis, maka semakin rendah mekanisme pertahanan dari kapang patogen begitu pula sebaliknya. Sehingga dapat diketahui dari hasil uji bahwa kapang *Fusarium* sp. 2 memiliki mekanisme pertahanan yang lebih kuat dibandingkan dengan kapang *Fusarium* sp. 1 sehingga kapang *Fusarium* sp. 2 mampu berkompetisi dengan isolat antagonis yang ditumbuhkan dalam satu cawan. Menurut Talancadkk. (1998) *Trichoderma* dapat mengeluarkan senyawa toksik yang digunakan sebagai mekanisme dalam menghambat bahkan membunuh kapang patogen. Senyawa yang dihasilkan berupa enzim hidrolitik β -1,3 glukanas, kitinase dan selulase.

4.5 Pengaruh Antagonis *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp. secara *in vivo*

Pengaruh antagonis dari *Trichoderma* sp. terhadap *Fusarium* sp. pada uji *in vivo* dapat diketahui dari besar nilai intensitas serangan yang terjadi pada tanaman uji. Semakin kecil pengaruh antagonis dari *Trichoderma* terhadap *Fusarium* dapat mengakibatkan semakin besar nilai intensitas serangan yang terjadi. Sebaliknya, semakin besar pengaruh antagonis dari *Trichoderma* terhadap *Fusarium* dapat memperkecil nilai intensitas serangan penyakit layu *Fusarium* pada tanaman *strawberry*. Menurut Cook dan Baker (1983) dalam Ismail dan Andi (2010) *Trichoderma* merupakan salah satu jenis kapang antagonis yang mampu berkompetisi dengan patogen tanah terutama untuk memperebutkan Nitrogen dan senyawa Karbon.

Tabel4. Intensitas serangan tanaman *strawberry* varietas California pada uji *in vivo*

Perlakuan	*) Intensitas serangan (%) minggu ke -				
	1	2	3	4	5
Tanpa perlakuan (F₀T₀)	0a	0a	0a	0a	0a
<i>Fusarium</i> (F₁T₀)	52.08bcd	72.92bcde	81.22cde	83.70de	88.44e
<i>Trichoderma</i> (F₀T₁)	0a	0a	0a	0a	0a
<i>Fusarium, Trichoderma</i> (F₁T₁)	52.08bcd	52.08bcd	75.59cde	82.02de	85.31de
<i>Trichoderma, Fusarium</i> (T₁F₁)	45.83bc	52.08bcd	78.78cde	86.18de	81.49cde
<i>Fusarium + Trichoderma</i> (FT)	39.58b	45.83bc	84.90de	78.65cde	84.03de

*) angka yang diikuti huruf yang sama dibelakang angka, tidak berbeda nyata antar perlakuan dan waktu pengamatan ($p > 0,05$)

***) perlakuan *Fusarium* menggunakan isolat *Fusarium* sp. 2

****) perlakuan *Trichoderma* menggunakan isolat *Trichoderma* sp. 1

Hasil analisis intensitas serangan tanaman *strawberry* varietas California pada uji *in vivo* menunjukkan bahwa nilai intensitas serangan paling tinggi pada pengamatan minggu ke- 5 terjadi pada tanaman *strawberry* yang diinokulasikan dengan isolat *Fusarium* saja (F₁T₀) yaitu 88,44 %. Intensitas serangan paling rendah (selain kontrol) pada minggu ke- 5 terjadi pada tanaman *strawberry* yang diinokulasikan *Trichoderma* terlebih dahulu dibandingkan dengan isolat *Fusarium*(T₁F₁) yaitu 81,49 %. Hampir semua tanaman uji pada perlakuan patogen pada varietas ini memiliki intensitas serangan lebih dari 80 %. Hal ini menandakan bahwa antagonisme *Trichoderma* pada uji *in vivo* mengalami penurunan dibandingkan dengan antagonisme yang terjadi pada uji *in vitro*. selain itu dimungkinkan tanaman *strawberry* varietas California memiliki sifat yang peka terhadap penyakit. Menurut Walker (1975) pertumbuhan kapang *Fusarium* sp. pada kondisi lapang dapat dipengaruhi oleh faktor suhu, kelembaban dan pH tanah. Kondisi yang sesuai untuk perkembangan jenis kapang ini adalah tanah yang memiliki kelembaban tinggi, dengan suhu tanah berkisar antara 5-30°C. sedangkan pH tanah yang sesuai antara 4 sampai 7. Kapang *Fusarium* sangat peka terhadap perubahan suhu tanah. Perubahan suhu yang ekstrim dapat menyebabkan terhambatnya perkembangan patogen ini.

Menurut Goodmandkk. (1986) dalam Nurhayati (2011), intensitas serangan *Fusarium oxysporum* yang terparah dialami oleh tanaman yang

berumur kurang dari 6 bulan. Tanaman yang telah berumur 6 bulan memiliki tingkat intensitas serangan yang lebih rendah dikarenakan jaringan epidermisnya telah cukup tebal. Intensitas serangan pada tanaman yang tua memiliki rasio yang lebih kecil. Jaringan epidermis pada tanaman yang telah tua telah mengalami perkembangan, sehingga epidermisnya telah dilapisi oleh jaringan lilin yang dapat menghambat masuknya patogen pada tanaman.

Tabel 5. Intensitas serangan tanaman *strawberry* varietas Santung pada uji *in vivo*

Perlakuan	*) Intensitas serangan (%) minggu ke -				
	1	2	3	4	5
Tanpa perlakuan (F ₀ T ₀)	0a	0a	0a	0a	0a
<i>Fusarium</i> (F ₁ T ₀)	16.67abc	29.17abc	39.11bc	45.19c	45.15c
<i>Trichoderma</i> (F ₀ T ₁)	0a	0a	0a	0a	0a
<i>Fusarium, Trichoderma</i> (F ₁ T ₁)	6.25ab	20.83abc	37.77bc	42.63c	46.03c
<i>Trichoderma, Fusarium</i> (T ₁ F ₁)	12.50abc	16.67abc	32.99abc	40.96bc	41.72c
<i>Fusarium + Trichoderma</i> (FT)	16.67abc	18.75abc	39.90c	37.52bc	42.79c

*) angka yang diikuti huruf yang sama dibelakang angka, tidak berbeda nyata antar perlakuan dan waktu pengamatan ($p > 0,05$)

***) perlakuan *Fusarium* menggunakan isolat *Fusarium* sp. 2

****) perlakuan *Trichoderma* menggunakan isolat *Trichoderma* sp. 1

Hasil analisis intensitas serangan tanaman *strawberry* varietas Santung pada uji *in vivo* menunjukkan bahwahampir semua perlakuan patogen mengalami peningkatan intensitas serangan hingga minggu ke-5. Pengamatan minggu ke-4, perlakuan *Fusarium* dan *Trichoderma* yang diinfeksi secara bersamaan (FT) mengalami sedikit penyembuhan dengan tingkat penurunan nilai intensitas serangan sebesar 2,4 %. Namun pada pengamatan minggu selanjutnya perlakuan (FT) mengalami peningkatan nilai intensitas serangan menjadi 42,79 %. Menurut Burgess (1981) dalam Nurhayati (2011) infeksi tanaman yang dilakukan oleh *Fusarium* sp. dipengaruhi oleh kondisi cuaca yang lembab dan umur tanaman. Umur tanaman yang lebih muda cenderung lebih rentan terserang penyakit dibandingkan dengan tanaman yang sudah dewasa. Penyakit yang disebabkan *Fusarium* sp. lebih mudah menyerang tanaman pada musim hujan yang tinggi.

Antagonisme *Trichoderma* yang diinokulasikan setelah *Fusarium* (F_1T_1) kurang efektif dalam menghambat pertumbuhan kapang patogen. Intensitas serangan yang muncul pada perlakuan F_1T_1 minggu ke- 5 menunjukkan nilai yang paling tinggi yaitu 46,03 %. Intensitas serangan yang paling rendah pada pengamatan minggu ke-5 dialami oleh tanaman *strawberry* dengan perlakuan tanaman yang diinokulasikan suspensi *Trichoderma* sp. terlebih dahulu kemudian diinokulasikan *Fusarium* sp. (T_1F_1), yaitu 41,72 %.

Intensitas serangan paling rendah pada kedua jenis varietas terjadi dialami oleh tanaman *strawberry* yang diberi perlakuan inokulasi isolat *Trichoderma* sp. terlebih dahulu kemudian inokulasi isolat *Fusarium* sp. (T_1F_1). Hal ini mengindikasikan bahwa kapang isolat *Trichoderma* sp. kurang mampu dalam menghambat pertumbuhan isolat *Fusarium* sp. yang telah hidup pada tumbuhan terlebih dahulu. *Trichoderma* sp. lebih efektif digunakan untuk langkah pencegahan dibandingkan dengan penanganan penyakit layu *Fusarium* yang sudah meluas. Parameter lain yang dapat diamati dalam menentukan adanya infeksi dari patogen pada tanaman adalah jumlah batang semu (Tabel 6 dan 7).

Tabel6. Jumlah batang tanaman *strawberry* varietas California pada uji *in vivo*

Perlakuan	Rata-rata jumlah batang minggu ke -				
	1	2	3	4	5
Tanpa perlakuan (F_0T_0)	3ab ^{*)}	4ab	5ab	5ab	5b
<i>Fusarium</i> (F_1T_0)	3ab	3ab	4ab	3ab	3ab
<i>Trichoderma</i> (F_0T_1)	3ab	3ab	4ab	5ab	5b
<i>Fusarium, Trichoderma</i> (F_1T_1)	4ab	4ab	3ab	4ab	4ab
<i>Trichoderma, Fusarium</i> (T_1F_1)	4ab	4ab	4ab	5ab	4ab
<i>Fusarium + Trichoderma</i> (FT)	3ab	2a	2a	2a	2a

*) angka yang diikuti huruf yang sama dibelakang angka, tidak berbeda nyata antar perlakuan dan waktu pengamatan ($p > 0,05$)

**) perlakuan *Fusarium* menggunakan isolat *Fusarium* sp. 2

***) perlakuan *Trichoderma* menggunakan isolat *Trichoderma* sp. 1

Tabel 7. Jumlah batang tanaman *strawberry* varietas Santung pada uji *in vivo*

Perlakuan	Rata-rata jumlah batang minggu ke -				
	1	2	3	4	5
Tanpa perlakuan (F₀T₀)	6a ^{*)}	6a	6a	6a	6a
<i>Fusarium</i> (F₁T₀)	6a	7a	7a	7a	8a
<i>Trichoderma</i> (F₀T₁)	6a	6a	6a	6a	6a
<i>Fusarium, Trichoderma</i> (F₁T₁)	6a	7a	8a	9a	10a
<i>Trichoderma, Fusarium</i> (T₁F₁)	6a	7a	7a	8a	8a
<i>Fusarium + Trichoderma</i> (FT)	6a	7a	8a	8a	9a

*) angka yang diikuti huruf yang sama dibelakang angka, tidak berbeda nyata antar perlakuan dan waktu pengamatan ($p > 0,05$)

**) perlakuan *Fusarium* menggunakan isolat *Fusarium* sp. 2

***) perlakuan *Trichoderma* menggunakan isolat *Trichoderma* sp. 1

Hasil pengamatan jumlah batang tanaman *strawberry* pada uji *in vivo* (Tabel 6 dan 7) dapat diketahui bahwa perlakuan antagonis tidak terlalu mempengaruhi jumlah batang yang tumbuh. Jumlah batang tanaman *strawberry* varietas California antar perlakuan menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Perbedaan yang paling signifikan ditunjukkan pada perlakuan tanaman *strawberry* yang diinokulasikan dengan *Trichoderma* dan *Fusarium* pada waktu yang bersamaan (FT) mulai dari pengamatan minggu ke-2 hingga minggu terakhir, yaitu hanya memiliki 2 batang. Hal ini dimungkinkan terjadi karena pengaruh inokulasi dua jenis kapang yang disuntikkan pada hari yang sama, sehingga tanaman memiliki dua titik luka berbeda. Sedangkan pada perlakuan lain pengaruh inokulasi lebih ringan, karena dua jenis suspensi kapang diinokulasikan dalam waktu yang berbeda. Perbedaan waktu penginokulasian memungkinkan tanaman melakukan penyembuhan jaringan yang luka, sehingga luka jaringan yang baru memiliki pengaruh yang tidak terlalu besar. Menurut Semangun (2003) *Fusarium* lebih mudah menginfeksi tanaman dalam kondisi luka pada bagian akar dibandingkan dengan tanaman tanpa luka. Kapang ini tidak akan bisa menginfeksi jaringan luka selain akar walaupun jaringan lain dengan sengaja dilukai. Jumlah batang pada varietas Santung tidak mengalami perbedaan yang signifikan pada pengamatan minggu pertama hingga minggu terakhir pada semua perlakuan.

Tabel 8. Jumlah daun tanaman *strawberry* varietas California pada uji *in vivo*

Perlakuan	Rata-rata jumlah daun minggu ke -				
	1	2	3	4	5
Tanpa perlakuan (F₀T₀)	9ab ^{*)}	11ab	13ab	12ab	14b
<i>Fusarium</i> (F₁T₀)	7ab	9ab	10ab	8ab	5ab
<i>Trichoderma</i> (F₀T₁)	6ab	9ab	12ab	13ab	13ab
<i>Fusarium, Trichoderma</i> (F₁T₁)	8ab	9ab	10ab	7ab	10ab
<i>Trichoderma, Fusarium</i> (T₁F₁)	9ab	8ab	10ab	7ab	9ab
<i>Fusarium + Trichoderma</i> (FT)	8ab	6ab	6ab	4a	5ab

*) angka yang diikuti huruf yang sama dibelakang angka, tidak berbeda nyata antar perlakuan dan waktu pengamatan ($p > 0,05$)

**) perlakuan *Fusarium* menggunakan isolat *Fusarium* sp. 2

***) perlakuan *Trichoderma* menggunakan isolat *Trichoderma* sp. 1

Tabel 9. Jumlah daun tanaman *strawberry* varietas Santung pada uji *in vivo*

Perlakuan	Rata-rata jumlah daun minggu ke -				
	1	2	3	4	5
Tanpa perlakuan (F₀T₀)	13a ^{*)}	13a	14a	13a	13a
<i>Fusarium</i> (F₁T₀)	15a	15a	15a	17a	19a
<i>Trichoderma</i> (F₀T₁)	15a	16a	15a	14a	15a
<i>Fusarium, Trichoderma</i> (F₁T₁)	16a	16a	20a	19a	21a
<i>Trichoderma, Fusarium</i> (T₁F₁)	15a	15a	17a	18a	19a
<i>Fusarium + Trichoderma</i> (FT)	17a	16a	18a	21a	19a

*) angka yang diikuti huruf yang sama dibelakang angka, tidak berbeda nyata antar perlakuan dan waktu pengamatan ($p > 0,05$)

**) perlakuan *Fusarium* menggunakan isolat *Fusarium* sp. 2

***) perlakuan *Trichoderma* menggunakan isolat *Trichoderma* sp. 1

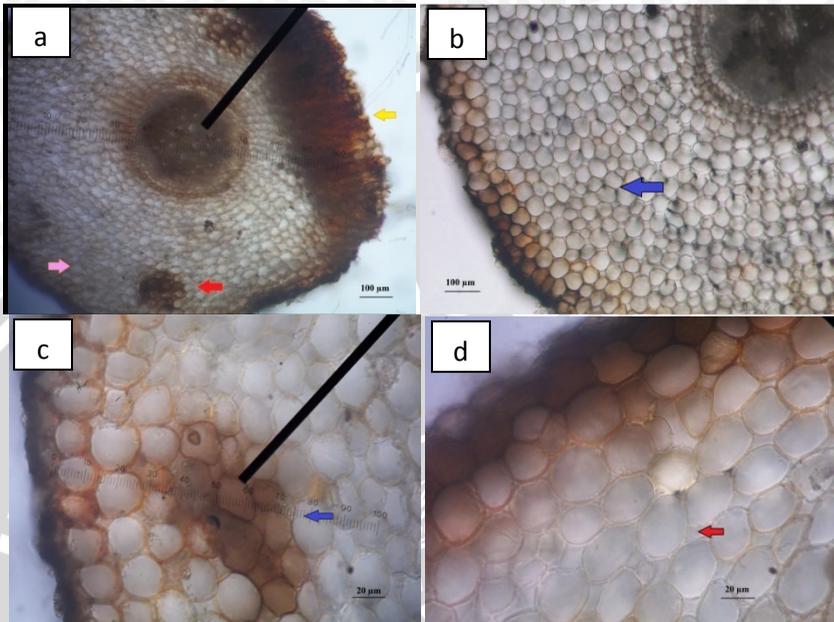
Hasil pengamatan jumlah daun tanaman *strawberry* pada uji *in vivo* (Tabel 8 dan 9) dapat diketahui bahwa pada varietas Santung memiliki jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan varietas California. Rata-rata jumlah daun pada masing-masing varietas tidak mengalami perbedaan jumlah daun yang signifikan antar perlakuan hingga akhir minggu pengamatan kecuali pada varietas California pengamatan minggu ke- 4. Jumlah daun tanaman *strawberry* varietas California perlakuan *Fusarium* dan *Trichoderma* yang disuntikkan

dalam hari yang sama (FT) pada pengamatan minggu ke- 4 memiliki perbedaan yang cukup signifikan dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Menurut Nurasih (2011) infeksi dari penyakit layu *Fusarium* dimulai dari masuknya miselium dari *Fusarium* ke dalam jaringan akar yang luka. Masuknya miselium kapang tersebut akan meluas pada sepanjang jaringan akar dan masuk pada jaringan pembuluh. Infeksi tingkat selanjutnya dilakukan dengan perbanyakan produksi mikrokonidia yang dapat menembus jaringan-jaringan lain hingga pada jaringan parenkim. Mikrokonidium yang ikut terbawa arus pada jaringan pembuluh akan mengakibatkan adanya penularan pada organ-organ lain termasuk batang semu dan daun bahkan bunga.

4.6 Struktur Anatomi Akar yang Terinfeksi Layu *Fusarium* sp.

Infeksi tanaman yang diakibatkan oleh kapang dari *Genus Fusarium* dapat menimbulkan munculnya gejala penyakit Layu *Fusarium* pada tanaman uji khususnya bagian akar. Menurut Nurasih (2011) gejala tanaman yang terserang penyakit Layu *Fusarium* dapat diketahui dari bagian daun, batang semu dan akar tanaman. Tanaman yang terserang penyakit layu *Fusarium* tidak mampu menghasilkan buah. Bunga yang muncul tidak dapat membentuk buah. Daun tanaman yang terserang penyakit ini akan mengalami nekrosis dan menguning dari arah pinggiran daun ke arah tulang daun pada daun. Nekrosis pada daun dialami oleh daun yang tua terlebih dahulu, kemudian infeksi lanjutan dapat terjadi pada daun yang muda.

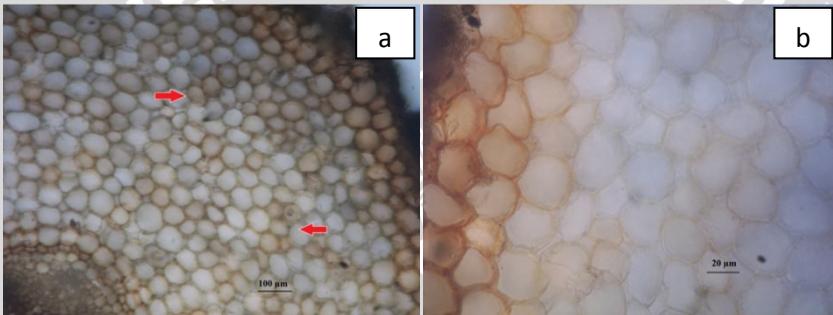
Gejala yang ditunjukkan pada bagian batang semu diketahui dari adanya perubahan warna batang menjadi coklat. Perubahan warna ini akibat adanya mekanisme penyerangan pada jaringan empulur oleh kapang *Fusarium*, sehingga transport air dan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman tidak dapat tersalurkan. Ciri Gejala Layu *Fusarium* yang paling khas adalah terjadi perubahan warna menjadi kecoklatan pada batang utama (bonggol) saat dibelah. Keadaan ini juga dibarengi dengan adanya perubahan warna pada beberapa bagian akar. Berikut merupakan gejala layu *Fusarium* yang muncul pada bagian akar tanaman (Semangun, 2003).



Gambar 20. Struktur anatomi akar tanaman *Strawberry* varietas California, (a & c) akar yang terinfeksi *Fusarium* sp.; infeksi pada jaringan korteks parenkim (panah merah dan biru); infeksi pada korteks luar menyebar pada jaringan korteks parenkim (panah kuning); jaringan korteks parenkim yang belum terinfeksi (panah pink), (b & d) akar yang sehat; jaringan korteks parenkim yang sehat/ tidak terinfeksi *Fusarium* sp. (panah merah dan biru), (a & b) jaringan akar dengan perbesaran 100x, (c & d) jaringan akar dengan perbesaran 400x. Bar = 20 μm (c, d) dan 100 μm (a, b)

Gejala Layu *Fusarium* pada tanaman *strawberry* yang berumur 3 bulan hasil uji *in vivo* dapat terlihat pada beberapa bagian tanaman khususnya akar. Akar tanaman *strawberry* varietas California yang mengalami gejala penyakit Layu *Fusarium* terlihat jelas pada preparat jaringan akar yang dibuat (Gambar 20a dan 20c). Sel-sel akar tanaman yang mengalami gejala Layu *Fusarium* mengalami perubahan warna menjadi coklat pada bagian tertentu sesuai letak serangan *Fusarium*. Preparat akar tanaman *strawberry* yang sehat (Gambar 20b dan 20d) memiliki sel-sel akar tanaman yang berwarna putih pada bagian korteks

parenkim. Gejala layu *Fusarium* pada jaringan korteks parenkim juga terlihat pada preparat mikroskopis akar tanaman *strawberry* varietas Santung (Gambar 21a). Akar tanaman *strawberry* varietas Santung yang mengalami penyakit layu *Fusarium* menunjukkan adanya gejala perubahan warna sel-sel korteks akar menjadi coklat. Akar tanaman varietas Santung yang sehat tidak mengalami perubahan warna pada sel korteks/ berwarna putih (Gambar 21b). Menurut Semangun (2003) spora dari *Fusarium oxysporum* dapat berkecambah membentuk miselium yang ada di antara sel-sel pada kulit dan jaringan parenkim yang ada di dekat tempat terjadinya infeksi.



Gambar 21. Struktur anatomi akar tanaman *Strawberry* varietas Santung, a) akar yang terinfeksi *Fusarium* sp.; infeksi pada jaringan korteks parenkim (panah merah), b) jaringan korteks parenkim pada akar yang sehat/ tidak terinfeksi *Fusarium* sp. (panah merah dan biru), a) jaringan akar dengan perbesaran 100x, b) jaringan akar dengan perbesaran 400 x. Bar = 20 µm (b) dan 100 µm (a)

Menurut Gaumann dan Jaag (1947) dalam Mukarlina dkk. (2010) perubahan warna coklat yang khas pada sel-sel tanaman yang mengalami penyakit Layu *Fusarium* disebabkan karena adanya polimerisasi melanin yang berwarna coklat antara senyawa fenol dengan enzim *fenol oksidase* yang dihasilkan oleh tanaman inang. Produksi enzim *fenol oksidase* ini merupakan salah satu mekanisme pertahanan yang dilakukan oleh tanaman inang untuk mengurangi senyawa *fenol* yang terlepas pada berkas pembuluh akibat adanya mekanisme perusakan yang dilakukan oleh *Fusarium oxysporum*. Senyawa fenol yang terlepas pada berkas pembuluh merupakan salah satu fragmen hasil pemecahan dari poligalakturonida yang dipecah dari fragmen asam pektat oleh enzim *depolymerase* (DP) yang dihasilkan oleh *Fusarium oxysporum*.

Asam pektat merupakan rantai pektin yang telah kehilangan senyawa metil akibat adanya mekanisme pemutusan senyawa metil yang dilakukan oleh enzim *pektinmetilesterase* (PME). Kedua jenis enzim pektolitik ini PME dan PD dihasilkan oleh asam fusarum yang dimiliki oleh kapang dari *GenusFusarium*. Selain itu, *Fusarium* juga dapat melepaskan rantai polipeptida yang merupakan senyawa toksin yang dapat mempengaruhi permeabilitas membran plasma tanaman. Senyawa toksin tersebut adalah *likomarasmin*.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Isolat antagonis *Trichoderma* sp. 1 mampu menghambat pertumbuhan kapang patogen *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2 sebesar 49,7 % dan 49,6 %. Isolat antagonis *Trichoderma* sp. 2 mampu menghambat pertumbuhan kapang patogen *Fusarium* sp. 1 dan *Fusarium* sp. 2 sebesar 45,8 % dan 43,4 % pada uji antagonis secara *in vitro* hingga hari ke- 7. Perlakuan paling optimal untuk menghambat pertumbuhan penyakit Layu *Fusarium* adalah perlakuan tanaman *strawberry* yang diinokulasikan *Trichoderma* terlebih dahulu kemudian *Fusarium* dengan nilai intensitas serangan 41,72 % pada varietas Santung, sedangkan varietas California cenderung lebih rentan terhadap serangan patogen.
2. Mekanisme penghambatan yang dilakukan isolat *Trichoderma* sp. terhadap isolat *Fusarium* sp. hasil uji *in vitro* adalah pembelitandan intervensi hifa.

5.2. Saran

Saran yang direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya, diantaranya:

1. Perlu dilakukan analisis pada kapang antagonis dan patogen secara molekuler dengan menggunakan analisis keragaman genetik 16s RNA.
2. Perlu dilakukan uji antagonis dengan organisme antagonis yang lebih beragam.
3. Perlu dilakukan uji lanjutan untuk mengetahui aktivitas metabolit dari masing-masing isolat yang didapatkan.
4. Perlu dilakukan metode untuk mengetahui besar mekanisme antibiosis dari *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan patogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Alex, S. 2012. Integrated, non-chemical management of *Fusarium* wilt and clubroot. Department of Agriculture, OSU (Oregon State University). <http://bpp.oregonstate.edu>. Tanggal akses 06. Januari 2013.
- Badar,R. dan Shamim A. Q. 2012. Comparative effect of *Trichoderma hamatum* and host-specific *Rhizobium species* on growth of *Vigna mungo*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*,2 (4):128-132.
- Bailey, J. A. dan Jeger M. J. 1992. Colletotrichum : Biology, Pathology and Control. *CAB. International*: 88-120.
- Budiman, S., dan Saraswati, 2008. Berkebun Stroberi Secara Komersial. Penebar Swadaya, Jakarta.
- CABI dan EPPO. 2012. Data Sheets on Quarantine Pests *Fusarium oxysporum* f.sp. *albedinis*. EPPO quarantine pest. under Contract 90/399003.
- Chehri, K., Saeed T.J., Kasa R.N.R., Saeed A. dan Baharuddin S. 2010. Occurrence of *Fusarium* spp. and Fumonisin in Stored Wheat Grains Marketed in Iran. *Toxins*,2 :2816-2823.
- Deputimenegristek. 2012. Stroberi. <http://lc.bppt.go.id/>. tanggal akses 20 November 2012.
- Dewi, P. F. 2012. Isolasi Dan Uji Antagonis *Trichodermaspp*. Terhadap Kapang Penyebab Antraknosa Pada Tanaman Stroberi (*Fragaria vesca* L.). Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Doktorfungus. 2007. *Fusarium oxysporum*. <http://www.doctorfungus.org>. Tanggal akses 05 mei 2012.
- Dono, W., Dyah M dan Dwi N. S. 2010. Virulensi *Phytophthora capsici* Asal Lada terhadap *Piper* spp. *Buletin Plasma Nutfah*,16 (2) : 140-150.
- E-medicinehealth. 2013. Onychomycosis (Fungal Nail). <http://www.emedicinehealth.com>. Tanggal akses 23 Juli 2013.
- Ekaputri, L.S. 2001. Pola penyebaran spasial dan temporal bahan organik, logam berat dan pestisida di perairan sungai Ciliwung. Disertasi Program Pascasarjana, Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, *IPB* :1-148.
- Elis, D. 2013. *Fusarium* sp. <http://www.mycology.adelaide.edu>. Tanggal akses 23 Juli 2013.
- Farlex, I. 2013. Mycotic Keratitis. <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com>. Tanggal akses 23 Juli 2013.

- Gardenguides. 2010. The Disadvantages of Using Pesticides and Herbicides. <http://www.gardenguides.com>. Tanggal akses 02 April 2012.
- Heindenreich, C. dan Turechek, B. 2001. Strawberry Leaf Scorch. Tree Fruit and Berry Pathology New York State Agriculture Experiment Station Geneva, New York.
- Henry, T., Peter C. I. dan Steven H. H. 2000. Identification of *Aspergillus* Species Using Internal Transcribed Spacer Regions 1 and 2. *Journal of Clinical Microbiology*, 38 (4): 1510-1515.
- Inga, M. 2006. Characterization of the Strawberry Pathogen *Gnomonia fragariae*, and Biocontrol Possibilities. *Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences*. Uppsala.
- Iriarte, L.E., Sosa, M.C. dan Reybet, G.E. 2011. Effect of biofumigation with cabbage to control *Fusarium oxysporum* in the soil. *Argentina RIA*, 37 (3):4-9.
- Ismail, N. dan Andi T. 2010. Potensi Agens Hayati *Trichoderma* Spp. Sebagai Agens Pengendali Hayati. Seminar Regional Inovasi Teknologi Pertanian, mendukung Program Pembangunan Pertanian. Propinsi Sulawesi Utara.
- Jan, A. L. 2005. Infection Strategies of *Botrytis cinerea*. Wageningen University, Laboratory of Phytopathology, Binnenhaven 56709 PD Wageningen, The Netherlands:77- 90.
- Kardinan, A. 2011. Penggunaan Pestisida Nabati Sebagai Kearifan Lokal Dalam Pengendalian Hama Tanaman Menuju Sistem Pertanian Organik. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 4(4): 262-278.
- Michael, A. E. 2008. Phytophthora Root and Crown Rot of Fruit Trees. Agriculture and Natural Resources. The Ohio State University. HYG-3029-08.
- Michael, A. E dan Mizuho N. 2008. Phomopsis Leaf Blight and Fruit Rot of Strawberry. Agriculture and Natural Resources. The Ohio State University. HYG-3211-08.
- Moese, S. 2010. The Disadvantages of Using Pesticides and Herbicides. <http://www.gardenguides.com>. tanggal akses 2 April 2012.
- Mukarlina, S.K. dan Reny R. 2010. Uji Antagonis *Trichoderma harzianum* Terhadap *Fusarium*spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum*) Secara *In vitro*. *Jurnal Fitomedika*,7(2): 80 – 85.

- Natalia, A. P. 2011. Florida Plant Disease Management Guide : Strawberry. IFAS Extension, University of Florida. *PDMG-V3-50*: 1-11.
- Natalia, A. P. Dan Mertely, J. C. 2013. Powdery Mildew of Strawberries. *IFAS Extension, University of Florida*: 1-4.
- NohemiC., Jose A. dan Alfredo H. 2012. *Trichoderma*: sensing the environment for survival and dispersal. *Microbiology*, 158: 3–16.
- Nurasiah, D. 2011. Bioekologi Penyakit Layu *Fusarium Oxysporum*. *Bioekologi Dan Pengelolaan Penyakit Layu Fusarium Oxysporum*. Seminar dan Pertemuan Tahunan XXI PEI, PFI Komda Sulawesi Selatan dan Dinas Perkebunan Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan tanggal 7 Juni 2011 di Hotel Singgasana Makassar.
- Nurhayati. 2011. Infeksi *Fusarium* sp. Patogen Lapuk Batang Pada Berbagai Umur Bibit Karet. Prosiding Semirata Bidang Ilmu-ilmu Pertanian BKS-PTN Wilayah Barat : 312 -315.
- Nursyahidah, F. 2012. Penelitian Eksperimen. <http://farid Nursyahidah.files.com>. Tanggal akses 10 juni 2013.
- Oak, M. 2012. Fact about Strawberries. <http://www.buzzle.com/articles/facts-about-strawberries.html>. Tanggal akses 08 April 2012.
- Ocean spray. 2012. Nutritional Analysis : Berryfusions Fruits-*Strawberry*. Ingredient Ocean Spray Technology Group. http://www.oceansprayitg.nl/wp-content/uploads/UPC_94576-94596.pdf. tanggal ases 07 November 2012.
- Pedersen, T.L. 1997. Pesticide Residues in Drinking Water. <http://extoxnet.orst.edu>. tanggal akses 08 April 2012.
- Phillips, D. dan Hossein G. 2008. *Strawberry* root and crown rot disease survey 2005 and 2006 seasons. Departement of Agriculture and Food. Government of Western Australia. *Bulletin 4747*, ISSN 1833-7236.
- Purwantisari, S dan Rini B.H. 2009. Uji Antagonisme Jamur Patogen *Phytophthora infestans* Penyebab Penyakit Busuk Daun dan Umbi Tanaman Kentang Dengan Menggunakan *Trichoderma* spp. Isolat Lokal. *BIOMA*, 11 (1): 24-32.
- Salla, T. 2012. Studies On The Resistance Of The Strawberry Powdery Mildew (*Podosphaera macularis*). Pro gradu Helsinki University Department of Agricultural Sciences Plant pathology: 1- 62.
- Semangun, H. 2003. Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta: 646 – 651.

- Singh, P. K. dan Vijay K. 2011. Biological Control of *Fusarium* wilt of *Chrysanthemum* with *Trichoderma* and Botanicals. *Journal of Agricultural Technology*, 7(6): 1603-1613.
- Siti, H., Muhamad D.U., Yulia P. Dan Suwandi. 2006. Kerapatan dan Viabilitas Spora *Beauveria bassiana* (BALS.) Akibat Subkultur dan Pengayaan Media, serta Virulensinya terhadap Larva *Plutella xylostella* (LINN.). *J. HPT Tropika*, 6 (2):70-78.
- Soesanto, L. 2008. Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman. Rajawali Pers. Jakarta.
- StrawberryPlant. 2010. *Strawberry Plant Scientific Classification*. <http://strawberryplants.org>. Tanggal 08 April 2012.
- Sudantha, I. M. dan Abdul L. A. 2011. Uji Efektivitas Beberapa Jenis Jamur Endofit *Trichoderma* spp. Isolat Lokal NTB Terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* Penyebab Penyakit Busuk Batang Pada Bibit Vanili. *Crop Agro*, 4 (2):64-73.
- Sudewa, K.A., Suprpta D.N. dan Mahendra M.S.. 2008. Residu Pestisida pada Sayuran Kubis (*Brassica oleracea* L.) dan Kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.) yang Dipasarkan Dipasar Badung Denpasar. *Ecotrophic*, 4 (2): 125-130.
- Talanca, A.H., Soenartiningih dan Wakman W., 1998. Daya Hambat Jamur *Trichoderma* spp. pada Beberapa Jenis Jamur Patogen. *Risalah Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan XI PEI, PFI dan HPTI Sul-sel, Maros*:317-322.
- Taufik, I., Koesoemadinata, Sutrisno dan A. Nugraha. 2003. Tingkat akumulasi residu pestisida pertanian di perairan tambak. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 9(4): 53-61.
- Taufik, I dan Yosmaniar. 2010. Pencemaran Pestisida Pada Lahan Perikanan Di Daerah Karawang - Jawa Barat. Prosiding Seminar Nasional Limnologi V tahun 2010.
- Tsitsigiannis, D. I., Myrto D., Polymnia P. A. dan Eleftherios C. T. 2012. Biological control strategies of mycotoxigenic fungi and associated mycotoxins in Mediterranean basin crops. *Phytopathologia Mediterranea*, 51(1): 158–174.
- Ullio, L. 2004. *Strawberry disease control guide*, Agfact H3.3.1 third edition. District Horticulturist Elizabeth Macarthur Agricultural Institute. Camden.
- United State Departement of Agriculture. 2012. Classification for Kingdom Plantae Down to *Genus Fragaria* L. <http://plants.usda.gov>. Tanggal akses 24 Mei 2012.

Yuliarni F.F., Suharjono, Bagyo Y. dan Otto E. 2010. Patogenisitas Kapang Entomopatogen Isolat Kalimantan Barat Terhadap *Lepidoshapes beckii* Newman Hama Tanaman Jeruk. Skripsi. Universitas Brawijaya Malang.

Walker, J. C. 1975. Plant Pathology. Mc Graw-Hill Book Co. Inc. New York.

Wharton, P. Dan William, K. 2007. *Fusarium* dry rot. *Extension Bulletin E-2992*, Departement of Plant Pathology, Michigan State University.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi medium agar

Potato Dextrose Agar 3, 9 g/ L

Streptomycin 50 mg/ L

Lampiran 2. Lokasi pengambilan sampel



(a)

(b)

LG1. Lokasi pengambilan sampel. a) Padan Rejo, b) Sumber Brantas

Lampiran 3. Karakter Kapang Antagonis

LT1. Karakteristik Isolat Kapang antagonis

Karakteristik Isolat	Isolat Antagonis ^{*)}			Isolat Acuan ^{**)}	
	<i>Trichoderma</i> sp. 1	<i>Trichoderma</i> sp. 2	<i>T. viridae</i>	<i>T. koningii</i>	<i>T. harzianum</i>
Bentuk Koloni	Filamentous	Filamentous	Filamentous	Filamentous	Filamentous
Margin	Branching	Branching	Undulate	Erose	Undulate
Elevasi	Convex	Crateriform	Crateriform	Crateriform	Crateriform
Garis Radial	Tidak ada	Ada, jelas	Ada, tidak jelas	Tidak ada	Ada, jelas
Warna/ pigmentasi	Hijau gelap	Hijau gelapkekuningan	Hijau gelap kekuningan	Hijau muda	Hijau gelap kekuningan
Bentuk konidia	Bulat, oval	Bulat, oval	bulat	oval	oval
Ukuran konidia	3-4 μm	3-5 μm	3,5 μm	4,1 μm	3,74 μm
Klamikonidia	Ada	Ada	Ada	Ada	Ada
Hifa	Bercabang	Bercabang	Bercabang	Bercabang	Bercabang
Konidiofor	Bercabang	Bercabang	Bercabang	Bercabang	Bercabang

*) karakter isolat diamati pada pengamatan hari ke- 7

***) karakter isolat acuan *Trichoderma* menurut Dewi (2012)

**Lampiran 4. Karakteristik Kapang Patogen
LT2. Karakteristik Isolat Kapang patogen**

Karakteristik Isolat*)	Isolat Pathogen		Isolat Acuan
	<i>Fusarium</i> sp. 1	<i>Fusarium</i> sp. 2	<i>Fusarium oxysporum</i>
Bentuk Koloni	Concentric	Concentric	Concentric
Margin	Thread-Like	Thread-Like	Cilliate
Elevasi	Convex	Raised	Raised
Garis Radial	Ada, tidak jelas	Ada	Ada
Warna/pigmentasi	Putih keunguan	Ungu	Ungu tua
Bentuk konidia	Bulat, lonjong, Bulan sabit	Bulat, lonjong, Bulan sabit	Bulat, lonjong, Bulan sabit
Ukuran konidia	3-15 μ m	4-19 μ m	3-30 μ m
Klamikonidia	Ada	Ada	Ada
Hifa	Bercabang	Bercabang	Bercabang
Konidiofor	Simple	Simple	Simple

*) karakter isolat *Fusarium* hasil isolasi dan isolat acuan *Fusarium* pengamatan hari ke- 7.

Lampiran 5. Hasil analisis perbandingan diameter kapang pada uji *in vitro*

ANOVA

Diameter					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	17.026	5	3.405	1.695	.161
Within Groups	72.323	36	2.009		
Total	89.349	41			

Diameter

Tukey HSD

Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05
		1
Fusarium sp. 2 vs Trichoderma sp. 1	7	2.8400
Fusarium sp. 1 vs Trichoderma sp. 1	7	2.8929
Fusarium sp. 2 vs Trichoderma sp. 2	7	3.0314
Fusarium sp. 1 vs Trichoderma sp. 2	7	3.0471
Fusarium sp. 2	7	4.2657
Fusarium sp. 1	7	4.3229
Sig.		.386

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 6. Hasil analisis perbandingan persentase hambat pada uji *in vitro*

Descriptive Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
PIRG	12	47.0962	3.49663	40.00	51.92

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		PIRG
N		12
Normal Parameters ^a	Mean	47.0962
	Std. Deviation	3.49663
Most Extreme Differences	Absolute	.164
	Positive	.084
	Negative	-.164
Kolmogorov-Smirnov Z		.569
Asymp. Sig. (2-tailed)		.903

a. Test distribution is Normal.

Sebaran dikatakan normal karena p-value > 0,05. Dilanjutkan dengan uji T test

- a. Uji T test perbandingan nilai PIRG antara *Trichoderma* sp. 1vs *Fusarium* sp. 1 dengan *Trichoderma* sp. 1vs *Fusarium* sp. 2

Group Statistics

Perlakuan		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PIRG	<i>Trichoderma</i> sp. 1 vs <i>Fusarium</i> sp. 1	3	49.7586	.50606	.29218
	<i>Trichoderma</i> sp. 1 vs <i>Fusarium</i> sp. 2	3	49.5787	3.07648	1.77621

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
PIRG	Equal variances assumed	8.035	.047	.100	4	.925	.17985	1.80008	-4.81797	5.17766
	Equal variances not assumed			.100	2.108	.929	.17985	1.80008	-7.19668	7.55637

nilai signifikansi > 0,05, terima Ho= tidak ada perbedaan

- b. Uji T test perbandingan nilai PIRG antara *Trichoderma* sp. 2vs *Fusarium* sp. 1 dengan *Trichoderma* sp. 2vs *Fusarium* sp. 2

Group Statistics

Perlakuan	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PIRG Trichoderma sp. 2 vs Fusarium sp. 1	3	45.7552	.58536	.33796
Trichoderma sp. 2 vs Fusarium sp. 2	3	43.2923	3.59207	2.07388

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-Test for Equality of Means							
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
								Lower	Upper	
PIRG Equal variances assumed	4.231	.109	1.172	4	.306	2.46288	2.10124	-3.37109	8.29885	
Equal variances not assumed			1.172	2.106	.357	2.46288	2.10124	-6.15510	11.08086	

nilai signifikansi > 0,05, terima Ho= tidak ada perbedaan

- c. Uji T test perbandingan nilai PIRG antara *Trichoderma* sp. 1vs *Fusarium* sp. 1 dengan *Trichoderma* sp. 2vs *Fusarium* sp. 1

Group Statistics

Perlakuan	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PIRG Trichoderma sp. 1 vs Fusarium sp. 1	3	49.7586	.50606	.29218
Trichoderma sp. 2 vs Fusarium sp. 1	3	45.7552	.58536	.33796

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances		t-Test for Equality of Means							
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
								Lower	Upper	
PIRG Equal variances assumed	.092	.777	8.961	4	.001	4.00339	.44875	2.76302	5.24376	
Equal variances not assumed			8.961	3.918	.001	4.00339	.44875	2.75274	5.25405	

nilai signifikansi > 0,05, terima Ho= tidak ada perbedaan

- d. Uji T test perbandingan nilai PIRG antara *Trichoderma* sp. 1vs *Fusarium* sp. 2dengan *Trichoderma* sp. 2vs *Fusarium* sp. 2

Group Statistics

Perlakuan	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
PIRG Trichoderma sp. 1 vs Fusarium sp. 2	3	49.5787	3.07648	1.77621
Trichoderma sp. 2 vs Fusarium sp. 2	3	43.2923	3.59207	2.07388

Independent Samples Test

	Levene's Test for Equality of Variances	t-Test for Equality of Means								
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
PIRG Equal variances assumed	.036	860	2.302	4	.083	6.28643	2.73055	-1.29479	13.86765	
Equal variances not assumed			2.302	3.908	.084	6.28643	2.73055	-1.36596	13.93881	

nilai signifikansi > 0,05, terima Ho= tidak ada perbedaan

Lampiran 7.Hasil analisis perbandingan intensitas serangan tanaman *strawberry* varietas California pada uji *in vivo*

Test of Homogeneity of Variances

Intensitas serangan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.007	29	60	.000

ANOVA

Intensitas serangan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	114630.389	29	3952.772	31.790	.000
Within Groups	7460.437	60	124.341		
Total	122090.826	89			

Intensitas_serangan

Tukey HSD

Pengaruh atau Perlak...	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
P1_F0T0	3	.0000				
P1_F0T1	3	.0000				
P2_F0T0	3	.0000				
P2_F0T1	3	.0000				
P3_F0T0	3	.0000				
P3_F0T1	3	.0000				
P4_F0T0	3	.0000				
P4_F0T1	3	.0000				
P5_F0T0	3	.0000				
P5_F0T1	3	.0000				
P1_FT	3		39.5833			
P1_T1F1	3		45.8333	45.8333		
P2_FT	3		45.8333	45.8333		
P1_F1T0	3		52.0833	52.0833	52.0833	
P1_F1T1	3		52.0833	52.0833	52.0833	
P2_F1T1	3		52.0833	52.0833	52.0833	
P2_T1F1	3		52.0833	52.0833	52.0833	
P2_F1T0	3		72.9167	72.9167	72.9167	72.9167
P3_F1T1	3			75.5900	75.5900	75.5900
P4_FT	3			78.6467	78.6467	78.6467
P3_T1F1	3			78.7833	78.7833	78.7833
P3_F1T0	3			81.2167	81.2167	81.2167
P5_T1F1	3			81.4867	81.4867	81.4867
P4_F1T1	3				82.0167	82.0167
P4_F1T0	3				83.7000	83.7000
P5_FT	3				84.0267	84.0267
P3_FT	3				84.8967	84.8967
P5_F1T1	3				85.3133	85.3133
P4_T1F1	3				86.1767	86.1767
P5_F1T0	3					88.4367
Sig.		1.000	.103	.053	.084	.996

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 8. Hasil analisis perbandingan intensitas serangan tanaman *strawberry* varietas Santungpada uji *in vivo*

Test of Homogeneity of Variances

Intensitas serangan

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
4.679	29	60	.000

ANOVA

Intensitas serangan

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	29328.175	29	1011.316	8.362	.000
Within Groups	7256.339	60	120.939		
Total	36584.514	89			



Intensitas_serangan

Tukey HSD

Pengam atan Perlak...	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
P1_F0T0	3	.0000		
P1_F0T1	3	.0000		
P2_F0T0	3	.0000		
P2_F0T1	3	.0000		
P3_F0T0	3	.0000		
P3_F0T1	3	.0000		
P4_F0T0	3	.0000		
P4_F0T1	3	.0000		
P5_F0T0	3	.0000		
P5_F0T1	3	.0000		
P1_F1T1	3	6.2500	6.2500	
P1_T1F1	3	12.5000	12.5000	12.5000
P1_F1T0	3	16.6667	16.6667	16.6667
P1_FT	3	16.6667	16.6667	16.6667
P2_T1F1	3	16.6667	16.6667	16.6667
P2_FT	3	18.7500	18.7500	18.7500
P2_F1T1	3	20.8333	20.8333	20.8333
P2_F1T0	3	29.1667	29.1667	29.1667
P3_T1F1	3	32.9933	32.9933	32.9933
P4_FT	3		37.5200	37.5200
P3_F1T1	3		37.7667	37.7667
P3_F1T0	3		39.1133	39.1133
P3_FT	3		39.8967	39.8967
P4_T1F1	3		40.9567	40.9567
P5_T1F1	3			41.7233
P4_F1T1	3			42.6333
P5_FT	3			42.7867
P5_F1T0	3			45.1500
P4_F1T0	3			45.1900
P5_F1T1	3			46.0267
Sig.		.100	.061	.086

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 9.Hasil analisis perbandingan jumlah batang tanaman *strawberry*varietas California

Test of Homogeneity of Variances

Jumlah Batang

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.161	29	60	.006

ANOVA

Jumlah Batang

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	72.233	29	2.491	3.071	.000
Within Groups	48.667	60	.811		
Total	120.900	89			



Jumlah_Batang

Tukey HSD

Pengam atan Perlak...	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
P4_FT	3	2.0000	
P5_FT	3	2.0000	
P2_FT	3	2.3333	
P3_FT	3	2.3333	
P1_F1T0	3	2.6667	2.6667
P1_F0T1	3	2.6667	2.6667
P1_FT	3	3.0000	3.0000
P2_F1T0	3	3.0000	3.0000
P5_F1T0	3	3.0000	3.0000
P1_F0T0	3	3.3333	3.3333
P2_F0T1	3	3.3333	3.3333
P3_F1T1	3	3.3333	3.3333
P4_F1T0	3	3.3333	3.3333
P1_F1T1	3	3.6667	3.6667
P2_T1F1	3	3.6667	3.6667
P3_F1T0	3	3.6667	3.6667
P4_F1T1	3	3.6667	3.6667
P5_F1T1	3	3.6667	3.6667
P1_T1F1	3	4.0000	4.0000
P2_F0T0	3	4.0000	4.0000
P2_F1T1	3	4.0000	4.0000
P3_F0T1	3	4.3333	4.3333
P3_T1F1	3	4.3333	4.3333
P5_T1F1	3	4.3333	4.3333
P3_F0T0	3	4.6667	4.6667
P4_F0T0	3	4.6667	4.6667
P4_F0T1	3	4.6667	4.6667
P4_T1F1	3	4.6667	4.6667
P5_F0T0	3		5.3333
P5_F0T1	3		5.3333
Sig.		.113	.113

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 10. Hasil analisis perbandingan jumlah batang tanaman *strawberry* varietas Santung

Test of Homogeneity of Variances

Jumlah Batang

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.260	29	60	.004

ANOVA

Jumlah Batang

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	106.667	29	3.678	1.303	.192
Within Groups	169.333	60	2.822		
Total	276.000	89			



Jumlah_Batang

Tukey HSD

Pengamatan_Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05
		1
P1_F1T0	3	5.6667
P1_F0T0	3	6.0000
P1_F0T1	3	6.0000
P1_F1T1	3	6.0000
P1_T1F1	3	6.0000
P2_F0T0	3	6.0000
P3_F0T1	3	6.0000
P4_F0T0	3	6.0000
P4_F0T1	3	6.0000
P1_FT	3	6.3333
P2_F0T1	3	6.3333
P3_F0T0	3	6.3333
P5_F0T0	3	6.3333
P5_F0T1	3	6.3333
P2_F1T0	3	6.6667
P2_T1F1	3	6.6667
P3_F1T0	3	6.6667
P2_F1T1	3	7.0000
P3_T1F1	3	7.0000
P2_FT	3	7.3333
P4_F1T0	3	7.3333
P4_T1F1	3	7.6667
P5_F1T0	3	7.6667
P3_FT	3	8.0000
P5_T1F1	3	8.0000
P3_F1T1	3	8.3333
P4_FT	3	8.3333
P4_F1T1	3	9.0000
P5_FT	3	9.3333
P5_F1T1	3	9.6667
Sig.		.471

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 11. Hasil analisis perbandingan jumlah daun tanaman *strawberry* varietas California

Test of Homogeneity of Variances

Jumlah Daun

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.774	29	60	.031

ANOVA

Jumlah Daun

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	535.600	29	18.469	2.409	.002
Within Groups	460.000	60	7.667		
Total	995.600	89			



Jumlah_Daun

Tukey HSD

Pengam atan Perlak...	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
P4_FT	3	4.3333	
P5_FT	3	5.0000	5.0000
P5_F1T0	3	5.3333	5.3333
P2_FT	3	6.0000	6.0000
P1_F0T1	3	6.3333	6.3333
P3_FT	3	6.3333	6.3333
P1_F1T0	3	7.0000	7.0000
P4_F1T1	3	7.3333	7.3333
P4_T1F1	3	7.3333	7.3333
P1_F1T1	3	7.6667	7.6667
P2_T1F1	3	8.0000	8.0000
P4_F1T0	3	8.0000	8.0000
P1_FT	3	8.3333	8.3333
P2_F1T0	3	8.6667	8.6667
P2_F0T1	3	8.6667	8.6667
P1_T1F1	3	9.0000	9.0000
P1_F0T0	3	9.3333	9.3333
P2_F1T1	3	9.3333	9.3333
P5_T1F1	3	9.3333	9.3333
P3_F1T1	3	9.6667	9.6667
P5_F1T1	3	9.6667	9.6667
P3_T1F1	3	10.0000	10.0000
P3_F1T0	3	10.3333	10.3333
P2_F0T0	3	11.3333	11.3333
P3_F0T1	3	11.6667	11.6667
P4_F0T0	3	12.0000	12.0000
P4_F0T1	3	12.6667	12.6667
P5_F0T1	3	12.6667	12.6667
P3_F0T0	3	13.0000	13.0000
P5_F0T0	3		13.6667
Sig.		.066	.066

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Lampiran 12. Hasil analisis perbandingan jumlah daun tanaman *strawberry* varietas Santung

Test of Homogeneity of Variances

Jumlah Daun

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.617	29	60	.059

ANOVA

Jumlah Daun

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	463.289	29	15.975	.844	.686
Within Groups	1135.333	60	18.922		
Total	1598.622	89			



Jumlah_Daun

Tukey HSD

Pengamatan_Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.05
		1
P1_F0T0	3	13.0000
P4_F0T0	3	13.0000
P2_F0T0	3	13.3333
P5_F0T0	3	13.3333
P4_F0T1	3	14.0000
P3_F0T0	3	14.3333
P1_F1T0	3	14.6667
P1_F0T1	3	14.6667
P5_F0T1	3	14.6667
P2_F1T0	3	15.0000
P2_T1F1	3	15.0000
P3_F1T0	3	15.0000
P1_T1F1	3	15.3333
P3_F0T1	3	15.3333
P1_F1T1	3	15.6667
P2_F0T1	3	15.6667
P2_F1T1	3	15.6667
P2_FT	3	16.0000
P1_FT	3	16.6667
P4_F1T0	3	16.6667
P3_T1F1	3	17.0000
P3_FT	3	18.0000
P4_T1F1	3	18.0000
P5_F1T0	3	18.6667
P4_F1T1	3	19.0000
P5_T1F1	3	19.0000
P5_FT	3	19.0000
P3_F1T1	3	19.6667
P4_FT	3	20.6667
P5_F1T1	3	21.3333
Sig.		.853

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

