

DAMPAK PENGGUNAAN MIKORIZA (*Glomus fasciculatus*),  
*Gliocladium* sp. DAN *Pseudomonas fluorescens* TERHADAP  
PERTUMBUHAN BIBIT VANILI (*Vanilla planifolia* Andrews) DAN  
INTENSITAS SERANGAN PENYAKIT BUSUK BATANG  
(*Fusarium oxysporum* f.sp *vanillae*)

*THE IMPACT OF USING MYCORRHIZA (Glomus fasciculatus),  
Gliocladium sp. AND Pseudomonas fluorescens ON THE GROWTH OF  
VANILI (vanilla planifolia Andrews) AND SEVERITY OF STEM ROT  
DISEASE (Fusarium oxysporum f.)*

**OLEH:**

**ZAHRAENI KUMALAWATI  
P0101203013**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2006**

**DAMPAK PENGGUNAAN MIKORIZA (*Glomus fasciculatus*),  
*Gliocladium* sp. DAN *Pseudomonas fluorescens* TERHADAP  
PERTUMBUHAN BIBIT VANILI (*Vanilla planifolia* Andrews) DAN  
INTENSITAS SERANGAN PENYAKIT BUSUK BATANG  
(*Fusarium oxysporum* f.sp *vanillae*)**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Sistem-Sistem Pertanian

Disusun dan diajukan oleh

**ZAHRAENI KUMALAWATI**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2006**

**TESIS**

**DAMPAK PENGGUNAAN MIKORIZA (*Glomus fasciculatus*), *Gliocladium* sp. DAN *Pseudomonas fluorescens* TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT VANILI (*Vanilla planifolia* Andrews) DAN INTENSITAS SERANGAN PENYAKIT BUSUK BATANG (*Fusarium oxysporum* f.sp *vanillae*)**

Disusun dan diajukan oleh

**ZAHRAENI KUMALAWATI**  
**Nomor Pokok P0101203013**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis

Pada tanggal 7 Agustus 2006

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat

\_\_\_\_\_  
**Prof. Dr. Ir. Baharuddin, Dipl.Ing.**  
Ketua

\_\_\_\_\_  
**Ir. Amirullah Dachlan, MS.**  
Anggota

Ketua Program Studi  
Sistem-Sistem Pertanian,

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin,

\_\_\_\_\_  
**Prof.Dr.Ir.H. Abd. Latief Toleng, MSc.**

\_\_\_\_\_  
**Prof.Dr.dr. A. Razak Thaha, MSc.**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Zahraeni Kumalawati  
Nomor mahasiswa : P0101203013  
Program studi : Sistem-sistem Pertanian/ Tanaman

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 25 September 2006  
Yang menyatakan

**Zahraeni Kumalawati**

## PRAKATA

*Bismillahirrahmanirrahiem:* Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih, Maha Penyayang. Segala rangkaian puja dan puji penulis sembahkan kepada-Nya karena atas izin dan takdir-Nya jualah sehingga kami dapat merampungkan penulisan laporan ini.

Pada kesempatan ini, terima kasih dihaturkan kepada Prof. Dr. Ir. Baharuddin, Dipl. Ing. dan Ir. Amirullah Dachlan, MP yang dengan kesabaran tinggi telah membimbing penulis mulai dari perencanaan, persiapan hingga pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan ini.

Do'a yang tak putus-putusnya penulis persembahkan kepada Almarhum Ayahanda Ardi Hamid, semoga segala amalan beliau mendapatkan anugerah-Nya. Khusus kepada Ibunda Adriani Hamsinawati, terima kasih atas segala do'a dan jerih payah dalam mendidik sejak kecil hingga menyelesaikan pendidikan. Terima kasih pula kepada ibu Hj. Daniah Alkaf dan bapak H. Rusli Kaccoa atas segala dukungannya kepada anakda utamanya selama menempuh pendidikan ini. Tak lupa pula terima kasih kepada Kakanda Rizal Rahman Ardi, Irsan Adiwijaya, dan adinda Faisal Rahmat.

Kepada kakanda Kafrawi, disampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga atas pengertian, kesabaran dan dedikasinya yang luar biasa dalam mendampingi penulis dan senantiasa memberi motivasi dan semangat dalam mengarungi samudera pengetahuan dan kehidupan. Juga kepada Zalfa Fatin Nabila dan Zayra Fatin Naycilla, dua permata hati sebagai sumber inspirasi dan spirit terbaik.

Kepada temanku, Sri Mulyani, Iradhatullah, Hasdiana Sawati, M Izzdin Idrus, A. Gusnawati, A. Rachmaniar, Ahmad Yani, Pak Rahman, dan rekan-rekan lain yang tidak sempat dicantumkan namanya di sini, diucapkan terima kasih atas segala motivasi, tenaga dan kerjasama yang telah ditunjukkan selama ini.

Akhirnya penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dibidang ilmu pertanian. Semoga Allah senantiasa menyertai kita semua, Amien.

*Terima kasih.*

**Penulis**

## ABSTRAK

ZAHRAENI KUMALAWATI., P101203013. Dampak Penggunaan Kombinasi Mikoriza (*Glomus fasciculatus*), *Gliocladium* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* pada Pertumbuhan Bibit Vanili (*Vanilla planifolia* Andrews) dan Intensitas Penyakit Busuk Batang (*Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae*) (dibimbing oleh Baharuddin dan Amirullah Dachlan)

Penelitian ini bertujuan mengetahui dampak penggunaan mikoriza kombinasi mikoriza (*Glomus fasciculatus*) dengan mikroorganisme antagonis *Gliocladium* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* pada pertumbuhan bibit vanili (*Vanilla planifolia* Andrews) dan intensitas penyakit busuk batang (*Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae*).

Penelitian dilaksanakan dengan pola rancangan acak kelompok (RAK). Perlakuan terdiri atas : Kontrol positif (K+), Mikoriza (M), Mikoriza + *Gliocladium* sp. (MG), Mikoriza + *P. fluorescens* (MP), *Gliocladium* sp. + *P. fluorescens* (GP), Mikoriza + *Gliocladium* sp.+ *P. fluorescens* (MGP), Kontrol negatif (K-), Mikoriza + *Fusarium* (MF), Mikoriza + *Gliocladium* sp. + *Fusarium* (MGF), Mikoriza + *P. fluorescens* + *Fusarium* (MPF), *Gliocladium* sp.+ *P. fluorescens* + *Fusarium* (GPF), Mikoriza + *Gliocladium* sp. + *P. fluorescens* + *Fusarium* (MGPF). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali dengan 2 unit sehingga diperoleh 72 unit percobaan. Selanjutnya data yang diperoleh dianalisis ragam dan diuji dengan metode kontras orthogonal. untuk melihat perbedaan kombinasi antar perlakuan.

Dalam penelitian ini dilakukan isolasi dan identifikasi patogen, perbanyakan mikroorganisme antagonis, perbanyakan dan identifikasi Mikoriza, aplikasi Mikoriza dan mikroba antagonis, dan pewarnaan jaringan serta pengamatan mikroskopis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Mikoriza memberikan hasil lebih baik pada pertumbuhan tanaman vanili dibandingkan bila diberikan bersama mikroba antagonis *Gliocladium* sp dan *Pseudomonas. fluorescens*. Mikoriza, *Gliocladium* sp dan *P. fluorescens* baik yang diberikan secara tunggal maupun secara kombinasi memberikan dampak yang lebih baik bagi penyusunan protein dalam tanaman vanili. Kombinasi Mikoriza dengan bakteri *P. fluorescens* berdampak lebih baik bagi persentase kolonisasi Mikoriza pada akar vanili. Mikoriza dan kombinasinya dengan mikroba antagonis *Gliocladium* sp dan *P. fluorescens* berhasil menurunkan intensitas serangan penyakit busuk batang (PBB) pada tanaman vanili dari 81 % menjadi 33.33 %.

## ABSTRACT

ZAHRAENI KUMALAWATI. The Impact of using Mycorrhiza (*Glomus fasciculatus*), *Gliocladium* sp. and *Pseudomonas fluorescens* on the growth of Vanili (*Vanilla planifolia* Andrews) and severity of stem rot disease (*Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae*) (supervised by Baharuddin and Amirullah Dachlan)

This research aimed to know the effect of using Mycorrhiza (*Glomus fasciculatus*), and combination with *Gliocladium* sp. and *Pseudomonas fluorescens* on the growth of Vanili (*Vanilla planifolia* Andrews) and severity of stem rot disease (*Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae*).

This research was arranged on the Group Random Design. The treatment was : the Positive Control (K+), Mycorrhiza (M), Mycorrhiza + *Gliocladium* sp. (MG), Mycorrhiza + *P. fluorescens* (MP), *Gliocladium* sp. + *P. fluorescens* (GP), Mycorrhiza + *Gliocladium* sp.+ *P. fluorescens* (MGP), Negative Control (K-), Mycorrhiza + *Fusarium* (MF), Mycorrhiza + *Gliocladium* sp. + *Fusarium* (MGF), Mycorrhiza + *P. fluorescens* + *Fusarium* (MPF), *Gliocladium* sp.+ *P. fluorescens* + *Fusarium* (GPF), Mycorrhiza + *Gliocladium* sp. + *P. fluorescens* + *Fusarium* (MGPF). The treatment was replied for three times with two units and then analyzed by variant analysis of data was done. Examined using orthogonal contrast method.

In this research we doing isolation and identification of pathogen, increasing and identification antagonist microbe and Mycorrhiza, and application them in plant, then clearing and stained the root to observed and examined by Mycorrhiza in microscope.

The result of this research showed that the growth of Vanili was better in treatment with Mycorrhiza than on combination with antagonist microbe *Gliocladium* sp. and *Pseudomonas fluorescens*. Mycorrhiza in single or combination with microbe antagonist *Gliocladium* sp. and *Pseudomonas fluorescens* had give better effect for increasing total protein. The combination Mycorrhiza with *P. fluorescens* had give better effect for their colonization in vanili root. The combination of Mycorrhiza with *P. fluorescens* and *Gliocladium* sp. decrease stem rot disease successfully from 81 % to 33.33 %.

**DAFTAR ISI**

	Halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	1
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan	7
D. Kegunaan	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Sistematika dan Morfologi Tanaman Vanili	8
B. Syarat Tumbuh	9
C. Penyakit Busuk Batang Pada Tanaman Vanili	10
D. Mikoriza	12
E. Mikroorganisme Antagonis	16
F. Hipotesis	19
G. Kerangka Pikir Penelitian	19
III. BAHAN DAN METODE	22
A. Tempat dan Waktu	22
B. Bahan dan Alat	22

C. Metode Penelitian	23
D. Pelaksanaan Percobaan	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Hasil	30
B. Pembahasan	36
V. KESIMPULAN DAN SARAN	45
A. Kesimpulan	45
B. Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	50

**DAFTAR TABEL**

<b>nomor</b>		<b>halaman</b>
1.	Hasil Uji Kontras Orthogonal Pertambahan Tinggi Tanaman Vanili (cm) pada umur 8 mst	30
2.	Hasil Uji kontras Orthogonal Pertambahan Jumlah Daun Tanaman Vanili (helai) pada umur 8 mst	32
3.	Hasil Uji Kontras Orthogonal Protein Total Tanaman Vanili (mg/g.f.w) pada umur 8 mst	33
4.	Hasil Uji Kontras Orthogonal Kolonisasi Mikoriza pada Akar Tanaman Vanili (%) pada umur 8 mst	34

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>nomor</b>		<b>halaman</b>
1a.	Data Pertambahan Tinggi Tanaman Vanili (cm) pada umur 8 mst	50
1b.	Sidik Ragam Pertambahan Tinggi Tanaman Vanili (cm) pada umur 8 mst	50
2a.	Data Pertambahan Jumlah Daun Tanaman Vanili (helai) pada umur 8 mst	51
2b.	Sidik Ragam Pertambahan Jumlah Daun Tanaman Vanili (helai) pada umur 8 mst	51
3a.	Data Protein Total Tanaman Vanili (mg/g.f.w) pada umur 8 mst	52
3b.	Sidik Ragam Protein Total Tanaman Vanili (mg/g.f.w) pada umur 8 mst	52
4a.	Data Kolonisasi Mikoriza pada Akar Tanaman Vanili (%) pada umur 8 mst	53
4b.	Sidik Ragam Kolonisasi Mikoriza pada Akar Tanaman Vanili (%) pada umur 8 mst	53
5	Rata-rata Intesitas Serangan (%) <i>Fusarium oxysporum f.sp. vanillae</i> pada tanaman	54

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Tanaman vanili (*Vanilla planifolia* Andrew) merupakan salah satu tanaman industri yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Tanaman vanili telah dikenal di Indonesia sejak tahun 1819, penanamannya cepat meluas karena pemeliharaannya mudah dan murah, sedangkan harga buah polong cukup tinggi, sehingga dijuluki “si emas hijau”.

Buah (polong) tanaman ini digunakan sebagai bahan penyegar, penyedap, dan pengharum makanan, permen, ice cream, dan minuman, juga sebagai bahan farmasi dan kosmetik berupa tincture atau absolut (Pusposendjoyo, 2004).

Kegunaan dari buah vanili yang cukup penting tersebut menyebabkan vanili Indonesia merupakan salah satu komoditas ekspor andalan dari subsektor perkebunan yang sebagian besar ( $\pm$  95%) diusahakan dalam bentuk perkebunan rakyat (Tombe, 2002). Kebutuhan dunia akan vanili sekitar 2000 – 2500 ton vanili kering. Total produksi dunia yang ada baru mencapai 1300 ton sehingga masih terdapat kekurangan 700 – 1200 ton, padahal Indonesia hanya dapat memasok 8 – 10 % dari kebutuhan dunia. (Hadisutrisno, 2004).

Meskipun pasokan produksi vanili masih relatif rendah, namun kualitas buah vanili Indonesia paling baik karena kadar vanilinya mencapai 2,75 – 3,19%, dibandingkan Negara pengekspor lain seperti Madagaskar, Meksiko, dan Tahiti yang hanya berkisar 1,5 – 1,9% (Hadisutrisno, 2004). Namun

kualitas buah yang tinggi tersebut tidak dibarengi dengan produktifitasnya. Produktifitas rata-rata tanaman vanili rakyat pada tahun 2002 sekitar 0,2 – 0,5 kg polong kering per pohon, sedangkan potensi produksi dapat mencapai 1 – 1,5 kg polong kering per pohon. Data Direktorat Jenderal Perkebunan Departemen Pertanian tahun 2001 menunjukkan bahwa luas areal pertanaman vanili di seluruh Indonesia berkisar 15.937 ha. Diperkirakan luas pertanaman akan terus menurun karena teknik pengolahan yang kurang baik dan adanya serangan penyakit busuk batang (PBB). Hal ini terlihat dari jumlah ekspor tahun 2001 yang hanya 339 ton polong kering, sedangkan pada tahun 1998 mencapai 729 ton (Ruhnayat, 2003).

Bahkan dari total ekspor tersebut tidak ada yang termasuk mutu I, hanya 27,25% termasuk mutu II dan 44,69% yang termasuk mutu III, sedangkan sisanya (28,16%) tidak memenuhi standar mutu tersebut di atas. Padahal harga vanili kering di tingkat eksportir saat ini (Agustus 2001) adalah US\$ 80/kg (mutu I), US\$ 60-70/kg (mutu II), US\$ 40-50/kg (mutu III) (Tombe, 2002).

Kondisi tersebut di atas menunjukkan bahwa potensi dan peluang untuk meningkatkan pangsa pasar dan kontribusi vanili sebagai sumber devisa negara masih terbuka lebar. Permasalahan utama yang menyebabkan rendahnya pangsa pasar vanili Indonesia adalah mutu dan produktifitas yang masih rendah.

Mutu vanili tidak hanya ditentukan pada tahap pengolahan saja, tetapi juga terkait dengan faktor lainnya, mulai dari ketersediaan varietas unggul, teknis budidaya, sampai pemasaran. Keragaman genetic tanaman vanili yang sempit menyebabkan sulitnya diperoleh varietas unggul. Menurut Tombe

(2002), varietas yang ada umumnya peka terhadap penyakit busuk batang (PBB) dan produktivitasnya rendah, sehingga saat ini belum diperoleh varietas unggul yang dilepas.

Serangan penyakit busuk batang pada vanili dapat dicegah sedini mungkin apabila diterapkan cara budidaya yang baik mulai dari penyiapan bibit, penanaman, pemeliharaan, hingga panen. Teknik perbanyakan tanaman vanili yang paling banyak dilakukan selama ini adalah melalui setek. Namun menurut Hadisutrisno (2004) sejak tahun 1982 lebih dari 80% tanaman vanili sudah terinfeksi penyakit busuk batang, sehingga sulit diperoleh stek yang bebas penyakit. Hal ini menyebabkan penyebaran PBB semakin cepat meluas dan sulit dikendalikan. Hal tersebut dialami oleh petani vanili di Jawa Barat, Jawa Tengah, Bali, dan sentra tanaman vanili lainnya. Oleh karena itu usaha pengendalian hendaknya dimulai pada tahapan pembibitan.

Penerapan teknis budidaya dan usaha pengendalian sebaiknya dilakukan dengan tidak mengabaikan tuntutan pasar internasional dalam era perdagangan bebas. Agar produk pertanian Indonesia khususnya vanili dapat diterima oleh negara konsumen yang menerapkan ecolabelling maka produk tersebut harus aman dan bebas baik dari polutan, residu pupuk kimia maupun pestisida. Oleh karena itu pengelolaan tanaman yang paling tepat adalah dilakukan secara terpadu, yaitu penggabungan antara kultur teknis yang baik yang membatasi/ mengurangi penggunaan pupuk kimia dengan pengendalian hama penyakit secara biologi atau hayati.

Salah satu pupuk hayati (*biofertilizer*) yang dapat dimanfaatkan adalah mikoriza. Mikoriza adalah salah satu bentuk hubungan simbiosis mutualistik

(saling menguntungkan) antara cendawan/jamur (mykes) dan perakaran (rhiza) tanaman. Mikoriza mempunyai kemampuan untuk berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman. Penggunaan pupuk ini efektif digunakan pada saat tanaman masih dipersemaian (tanaman muda) yang akarnya belum mengalami penebalan. Hal tersebut memberikan peluang lebih besar untuk mikoriza menginfeksi akar tanaman (Iskandar, 2002).

Dikenal dua macam mikoriza, yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Ektomikoriza dikenal karena adanya sarung mantel jamur yang menutup permukaan akar, sedangkan golongan endomikoriza tidak mempunyai mantel jamur namun terdapat hubungan *intracellulair* dari hifa yang masuk ke dalam sel akar (Suhardi, 1990). Ektomikoriza lazim ditemui pada pepohonan, termasuk suku *Pinaceae* (pinus, cemara), *Fagaceae* (oak, chestnut), *Betulaceae*, *Salicaceae* (Salisbury, 1995), juga pada *Eucalyptus* dan kelompok *Dipterocarp* (Prematuri, 1999). Sedangkan golongan endomikoriza berasosiasi dengan sebagian besar dari famili *Angiosperma*, *Gymnosperma*, *Pteridophyta* dan *Bryophyta* (Setiadi, 1998).

Selama siklus hidupnya jamur endomikoriza mempunyai struktur intraseluler yang khas, yaitu pada ujung hifanya terbentuk gelembung oval atau globose yang disebut "vesikel" dan struktur berbentuk pohon kecil disebut "arbuskule" (Suhardi 1990). Karena strukturnya yang khas tersebut sehingga golongan Mikoriza ini disebut pula vesikular arbuskula mikoriza (VAM atau MVA), atau cendawan mikoriza arbuskula (CMA). Mikoriza ini telah mendapat perhatian yang sangat besar dari para ahli pertanian dan ahli lingkungan, karena jasad renik ini dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif teknologi di masa mendatang yang tidak saja efektif untuk membantu

meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman tetapi juga ramah lingkungan. Selain itu MVA dapat pula dimanfaatkan untuk meningkatkan daya tahan tanaman terhadap serangan patogen akar dan bersifat sinergis dengan mikroba potensial lainnya seperti bakteri pelarut Phosfat seperti (*Pseudomonas* sp.)

Pemanfaatan mikoriza untuk menekan intensitas serangan penyakit juga telah banyak diteliti. Rosmini (1997) melaporkan pemberian mikoriza *Glomus fasciculatus* yang dikombinasikan dengan mikroba antagonis *Pseudomonas fluorescens* dan *Fusarium* sp. berhasil menurunkan tingkat serangan *Fusarium oxysporum* dari 15,6% menjadi 8,8% pada tanaman bawang merah.

Salah satu usaha pengendalian PBB secara hayati yang juga dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan mikroorganisme tanah seperti cendawan rizosfer yang menguntungkan dan bersifat antagonis terhadap patogen tular tanah. Di samping memberikan efek penekanan secara langsung terhadap patogen, mikroorganisme antagonis umumnya dapat meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan tanaman sehingga secara tidak langsung meningkatkan ketahanan tanaman tersebut terhadap patogen (efek tidak langsung) (Whipps dan Lumsden, 1983 dalam Indrawati, dkk, 2001).

Hasil penelitian yang dilakukan Hafid (2004) menunjukkan penggunaan mikroorganisme antagonis *Gliocladium* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* memberikan pengaruh penekanan yang lebih baik terhadap penyakit busuk batang pada tanaman vanili dibandingkan dengan *Trichoderma* sp. dan *Bacillus subtilis*).

*Pseudomonas* grup fluoresen seperti *P. fluorescens* dan *P. putida* merupakan salah satu kelompok *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) yang dapat berfungsi ganda selain dapat mendorong pertumbuhan tanaman juga dapat mengurangi intensitas penyakit tanaman. Hasil penelitian Baharuddin, dkk. (1997) dilaporkan bahwa isolat *Pseudomonas fluorescens* dapat menekan intensitas penyakit busuk batang yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. pada tanaman tomat.

Berdasarkan hal di atas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui dampak penggunaan kombinasi mikoriza (*G. fasciculatus*) dengan mikroorganisme antagonis *Gliocladium* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* pada pertumbuhan bibit vanili (*Vanilla planifolia* Andrews) dan tingkat serangan penyakit busuk batang (*Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae*).

### **B. Rumusan Masalah**

- ? Penyakit busuk batang merupakan permasalahan umum yang dihadapi dalam pengembangan tanaman di hampir semua sentra vanili di Indonesia karena menyebabkan kerugian sangat besar yaitu dapat melebihi 80 %, memperpendek masa produksi, serta sangat menurunkan mutu buah vanili.
- ? Penyakit ini masih sulit dikendalikan, olehnya itu pengendaliannya harus dilakukan secara terpadu dengan menggabungkan cara pengendalian kultur teknis dan pengendalian biologi atau pengendalian hayati.
- ? Pengendalian secara kultur teknis dapat dilakukan melalui penanaman bibit dari varietas atau klon tahan, namun sampai saat ini belum ditemukan varietas vanili yang tahan terhadap penyakit busuk batang.

- ? Pengendalian secara hayati perlu dilakukan untuk dapat menciptakan bibit yang lebih sehat melalui pemanfaatan PGPM (Plant Growth Promoting Microorganism) atau PHPM (Plant Health Promoting Microorganism) seperti *Pseudomonas* spp. grup fluoresen maupun *Gliocladium* sp. Kedua mikroorganisme ini bersifat antagonistik terhadap patogen tular tanah khususnya penyebab penyakit busuk batang *Fusarium oxysporum* f.sp *vanillae*. Penggunaan mikoriza dapat pula digunakan untuk membantu tanaman dalam penyerapan unsur hara dan meningkatkan ketahanannya terhadap serangan patogen.
- ? Untuk itu perlu kiranya diketahui apakah mikoriza dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan dan mengurangi tingkat penyakit busuk batang pada tanaman vanili.
- ? Perlu pula diketahui apakah pengaruh penggunaan mikoriza untuk tujuan tersebut berdampak lebih baik apabila dikombinasikan dengan mikroba antagonis seperti *Gliocladium* sp. dan *Pseudomonas fluorescens*.

### **C. Tujuan**

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak penggunaan mikoriza (*Glomus fasciculatus*) dengan mikroorganisme antagonis *Gliocladium* sp. dan *Pseudomonas fluorescens* pada pertumbuhan bibit vanili (*Vanilla planifolia* Andrews) dan intensitas penyakit busuk batang (*Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae*).

### **D. Kegunaan Penelitian**

Hasil Penelitian dapat menjadi dasar dalam pemanfaatan mikoriza dan agens hayati (*Gliocladium* sp. dan *Pseudomonas fluorescens*) yang mampu

berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman sekaligus mengendalikan patogen penyebab penyakit busuk batang batang (*Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae*).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Sistematika dan Morfologi Tanaman Vanili

Tanaman vanili tergolong kedalam divisi : *Spermatophyta*, kelas : *Angiospermae*, subkelas : *Monocotyledoneae*, ordo : *Orchidales*, famili : *Orchidaceae*, genus : *Vanilla*, dan species : *Vanilla* spp. Tanaman ini terdiri atas 700 genus dan 20.000 spesies (Ruhnayat, 2003).

Genus vanilla mempunyai 50 spesies. Dari sekian banyak jenis, yang mempunyai nilai ekonomi yaitu *Vanilla planifolia* Andrews, *V. pompana* Schiede., *V. tahitensis* J.W. Moore. Diantara ketiga jenis tersebut *V. planifolia* mempunyai produksi tinggi dan lebih bermutu karena kadar vanilinya lebih tinggi, namun rentan terhadap penyakit busuk batang. Sedangkan *V. pompana* mempunyai kadar vanillin dan produksi yang rendah tetapi tahan penyakit busuk batang (Hadisutrisno, 2004).

Akar tanaman vanili yang berada dalam tanah bercabang-cabang dan berbulu halus, tersebar di sekitar permukaan tanah. Pada buku-buku batang terdapat dua macam akar, yaitu akar lekat dan akar gantung. Akar lekat berfungsi sebagai alat pelekak pada pohon pelindung/panjatan sedangkan akar gantung bila mencapai tanah dapat membantu mengisap zat-zat hara dari dalam tanah (Hadisutrisno, 2004).

Batang vanili berbuku-buku, berbentuk silindris, permukaan licin dan berdiameter 1 - 2 cm. Panjang ruas sekitar 5 – 15 cm dan panjang batang mencapai lebih dari 50 meter. Jika pucuk batang dipotong akan tumbuh

cabang, bila pada cabang mengeluarkan bunga maka cabang itu disebut cabang produksi (Ruhnayat, 2003).

Dari setiap buku tumbuh satu daun yang letaknya berselang-seling. Bentuk daun jorong memanjang sampai lanset, panjang berkisar 8-25 cm, lebar 2-8 cm dan tebal 0,05-0,15 cm. Ujung daun runcing, pangkal daun membulat, dan tepinya rata. Permukaan licin dan berwarna hijau mengkilat. Tangkai daun pendek, tebal dan beralur menghadap ke atas (Hadisutrisno, 2004).

Bunga vanili keluar dari ketiak daun, panjang rangkaian bunga 5-8 cm, jumlah bunga bisa mencapai 30 bunga, berwarna hijau kekuningan dan mekar hanya dalam satu hari. Diameter bunga 10 cm dengan tangkai sangat pendek. Bunga vanil termasuk hermaphrodit, namun tidak bisa menyerbuk sendiri karena kepala putik tertutup seluruhnya oleh lidah bunga. Bunga mempunyai 1-2 stamen, 1 anther dengan 2 stigma yang fertile, pollen seperti tepung berkilin dan mengumpul (Ruhnayat, 2003).

Buah berbentuk kapsul (polong), bersudut tiga, bertangkai pendek, panjang 10 – 25 cm, berdiameter 5 – 15 mm dan permukaannya licin. Buah akan masak 8-9 bulan setelah penyerbukan. Biji berukuran sangat kecil (diameter sekitar 0,3 mm), tidak mempunyai lembaga, hanya mempunyai protocorm (Hadisutrisno, 2004).

## **B. Syarat Tumbuh**

### **1. Iklim**

Kondisi iklim (lingkungan) yang cocok untuk tanaman vanili yaitu pada ketinggian 400 – 600 m dpl, dengan curah hujan 1500 – 2000 mm tahun<sup>-1</sup>, terdiri atas bulan basah 7 – 9 bulan dan 3 - 5 bulan kering, serta hari hujan

sekitar 100 – 180 hari tahun<sup>-1</sup>. Kelembaban 60 – 75%, suhu udara 20 -30°C, dan radiasi matahari 30 – 50% (Pusposendjojo, 2004)

## **2. Tanah**

Tanaman vanili dapat dibudidayakan di berbagai jenis tanah asalkan sifat fisik dan kimianya baik. Tanah yang remah dengan solum yang relatif dalam dan banyak mengandung bahan organik sangat baik untuk pertumbuhan tanaman vanili. Keasaman tanah (pH) yang sesuai berkisar 5,5 – 7,0 (Hadisutrisno, 2004).

### **C. Penyakit Busuk Batang Pada Tanaman Vanili**

Salah satu permasalahan yang penting dalam pengembangan budi daya vanili adalah gangguan penyakit busuk batang. Penyakit ini dapat menyebabkan kerugian yang sangat besar dengan akibat matinya tanaman 50% sampai 100%, memperpendek umur produksi dari 10 kali panen menjadi dua kali atau bahkan tidak dapat berproduksi, serta mutu buah yang berasal dari tanaman yang sakit sangat rendah. Sedangkan menurut Tombe (1986) kerugian dapat mencapai lebih dari 80% (Hadisutrisno, 2004)

Penyakit busuk batang disebabkan oleh cendawan *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. Penyakit busuk batang vanili dilaporkan pertama kali oleh Zimmermann pada tahun 1902. Penyakit tersebut sangat merugikan karena dapat mematikan tanaman. Patogen menyerang pada batang yang mengakibatkan jaringan batang menjadi busuk dan pembusukan batang inilah yang merupakan ciri khas penyakit tersebut. Kadang-kadang penyakit muncul juga pada daun dan buah, tetapi kerusakannya tidak berarti jika dibandingkan dengan kerusakan pada batang (Semangun, 1996).

Patogen dapat ditularkan melalui kontak langsung antara akar yang sakit dengan akar yang sehat, air, tanah, stek batang yang sakit, manusia, dan juga serangga. Patogen juga dapat menyebar ke daerah-daerah pertanaman baru melalui bibit (Tombe dan Sitepu (1991) *dalam* Winarsih (1993)). Laju infeksi busuk batang vanili meningkat seiring dengan peningkatan kelembaban dalam kebun antara 90 - 95% (Hadisutrisno dan Sumardiyono, 1978).

Menurut Alexopolus dan Mims (1997) *dalam* Rosida (2004), cendawan *Fusarium oxysporum* tergolong ke dalam :

Kingdom : Fungi  
Divisio : Eumycota  
Subdivisio : Deuteromycotina  
Kelas : Hypomycetes  
Ordo : Moniliales  
Famili : Tuberculariaceae  
Genus : *Fusarium*  
Spesies : *Oxysporum*

*F. oxysporum* dapat bertahan lama di dalam tanah sebagai saprofit selama 5 – 10 tahun sehingga tanah yang sudah terinfestasi sukar dibebaskan kembali dari cendawan ini. Cendawan mengadakan penetrasi secara langsung melalui ujung akar atau masuk melalui luka pada akar atau pembentukan akar lateral. Miselium lebih lanjut menembus dalam korteks akar secara interseluler dan pembuluh xylem. Miselium membentuk cabang dan menghasilkan mikrokonidia di dalam pembuluh inang, kemudian dilepaskan dan terbawa ke bagian atas oleh cairan tanaman. Mikrokonidia ini

akan berkecambah dan membentuk miselium baru. Reproduksi terus berlanjut dan penyakit tanaman terus berkembang sehingga pengangkutan air dan hara menjadi terganggu serta tanaman menjadi layu (Agrios, 1996).

Tombe dan Sitepu (1991), menyatakan bahwa penyakit busuk batang pada vanili telah menyebar hampir di seluruh areal pertanaman vanili di Indonesia seperti Jawa tengah, Jawa timur, Bali, Lampung, Sumatera Utara, dan Sulawesi Selatan.

Pengendalian penyakit busuk batang vanili harus dilakukan secara terpadu dengan penggabungan cara pengendalian kultur teknis dan pengendalian biologi atau pengendalian hayati (Hadisutrisno, 2004). Selain itu menurut Tombe dan Manohara (1991) dalam Semangun (1996) menambahkan bahwa pemanfaatan mikroorganisme antagonis dalam tanah mampu menghambat terjadinya infeksi *F. oxysporum* f.sp *vanillae* pada pertanaman vanili.

#### **D. Mikoriza**

Mikoriza adalah suatu bentuk hubungan simbiosis mutualistis (saling menguntungkan) antara cendawan/jamur (*mykes*) dan perakaran (*rhiza*) tanaman (Wilarso, 1990). Mikoriza mulai dikenal dan diidentifikasi sudah hampir seratus tahun yang lalu. Frank adalah orang pertama yang membedakan adanya dua golongan mikoriza ekto dan endomikoriza. Golongan endomikoriza tidak mempunyai mantel jamur dan terdapat hubungan intraselluler dari jamur atau hypae yang masuk ke dalam sel. Selama siklus hidupnya endomikoriza jamur symbiont akan mempunyai perbedaan struktur intraselluler hypae, menggelembung berbentuk oval atau globose pada ujungnya disebut "vesikal", sedangkan struktur intraselluler

yang berbentuk seperti pohon kecil disebut *arbuskule* dan bentuk klump yang tidak teratur yang disebut *sporangiola*. Pada waktu yang bersamaan dan pada akar yang sama dapat terinfeksi oleh dua jenis endophyte yang berbeda (Suhardi, 1990).

Cendawan Mikoriza arbuskula (CMA) dapat dibedakan dari ektomikoriza dengan memperhatikan karakteristik : (a) sistem perakaran yang kena infeksi tidak membesar (b) cendawannya membentuk struktur lapisan hifa tipis dan tidak merata pada permukaan akar (c) hifa menyerang ke dalam individu sel jaringan korteks (d) pada umumnya ditemukan struktur percabangan hifa yang disebut *arbuscules* (arbuskula) dan struktur khusus berbentuk oval yang disebut *vesicles* (vesikula).

Iskandar (2002) menyatakan bahwa mikoriza mempunyai kemampuan untuk berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman (pertanian, kehutanan, perkebunan dan tanaman pakan) dan membantu dalam meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara (terutama fosfor) pada lahan marginal. Prinsip kerja dari mikoriza ini adalah menginfeksi sistem perakaran tanaman inang, memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang mengandung mikoriza tersebut akan mampu meningkatkan kapasitas dalam penyerapan unsur hara.

CMA memainkan peranan penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan penyerapan unsur hara oleh tanaman dalam sebuah ekosistem. Sebagaimana hubungan mutualistik, tanaman dan cendawan saling memerlukan dan tergantung didalam proses kehidupannya. Sieverding (1991) dalam Setiadi (1998) melaporkan bahwa cendawan menerima 1 – 17% karbohidrat dari tanaman. Sedangkan menurut Jakobsen dan Rosendahl

(1990) *dalam* Setiadi (1998) tanaman mengirimkan 10 – 20 % hasil fotosintesis untuk pembentukan, pemeliharaan, dan pengaktifan struktur mikoriza, sebaliknya tanaman memperoleh bantuan didalam penyerapan unsur hara.

Menurut Brundrett (1999) bahwa terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi keberadaan dan perkembangan mikoriza di dalam tanah, diantaranya adalah : (1) Pada tanah-tanah yang mengalami gangguan ringan seperti lahan pertanian yang diolah, lahan penggembalaan, dan lahan bekas kebakaran dan erosi dapat menyebabkan berkurangnya level mikoriza. (2) Mikoriza pada lahan yang ekosistemnya masih asli seperti tanah hutan level mikoriza lebih tinggi dibandingkan lahan yang telah terganggu seperti tanah pertanian yang mengalami pengolahan tanah berat, tanah salin, dan tanah yang tergenang. (3) Pemupukan N dan P yang tinggi dapat menekan perkembangan ektomikoriza dan mengurangi keragaman jenis-jenis mikoriza yang ada di dalam tanah. (4) Tingginya kadar NaCl dalam tanah dapat menekan formasi dan membatasi perkembangan mikoriza, namun beberapa mikoriza dapat toleran pada kondisi tanah tersebut (5) Ektomikoriza sangat sensitif pada tanah yang tergenang, sedangkan endomikoriza lebih toleran pada tanah tersebut. (6) Kondisi pH tanah tertentu dapat pula menghambat perkembangan dan penyebaran dari beberapa jenis mikoriza.

Kontribusi yang paling nyata dari CMA adalah meningkatkan penyerapan hara khususnya P dan mineral penting lainnya sehingga menghasilkan tanaman yang lebih *vigor* dan menjadi lebih tahan atau toleran terhadap penyakit akar (Linderman, 1996).

Beberapa penelitian menemukan bahwa CMA dapat dipergunakan untuk mengurangi kerusakan tanaman oleh serangan patogen. Penelitian pada infeksi *Glomus* sp. pada dua jenis jeruk ternyata dapat mengurangi serangan *Phytophthora parasitica* dengan terbentuknya penebalan pada dinding tempat penyerangan oleh penyakit. Penelitian yang lain di Philipina, inokulasi mikoriza pada tomat ternyata mengurangi serangan bakteri *Pseudomonas solanacearum* (Suhardi, 1990).

Harmet melaporkan dari hasil penelitian bahwa *Glomus fasciculatum* dapat berperan menginduksi ketahanan secara sistemik pada tanaman kedelai terhadap penyakit pustul yang disebabkan oleh bakteri *Xanthomonas campestris* pv *glycines*. Sedangkan dari hasil penelitian Hersanti dilaporkan inokulasi cendawan MVA mampu menahan serangan penyakit bengkak akar yang disebabkan oleh *Meloidogyne* spp. (Setiadi, 2000).

Ketahanan tanaman bermikoriza terhadap serangan patogen disebabkan karena perubahan morfologi dengan terbentuknya penebalan dinding sel oleh proses lignifikasi dan produksi polisakarida. vascular system yang lebih kuat meningkatkan aliran nutrien mengakibatkan kekuatan yang lebih pada tanaman bermikoriza dan mengurangi masuknya patogen. Nematoda yang ada pada tanah bentuknya juga lebih kecil dan sulit berkembang. Semakin tinggi status P pada tanaman akan meningkatkan kandungan fosfolipid yang akhirnya juga mengurangi eksudat-eksudat akar (Suhardi, 1990).

Menurut Linderman (1996) mekanisme VA Mikoriza mengurangi penyakit akar adalah melalui : (a) Peningkatan penyerapan hara, (b) Persaingan fotosintat dan wilayah infeksi tanaman inang, (c) perubahan

morfologi pada akar dan di dalam jaringan akar, (d) perubahan senyawa kimia penting dalam jaringan tanaman, (e) penurunan tekanan (stress) abiotik, dan (f) perubahan mikroba dalam mycorrhizosphere.

Masing-masing isolat MVA berbeda efektifitasnya terhadap penyakit. Dari penelitian ditunjukkan bahwa populasi campuran MVA dapat sangat mengurangi perkembangan penyakit busuk akar oleh *Phytophthora cenanoni* pada *Chamaecyparis lawsoniana*, sedangkan pada infeksi oleh *Glomus mosseae* sendiri hanya dapat menanggulangi serangan penyakit. Pada penyakit daun, meningkatnya status hara menyebabkan tanaman menjadi lebih peka dibandingkan tanaman yang tidak diberi MVA (Kabirun, 1990)

## **E. Mikroorganisme Antagonis**

### **1. *Gliocladium* sp.**

Menurut Ainsworth dan Bisby (1971), cendawan antagonis *Gliocladium* sp. termasuk ke dalam Kingdom : Fungi; Divisi : *Eumycota*; Subdivisi : *Deuteromycotina*; Kelas : *Hyphomycetes*; Ordo : *Hyphomycetales*; Famili : *Moniliaceae*; Genus *Gliocladium*; Species : *Gliocladium* sp.

*Gliocladium* sp. dapat hidup baik sebagai saprofit maupun parasit pada cendawan lain, dapat berkompetisi akan makanan, dapat menghasilkan zat penghambat dan bersifat hiperparasit (Papavizas, 1985)

Cendawan ini pertama kali dilaporkan memproduksi bahan anti cendawan (anti fungal) gliotoxin (Brain dan Heming, 1945 dalam Amwalina, 2002) dan virin (Brion dan Mc Gowan, 1945 dalam Amwalina, 2002).

Pertumbuhan dan sporulasi *Gliocladium* sp sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan. *Gliocladium* sp akan tumbuh pada lingkungan yang menguntungkan yaitu pada tanah yang agak masam, dengan pH 4 – 7.

Kelembaban tanah yang optimal berkisar antara 20 – 30 % (Sinaga (1986) dalam Ibrahim (2004))

Pemanfaatan cendawan antagonis seperti *Gliocladium* sp. dilaporkan berpotensi sebagai agens pengendali hayati penyakit tular tanah, termasuk penyakit dumping-off pada kacang buncis, kubis dan penyakit bercak daun pada tomat serta penyakit-penyakit persemaian pada tanaman kapas (Mahr, 1994).

## **2. *Pseudomonas fluorescens***

Menurut Goto (1990), bakteri *Pseudomonas fluorescens* termasuk dalam kingdom : Prokaryota; Divisi : Bakteria; Kelas : Schizomycetes; Ordo : Eubacteriales ; Famili : Pseudomonadaceae; Genus : *Pseudomonas* .

Kelompok bakteri ini berkolonisasi di daerah perakaran tanaman dan mampu melarutkan fosfat sehingga tersedia bagi tanaman serta dapat menghasilkan zat perangsang pertumbuhan. Sifat jasad renik tersebut dapat bermanfaat, utamanya pada tanah-tanah masam, karena pada tanah tersebut P terikat oleh Al, Fe, dan Mn sehingga sukar larut (Kwong dan Huang (1997) dalam Baharuddin, dkk. (1997)). Kelemahan kelompok *Pseudomonas* yang berfluorescens ini adalah sensitif terhadap tekanan lingkungan sehingga viabilitasnya tidak dapat bertahan lama (Tjahjono, 2000 dalam Kohar, 2004).

Kelompok bakteri yang berfluorescens merupakan bakteri yang sangat efektif dan agresif sebagai pengkoloni akar dibandingkan kelompok bakteri yang nonfluorescens. Di samping itu, kelompok *Pseudomonas* yang berfluorescens ini mampu menghasilkan senyawa penghambat pertumbuhan terhadap mikroorganisme kompetitor lain seperti HCN, asam salisilat,

pluoluterin, monoacetylphloroglucinol dan siderofor (Tjahjono, 2000 dalam Kohar, 2004).

Banyak dari jenis *Pseudomonas* yang berpotensi untuk menekan penyakit tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman, seperti *P. fluorescens* sehingga dapat digunakan sebagai agens pengendali hayati beberapa jenis penyakit (Kwong dan Huang, 1997).

Bakteri *P. fluorescens* dapat memacu pertumbuhan tanaman karena mampu melarutkan fosfat dan menghasilkan hormon pertumbuhan IAA dan responsif terhadap solarisasi. Selain itu kehadiran mikroba ini di rizosfer tanaman akan memacu ketersediaan senyawa-senyawa karbon seperti asam amino, gula dan lainnya, mempercepat proses humifikasi dan ketersediaan mineral-mineral tertentu untuk tanaman (Baharuddin, 2003).

*P. fluorescens* efisien dalam menekan intensitas penyakit yang disebabkan oleh *Aphanomyces eutiches* pada tanaman pea, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* pada tanaman tomat, *Fusarium* sp. dan beberapa patogen lain yang menghasilkan tabung kecambah. Di samping itu dapat juga diaplikasikan sebagai perlakuan benih (Cook dan Baker, 1983).

Stefania (1998), melaporkan bahwa bakteri hasil isolasi dari rizosfer tanaman kapas yang terdiri dari *Pseudomonas putida*, *P. fluorescens* mampu menghambat cendawan *F. oxysporum* sebesar 20% secara *in-vitro* dan 16,66% secara *in-vivo*.

## F. Hipotesis

- a. Pemberian kombinasi mikoriza (*Glomus fasciculatus*) dengan mikroorganisme antagonis *Pseudomonas fluorescens* maupun *Gliocladium* sp. akan memberikan pertumbuhan bibit vanili yang lebih baik

- b. Pemberian kombinasi mikoriza (*Glomus fasciculatus*) dengan mikroorganisme antagonis *Pseudomonas fluorescens* maupun *Gliocladium* sp. akan memberikan dampak yang lebih baik pada penyusunan protein dalam tanaman vanili.
- c. Pemberian kombinasi mikoriza (*Glomus fasciculatus*) dengan mikroorganisme antagonis *Pseudomonas fluorescens* maupun *Gliocladium* sp. akan menghasilkan tingkat kolonisasi mikoriza yang lebih baik dalam akar tanaman vanili.
- d. Kombinasi antara mikoriza, baik dengan mikroorganisme antagonis *P. fluorescens*, dengan *Gliocladium* sp., ataupun kombinasi ketiganya akan memberikan dampak positif terhadap ketahanan bibit vanili terhadap penyakit busuk batang *Fusarium oxysporum* f.sp *vanillae*.

### **G. Kerangka Pikir Penelitian**

Tanaman vanili merupakan salah satu komoditas perkebunan andalan Indonesia yang sebagian besar diusahakan dalam skala perkebunan rakyat. Sebagai komoditas ekspor, tanaman vanili mempunyai peranan besar dalam penerimaan devisa negara, penyerapan tenaga kerja serta peningkatan pendapatan petani. Namun usaha pengembangannya menghadapi masalah yang cukup serius akibat adanya gangguan penyakit busuk batang yang disebabkan oleh patogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* yang telah menyebar luas di sentra-sentra pertanaman vanili di Indonesia dan menyebabkan penurunan produksi hingga 80%.

Untuk itu perlu dilakukan tindakan yang dapat mengatasi masalah tersebut melalui penerapan prinsip pengelolaan penyakit secara terpadu.

Prinsip ini meliputi lima tindakan pengelolaan komponen penyakit, yaitu pengelolaan tanaman, patogen, lingkungan, manusia dan waktu. Pengelolaan tanaman meliputi penanaman jenis tahan dan bibit yang sehat, namun hingga saat ini belum ditemukan varietas tahan. Pengelolaan patogen adalah penggunaan fungisida dan penggunaan mikroba antagonis.

Oleh karena itu dapat dipilih tindakan pengelolaan penyakit yang terbaik yaitu pengendalian secara hayati untuk menghasilkan bibit yang lebih sehat tanpa menggunakan fungisida melainkan memanfaatkan mikroorganisme seperti mikroba antagonis dan Mikoriza yang mampu berperan sebagai *Plant Growth Promoting Microorganism* (PGPM) dan *Plant Health Promoting Microorganism* (PHPM).

## Bagan Kerangka Pikir

