

**LAPORAN AKHIR  
PROGRAM HIBAH BERSAING  
TAHUN ANGGARAN 2007**



**REKAM Peningkatan Ketahanan Tanaman Pisang (*Musa sp.*)  
Menggunakan Cendawan Mikoriza Arbuskular Indigenus  
Terhadap Penyakit Darah Bakteri (Blood Disease Bacterium)**

**IR. SUSWATI.MP**

Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi  
Departemen Pendidikan Nasional, sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan  
Pekerjaan Penelitian Nomor : N0.088/SP2H/PP/DP2M/III/2007 No.DIPA:  
0145.0/023-04.0/-/2007

elitian  
007

**LEMBAGA PENELITIAN UNIVERSITAS MEDAN AREA**  
Jalan Kolam No.1 Medan Estate Telp. (061) 7366878,7360168,7364348  
Fax .(061)7366998 Medan 20223. E-mail:[uma\\_001@indosat.net.id](mailto:uma_001@indosat.net.id)  
Nopember 2007

## DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN .....	1
1. PENDAHULUAN .....	5
1.1. Latar belakang .....	5
1.2. Tujuan Khusus .....	7
1.3. Hasil yang ditargetkan .....	8
2. METODE PENELITIAN .....	9
3. LUARAN PENELITIAN .....	21
4. HASIL.....	23
5. KESIMPULAN .....	41
6. RENCANA KEGIATAN .....	42
7. DAFTAR PUSTAKA .....	43
8. PERSONIL PELAKSANAAN PENELITIAN .....	47

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
1. Pertumbuhan Bibit Pisang varietas Kepok Setelah Aplikasi Cendawan Mikoriza Arbuskular pada 30 hst (hari setelah tanam) .....	50
2. Struktur Kolonisasi Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Perakan Tanaman Pisang varietas Kepok pada 30 hst (hari setelah tanam) .....	52

## RINGKASAN

Sebagai salah satu jenis buah tropika yang berpotensi tinggi untuk dikelola secara intensif dengan berorientasi agribisnis, pisang memungkinkan untuk dikembangkan dimasa kini dan mendatang. Namun dalam usahataniya ditemukan berbagai kendala diantaranya rendahnya kesuburan tanah, kualitas dan kuantitas bibit yang rendah, serta serangan hama dan penyakit. Penyakit utama yang menyebabkan rendahnya produksi pisang di Indonesia adalah serangan penyakit darah bakteri (Blood disease bacterium (BDB)).

Tingginya kerusakan oleh penyakit darah akan diperparah karena umumnya pengusaha tanaman pisang di Indonesia belum mempertimbangkan aspek kultur teknis, seperti penggunaan bibit yang sehat, pemupukan, pemeliharaan apalagi pengendalian hama dan penyakit dan eradikasi tanaman terserang.

Kompleksnya permasalahan yang dihadapi dalam pengusaha tanaman pisang perlu disikapi dengan menerapkan sistem perlindungan tanaman secara terpadu yaitu dengan menggalakkan pemanfaatan agens hayati Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA). Eksplorasi CMA indigenus dari ekosistem setempat memungkinkan dilakukan untuk memperoleh sumber inokulant yang potensial dalam pengendalian penyakit darah bakteri. Hal ini disebabkan karena CMA indigenus tersebut tingkat adaptasi dan kompatibilitasnya sangat tinggi apabila dikembalikan ke ekosistem asal dan tanaman pisang. Untuk meningkatkan pertumbuhan, hasil tanaman pisang sekaligus memperbaiki tingkat kesuburan tanah maka perlu dilakukan pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskular Indigenus pisang.

Hasil berbagai penelitian mengenai pemanfaatan CMA pada berbagai jenis tanaman diketahui bahwa cendawan ini dapat meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman inangnya, maka kemungkinan besar pula bahwa CMA tersebut memiliki peranan yang sama dalam menunjang pengembangan tanaman pisang pada lahan marginal. Inokulasi CMA pada tanaman pisang sangat diperlukan sebab : (1) Tanaman pisang memiliki akar serabut dan sistem perakaran yang dangkal (Edison *et al.* 1996), (2) Tanaman pisang sangat rentan terhadap stress air (kekurangan dan

kelebihan air) (Subakti dan Supriyanto ,1996). , 3) perakaran sering diserang oleh nematoda.

Metoda ini sangat potensial untuk dikembangkan karena lebih praktis, efisien, ekonomis dan ramah lingkungan. Hasil eksplorasi berbagai CMA indigenus dari lahan endemik penyakit darah diperoleh 13 isolat CMA dari Pasar Usang, 7 isolat dari Tabek Panjang dan 3 isolat dari pisang liar di Kawasan Cagar alam Lembah Anai, Sumatera Barat. CMA tersebut terbukti baik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman uji sorgum dan jagung (Suswati *et al.*, 2006,unpublikasi)

Penelitian tahun pertama ini terdiri dari 4 tahap yaitu : Tahap 1. Penapisan CMA indigenus dalam peningkatan ketahanan tanaman pisang terhadap penyakit darah bakteri. Tahap 2. Pengujian mekanisme protektif CMA ( analisa eksudat akar yang terkolonisasi CMA); Tahap 3. Analisa fitoaleksin pada tanaman pisang yang tahan terhadap penyakit darah bakteri dan kajian aktivitas enzim pertahanan pada bibit yang tahan terhadap penyakit darah bakteri dan tahap 4 yaitu kajian kestabilan respon fisiologis tanaman dalam pengujian lapang.

Pada tahap 1 dilakukan perbanyakan 23 isolat CMA indigenus yang diperoleh dari lahan endemik penyakit darah bakteri Tabek Panjang, Pasar Usang dan pisang liar dari Kawasan Cagar Alam Lembah Anai, Sumatera Barat. Selanjutnya isolat tersebut di uji kemampuannya dalam meningkatkan ketahanan bibit pisang kepok terhadap penyakit darah bakteri di rumah kaca.

Inokulant CMA indigenus (23 jenis), isolat *G.fasciculatum* (koleksi Lab. Mikrobiologi Tanah, FP, Unand) diperbanyak secara massal pada tanaman jagung yang ditanam pada media pasir steril yang disiram dengan larutan pupuk rendah P (Hyphonex merah, 1 gr L<sup>-1</sup>). Setelah jagung berumur 2 bulan, dipotong batangnya, akar dibongkar dan dipotong-potong ukuran 3 cm x 3 cm dan diaduk dengan media tanamnya sehingga tercampur dengan sempurna. Sebanyak 50 gr inokulant diaplikasi pada saat aklimatisasi. Media aklimatisasi merupakan campuran tanah Ultisol dan arang sekam steril (1:1). Plantlet pisang kepok diperoleh dari PT.Dafa Agrotech Mandiri, Bogor. Plantlet diaklimatisasi selama 14 hari di rumah kawat dengan naungan paranet 65%. Selanjutnya akan dipindahkan ke polybag ukuran 10 kg yang diisi dengan campuran tanah Ultisol dan arang sekam steril (3:1) sebanyak 8 kg. Bibit disusun diatas rak kayu dan diletakkan

di rumah kaca. Pada saat pemindahan, bibit dipupuk dengan Urea, SP 36 dan KCL sebanyak 50% dosis rekomendasi. Pemeliharaan dilakukan dengan penyiraman sampai kapasitas lapang dengan air keran, penyiangan gulma dilakukan secara manual.

Parameter pengamatan adalah : masa inkubasi, populasi BDB pada 1 HSI, 3 HSI, 6 HSI, 9 HSI, persentase serangan, intensitas serangan BDB, kolonisasi mikoriza (persentase dan intensitas), kepadatan spora CMA pada 30 HST, 60HST, 90 HST, diskolorasi (pada bonggol, batang semu dan akar), tinggi, jumlah daun per minggu selama 12 minggu, berat kering tanaman dan serapan P.

Untuk melengkapi informasi mengenai hubungan antara keberadaan spora CMA dengan media tanam yang digunakan maka dilakukan analisa tanah berupa : kandungan fosfor, pH ( $H_2O$  dan KCL) dan C-organik.

Hasil kegiatan pertama diperoleh hasil sebagai berikut : Isolat PU10 merupakan isolat terbaik yang dapat meningkatkan persentase pertumbuhan tanaman, tinggi tanaman, jumlah daun, biomassa dan ketahanan tanaman terhadap BDB. Sedangkan isolat CMA yang lain memiliki kemampuan yang bervariasi terhadap berbagai parameter yang diamati. Aplikasi CMA memberikan hasil yang lebih baik terhadap berbagai parameter yang diamati dibandingkan dengan kontrol (tanpa CMA).

Pada tahap 2 dilakukan pengujian mekanisme protektif CMA (analisa eksudat akar yang terkolonisasi CMA). Pada tahap 3 akan dilakukan: pengujian aktivitas enzim pertahanan tanaman pisang yang diaplikasi dengan CMA terbaik. Kedua tahap tersebut menggunakan jenis CMA hasil tahap 1 yang kini sedang dianalisa senyawa fitoaleksin dan jenis-jenis asam organik yang terdapat di dalam eksudat akar dengan menggunakan HPLC. Pengujian bioaktivitas senyawa fitoaleksin dan fraksi butanol eksudat akar akan menguji kemampuan daya hambat pertumbuhannya terhadap bakteri penyakit darah (BDB) menggunakan metode kertas cakram.

Pada tahap 4 telah berhasil diisolasi masing-masing satu jenis senyawa fitoaleksin dari tanaman pisang yang sehat dan terserang BDB. Senyawa fitoaleksin yang diisolasi berbentuk kristal bening sebanyak 1 mg. Senyawa ini sedang diteliti mengenai aktivitas senyawanya di LIPI, Jakarta. Fraksi etil asetat akar tanaman yang terserang BDB memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri BDB, dengan zona hambat 7-12 mm. Sedangkan fraksi EtOAc akar pisang sehat sedang dilakukan pengujian.

Hasil studi keragaman jenis CMA yang diperoleh dari tanaman pisang sehat di lahan endemik Sumatera Barat telah dipublikasi pada Seminar Nasional Asosiasi Mikoriza Indonesia , Mei 2006 di Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pisang (*Musa* sp.) merupakan salah satu jenis buah tropika yang mempunyai potensi cukup tinggi untuk dikelola secara intensif dengan berorientasi agribisnis, karena pisang telah menjadi usaha dagang ekspor dan impor di pasar Internasional (Rukmana, 1999).

Dalam usahatani dan pengembangan produktivitasnya ditemukan banyak kendala karena pada umumnya pengembangan pengusahaan tanaman pisang mengarah pada pemanfaatan tanah marginal. Tanah marginal umumnya memiliki tingkat kesuburan tanah, kadar bahan organik, kadar air tanah yang rendah, kandungan Al, Fe yang tinggi bahkan sampai ketinggian meracun bagi pertumbuhan tanaman, serta stabilitas dan agregasi struktur tanah yang kurang mantap. Kondisi tersebut sangat mengganggu pertumbuhan tanaman dan sangat mengurangi hasil.

Kendala utama penyebab turunnya produktivitas pisang adalah tingginya kerusakan oleh penyakit darah bakteri. Penyakit tersebut menempati urutan pertama dalam daftar penyakit pisang di Indonesia (Hermanto, Habazar, Rivai, 2000). Penyakit ini bersifat sistemik, sangat berbahaya pada tanaman pisang karena dapat mematikan tanaman (Sulyo, 1992). Penyebabnya adalah Phylotype IV *Ralstonia solanacearum* (Fegan and Prior., 2005). Kerusakan yang ditimbulkan oleh penyakit ini bervariasi antar daerah: yaitu berkisar 20% - 100%. Kultivar pisang yang utama terserang di lapangan adalah kultivar kepok dan pisang olahan lain (Sahlan dan Nurhadi, 1994; Dikin *et al.*, 1995; Cahyaniati *et al.*, 1997; Hermanto *et al.*, 1998).

Kompleksnya permasalahan yang dihadapi dalam pengusahaan tanaman pisang perlu disikapi dengan menerapkan sistem perlindungan tanaman secara terpadu yaitu dengan menggalakkan pemanfaatan agens hayati Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA). Hasil berbagai penelitian diketahui bahwa CMA dapat dijadikan sebagai pupuk biologis untuk mengurangi dan mengefisienkan penggunaan pupuk, terutama unsur hara, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan dapat menekan perkembangan patogen tanaman sekaligus dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman sehingga sangat sejalan dengan konsep konservasi keaneka ragaman hayati. .

CMA indigenous pisang yang berasal dari rhizosfer pisang sehat pada lahan endemik penyakit layu bakteri berpotensi dalam pengendalian penyakit darah, karena lebih sesuai dengan inang dan adaptif pada ekosistem asal. Metoda ini sangat potensial untuk dikembangkan karena lebih praktis, efisien, ekonomis dan ramah lingkungan. Hasil eksplorasi berbagai CMA indigenous dari lahan endemik penyakit darah diperoleh 13 isolat CMA dari Pasar Usang, 7 isolat dari Tabek Panjang dan 3 isolat dari pisang liar di Kawasan Cagar alam Lembah Anai, Sumatera Barat. CMA tersebut terbukti baik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman uji sorgum dan jagung (Suswati *et al.*, 2006)

Sampai saat ini masih belum banyak diteliti tentang aplikasi CMA indigenous pada tanaman pisang terhadap penyakit darah bakteri. Yefriwati *et al.*, 2004 menggunakan *Acaulospora tuberculata*, *Glomus etunicatum*, *G. fasciculatum* dan isolat campuran (*A.tuberculata*, *G.etunicatum* dan *G.fasciculatum*) untuk meningkatkan ketahanan pisang Cavendish hasil kultur jaringan terhadap *R.solanacearum* ras 2.

Kegiatan ini memanfaatkan 23 jenis CMA indigenous yang diperoleh dari penelitian inventarisasi jenis CMA di lahan endemik penyakit darah bakteri Sumatera Barat. Dalam penelitian ini peneliti telah menggunakan jenis CMA yang telah diperoleh untuk meningkatkan ketahanan tanaman pisang terhadap bakteri darah, kemudian melakukan peninjauan terhadap perubahan biokimia tanaman tahan meliputi kajian aktivitas enzim pertahanan (Phenylalanin Amonia liase, polyphenol oksidase dan peroksidase) serta senyawa antimikroba (fitoaleksin) akibat terinduksinya ketahanan sistemik.

Imunisasi tanaman dapat bersifat lokal atau sistemis, hal ini tergantung pada saat aplikasi agens hayati, bila diaplikasi pada benih/bibit umumnya bersifat sistemis, sedangkan bila diplikasi pada tanaman muda/dewasa bersifat lokal. Oleh karena reaksi tanaman yang diaplikasi dengan agens hayati (induser) pada benih/bibit bersifat sistemis dan mekanisme ini dikenal juga dengan beberapa istilah “*induced systemic resistance*” (ISR, induksi ketahanan sistemis) (Tuzun and Kuc, 1991) atau “*systemic acquired resistance*” (SAR, ketahanan sistemis perolehan) (Marshal dan Walters, 1994). Introduksi agens hayati yang dapat mengimunisasi tanaman untuk pengendalian penyakit melalui perlakuan benih/bibit lebih efektif dan efisien, karena disamping diperlukan dalam jumlah sedikit juga umumnya tanaman dapat tahan terhadap beberapa jenis penyakit

seperti virus, bakteri, jamur bahkan juga serangga (Tuzun and Kuc, 1991). Metoda imunisasi tanaman pada benih ataupun tanaman di lapangan tidak bersifat genetis atau tidak dapat diturunkan pada generasi berikutnya. (Habazar 2001).

## 1.2. Tujuan Khusus

1. Peningkatan ketahanan tanaman pisang terhadap penyakit darah bakteri dengan CMA indigenus.

Tujuan penapisan isolat CMA indigenus adalah untuk memperoleh berbagai isolat CMA indigenus yang spesifik dalam meningkatkan ketahanan tanaman pisang terhadap penyakit darah bakteri. Kegiatan ini memanfaatkan 13 isolat Pasar Usang, 7 isolat Tabek Panjang dan 3 isolat Lembah Anai.

2. Analisis eksudat akar

Tujuan analisis ini adalah untuk menjajaki senyawa-senyawa yang dikeluarkan oleh akar tanaman setelah dikolonisasi oleh mikoriza dan pengaruhnya terhadap perkembangan mikroorganisme di rhizosfer tanaman.

3. Analisis aktivitas enzim pertahanan tanaman

Tujuan analisis ini adalah untuk menjajaki aktivitas Phenylalanin Amonia liase, polyphenol oksidase dan peroksidase pada tanaman pisang yang telah diaplikasi dengan CMA, bakteri darah dan kombinasinya.

4. Kajian fitoaleksin.

Tujuan dari kajian ini adalah untuk menjajaki senyawa fitoaleksin yang terbentuk setelah tanaman diaplikasi dengan CMA, bakteri darah dan kombinasinya.

### 2.3. Hasil yang ditargetkan :

1. Mendapatkan jenis-jenis CMA indigenous yang dapat meningkatkan ketahanan pisang terhadap penyakit darah bakteri.
2. Dapat menjajaki senyawa-senyawa yang dihasilkan oleh CMA yang dapat menghambat pertumbuhan patogen (mekanisme protektif CMA)
3. Dapat menjajaki enzim ketahanan tanaman pisanng yang terinduksi setelah a plikasi CMA dan patogen
4. Diketuainya struktur aktif senyawa fitoaleksin yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri BDB.

### 3. METODE PENELITIAN

#### Tahun I

#### Penelitian ini terdiri dari 4 tahap:

- Tahap 1. Penapisan CMA indigenus dalam peningkatan ketahanan tanaman pisang terhadap penyakit darah bakteri.
- Tahap 2. Pengujian Mekanisme Protektif CMA ( analisa eksudat akar yang terkolonisasi CMA).
- Tahap 3. Kajian aktivitas enzim pertahanan pada bibit yang tahan terhadap penyakit darah bakteri.
- Tahap 4. Analisa Fitoaleksin pada tanaman pisang yang tahan terhadap penyakit darah bakteri

#### **Tahap 1. Penapisan CMA indigenus dalam peningkatan ketahanan tanaman pisang terhadap penyakit darah bakteri.**

##### 1. Metode

Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 taraf dengan 3 ulangan, setiap ulangan terdiri dari 3 unit contoh. Perlakuan tersebut adalah isolat CMA yaitu 13 isolat Pasar Usang (PU1,PU2,PU3,...,PU13), 7 isolat Tabek Panjang (TP1,TP2,TP3,...,TP7), 3 isolat pisang liar (AT1,AT2,AT3), 1 isolat yang terseleksi dalam meningkatkan ketahanan tanaman pisang terhadap penyakit layu bakteri yaitu *Glomus fasciculatum* (hasil Yefriwati *et al.*, 2004) dan kontrol.

### c. Perbanyak inokulum bakteri darah dan inokulasi pada tanaman pisang

Sumber inokulum diambil dari buah pisang kepok yang tanamannya menunjukkan gejala BDB yaitu terjadinya penguningan daun yang dimulai pada bagian tengah didekat pelepah daun, pangkal tulang daun patah, dan diikuti dengan layunya daun tersebut (Baharuddin, 1994). Kulit buah pisang kepok yang terserang BDB, dipotong tipis. Selanjutnya bagian dalam kulit buah disayat setebal 5 mm dan dipotong-potong dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Potongan kulit buah dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisi akuadest steril dibiarkan hingga tampak benang-benang halus keluar dari potongan kulit buah. Suspensi bakteri (populasi  $10^6$  upk  $ml^{-1}$ ) sebanyak 5 ml diinjeksikan ke batang semu bibit pisang umur 30 HST. Bibit disungkup dengan kantong plastik transparan selama 48 jam. Bakteri penyakit darah diisolasi kembali dari bibit yang memperlihatkan gejala BDB. Batang semu bibit dekat bagian yang diinjeksi dibelah dan dipotong-potong dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Permukaan potongan tersebut didesinfektan dengan alkohol 70% selama 5 menit, selanjutnya dibilas dengan air steril hingga bersih, dikeringanginkan di atas kertas tissue. Potongan batang semu dimasukkan kedalam tabung reaksi yang berisi 10 ml air steril, dibiarkan selama 5 menit dan akan terlihat adanya benang-benang tipis putih yang keluar. Satu ose suspensi bakteri digores ke media TTC, diinkubasikan selama 48-96 jam. Bakteri yang tumbuh pada 72-96 jam diisolasi kembali sehingga diperoleh biakan murni BDB.

Inokulasi bakteri dilakukan dengan cara penyiraman 20 ml suspensi bakteri (populasi  $10^8$  upk/ml) pada akar yang telah dilukai saat tanaman berumur 2 bulan setelah inokulasi CMA (kolonisasi akar oleh CMA telah mencapai 50%). Untuk menjaga kelembaban agar tetap tinggi maka bibit pisang disungkup dengan kantong plastik transparan .

### 3. Pengamatan

#### a. Pengamatan tinggi dan jumlah daun.

Kegiatan ini dilakukan setiap minggu selama 3 bulan,

#### b. Persentase kolonisasi akar.

Pengamatan kolonisasi CMA dilakukan pada 30,60 dan 90 hari setelah aklimatisasi. Persentase kolonisasi CMA dihitung dengan metode slide (Giovannetti dan Mosse, 1980). Bidang pandang yang menunjukkan tanda-tanda kolonisasi (terdapat vesikel dan atau arbuskula atau hifa) diberi tanda (+) sedangkan yang tidak ditemukan tanda-tanda kolonisasi diberi tanda (-), dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ kolonisasi akar} = \frac{\Sigma \text{ Bidang pandang tanda +}}{\Sigma \text{ Bidang pandang keseluruhan}} \times 100\%$$

Tabel 1 Kriteria penilaian persentase kolonisasi akar (Giovannetti dan Mosse, (1980) *cit* Setiadi *et al.*, 1992.

Kelas	Kategori kolonisasi
1	0 – 5 % (sangat rendah)
2	6 – 26% (rendah)
3	26 – 50% ( sedang)
4	51 – 75% ( tinggi)
5	76 – 100% (sangat tinggi)

Sumber : The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USDA Forest Service Feorgia (*cit* Setiadi *et al.*, 1992)

### c. Populasi BDB

Pengamatan perkembangan populasi bakteri darah dilakukan pada 1,3,6 dan 9 hari setelah inokulasi bakteri. Pegamatan populasi BDB dilakukan dalam medium spesifik yaitu TZC yang berasal dari pengenceran terakhir suspensi bakteri masing-masing perlakuan. Jumlah bakteri dihitung menggunakan persamaan rumus Klement *et al* (1990) yang dimodifikasi dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

$$JB = A \times B$$

JB = Jumlah bakteri

A = Jumlah koloni bakteri

B = Faktor pengenceran

### d. Masa inkubasi

Masa inkubasi dari bakteri diamati setiap hari setelah tanaman diinokulasi dengan BDB. Hal ini ditandai dengan munculnya gejala awal yaitu terjadinya penguningan daun yang dimulai pada bagian tengah didekat pelepah daun dan diikuti dengan layunya daun

tersebut (Baharuddin, 1994). Efektivitas perlambatan masa inkubasi oleh perlakuan dihitung dengan menggunakan persamaan rumus (1).

#### e. Intensitas penyakit

Intensitas penyakit diamati terhadap jumlah daun yang layu dimulai dari daun termuda dan diikuti dengan daun yang tua, untuk setiap minggunya selama 12 minggu dari gejala pertama muncul (minggu kedua setelah inokulasi *R.solanacearum*). Intensitas penyakit dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$I = \frac{\sum n \times V}{N \times Z} \times 100\%$$

Keterangan :

- I = Intensitas penyakit
- n = Jumlah tanaman dengan skor tertentu
- V = Tanaman dengan skor tertentu
- N = Jumlah tanaman yang diamati
- Z = Skor tertinggi (4)

Tabel 2. Skoring intensitas penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *R.solanacearum* pada bibit pisang.

Skor	Keterangan
0	Daun sehat
1	1 helai daun layu/kering
2	2-3 daun layu/kering
3	4-5 daun layu/kering
4	>5 daun layu/kering/tanaman mati

Sumber : Baharuddin, (1994)

Selanjutnya efektivitas penekanan intensitas penyakit dihitung berdasarkan persamaan rumus (2).

#### **f. Efektivitas penekanan diskolorasi batang semu**

Pengamatan diskolorisasi batang semu dilakukan dengan membelah batang pisang secara simetris, panjang daerah perubahan warna diukur (mengarah ke bagian atas dan bawah batang semu ) untuk masing-masing perlakuan.

Efektivitas penekanan diskolorisasi batang semu dihitung dengan rumus berikut

$$E_D = (D_k - D_p) D_k^{-1} \times 100\%$$

$E_D$  = Efektivitas penekanan diskolorasi

$D_k$  = Panjang diskolorasi pada kontrol

$D_p$  = Panjang diskolorasi pada perlakuan.

#### **Tahap II: Pengujian Eksudat Akar Setelah Aplikasi CMA**

##### **I. Metode.**

Jenis CMA yang digunakan adalah jenis CMA terbaik (hasil tahap I) yang diaplikasikan pada saat aklimatisasi. Pengujian ini dilakukan pada tanaman pisang yang telah diaplikasi CMA (90 hari setelah aplikasi), kontrol dan tanah tanpa tanaman pisang.

## **2. Pelaksanaan**

### **a. Perlakuan**

Tanah seberat 8 kg dimasukkan dalam pot yang dilobangi bagian bawahnya, kemudian dibasahi hingga mencapai kadar lengas kapasitas lapang. Pot diisi dengan polybag yang berisi campuran arang sekam dan tanah steril perbandingan 1:1, bagian bawah polybag dilubangi. Di dalam polybag ditanam plantlet pisang. Selama percobaan dilakukan penyiraman dengan air bebas ion pada masing-masing pot untuk menghindari kekeringan tanah yang dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Untuk menghindari pencampuran asam-asam organik dari daun (litter) dipermukaan pot diberi kain kasa (saringan) sehingga daun-daun yang telah tua (kering) tidak masuk ke dalam tanah.

Pengambilan cairan eksudat dilakukan pada hari ke 90 hari setelah aklimatisasi. Pot disiram dengan air bebas ion sampai jenuh, kemudian air yang menetes lewat lubang di bagian bawah pot ditampung dengan botol gelap. Cairan ini merupakan campuran air bebas ion dan cairan eksudat akar, kemudian dianalisis kandungan asam-asam organiknya dengan HPLC. Kontrol (tanaman tanpa CMA) dan tanah tanpa tanaman. Konsentrasi asam organik ditetapkan dengan pembandingan larutan standart campuran beberapa macam asam organik murni.

### **b. Pengujian Eksudat akar dan tanah rhizosfer pisang**

Penetapan senyawa yang terdapat dalam tanah rhizosfer dan eksudat akar bibit yang tahan dilakukan dengan metode Hue *et al.*, 1986 (*cit* Supriyadi., 2005) dengan langkah-langkah berikut:

### **1. Ekstraksi senyawa organik**

Ekstraksi senyawa organik dilakukan terhadap media tanah bibit pisang yang tahan terhadap penyakit darah. Bibit yang tahan (umur 90 hari setelah aklimatisasi), cairan eksudat akar (leachate) diambil dengan cara dicuci dengan air bebas ion, leachate yang menetes ditampung dalam botol dan dianalisis. Tanah rhizosfer diekstrak dengan larutan pengekrak (air bebas ion) dikocok selama 24 jam, disentrifuge dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit. Ekstrak disaring dengan dengan kertas saring selulase asetat 0.45  $\mu\text{m}$  kemudian direndam dengan butanol. Fraksi butanol dan fraksi air dipisah, fraksi butanol diuapkan hingga 25% volume awal.

### **2. Analisis senyawa organik**

Konsentrasi senyawa organik dalam ekstrak tanah dan eksudat akar diuji dengan High Performance Liquid Chromatograph (HPLC) Shimadzu model pompa ganda, detektor UV dengan Lampu Zinc pada panjang gelombang 228 nm. Kolom untuk analisis adalah Tetra Methyl Silikat (TMS) panjang 0.15 m, diameter 6.0 mm seri P/N 228.00810-91. Kondisi alat pada saat dioperasikan adalah : temperatur kolom 30<sup>0</sup>C, fase gerak adalah air bebas ion (aquabidest) dengan kecepatan alir (flow rate) 15 mL menit<sup>-1</sup>. Konsentrasi ekstrak yang diinjeksikan 10  $\mu\text{L}$ . Identifikasi senyawa organik dan

konsentrasinya dilakukan dengan membandingkan waktu retensi (time retention) dan luas area larutan standar dengan ekstrak contoh.

Larutan standar campuran dibuat dengan melarutkan asam organik murni (>95%) yaitu : asam benzoat, phtalat, suksinat, galat, salisilat, malat, sitrat, oksalat dan sitrat dalam air bebas ion, pH akhir larutan ini 4.5 diatur dengan penambahan NaOH 0.1 N.

Pengamatan dilakukan terhadap jumlah dan jenis senyawa organik yang terdapat di dalam eksudat dan ekstrak media tanam, sehingga akan diperoleh informasi apakah senyawa organik tersebut tergolong senyawa induser ketahanan tanaman terhadap penyakit darah.

## **2. Uji bioaktivitas**

Uji bioaktivitas antimikroba dilakukan dengan metode kertas cakram (Habazar, 1989) yaitu dengan merendam kertas cakram kedalam fraksi butanol eksudat akar tanaman pisang yang terinduksi ketahanannya. Kertas cakram dikeringanginkan dan kemudian diletakkan dalam biakan bakteri penyakit darah. Biakan diinkubasikan pada suhu kamar selama 48 jam. Terbentuknya daerah hambatan pertumbuhan bakteri menunjukkan adanya senyawa antimikroba pada fraksi butanol eksudat akar tanaman.

### **Tahap III: Aktivitas Enzim Pertahanan Tanaman Pisang yang Telah diaplikasi dengan CMA terbaik.**

#### **1. Metode.**

Jenis CMA yang digunakan adalah jenis CMA terbaik (hasil tahap I) yang diaplikasikan pada bibit tanaman pisang umur 3 bulan setelah aklimatisasi.

#### **2. Pelaksanaan**

##### **a. Aktivitas enzim phenylalaninlyase (PAL)**

Pada bibit pisang yang tahan terhadap penyakit darah dilakukan penentuan aktivitas enzim pertahanan. Aktivitas enzim PAL dilakukan menurut metode Saunders dan McClure (1975). Daun tanaman pisang yang masih muda dipotong-potong sampai halus, 20 gr potongan tersebut dihancurkan dengan mortar kemudian ditambahkan 40 ml buffer borat (pH 8.8) yang mengandung 54 mM mercaptoetanol dan 2 gr PVP. Selanjutnya campuran ini disentrifuse dengan kecepatan 6000 rpm selama 20 menit pada suhu 4<sup>0</sup>C. Supernatan didiamkan selama 1 malam pada suhu 4<sup>0</sup>C Sebanyak 20 µl supernatan ditambahkan 7 ml bufer borat, dan 20 µl fenilalanin diinkubasi selama 1 jam pada suhu 37<sup>0</sup>C dalam shaker (500 rpm). Reaksi dihentikan dengan menambahkan 1ml 6 N HCl. Kedalam kuvet diisikan 3 ml campuran tersebut dan diukur pada λ 420 nm.

##### **b. Aktivitas enzim peroksidase (PO) dan Polifenol oksidase (PPO)**

Penentuan aktivitas enzim PO dan PPO dilakukan menurut metode Saunders dan McClure (1975). Daun tanaman yang masih muda dipotong-potong sampai halus, dan ditimbang sebanyak 1 gram, kemudian jaringan dihancurkan dengan mortar setelah ditambahkan segera 2.5 ml 0.5 M dapar kalium fosfat pH 7 dan 0.1 gram PVP. Campuran

tersebut diambil ekstraknya dan disaring dengan dua lapisan kain kasa, disentrifus dengan kecepatan 6000 rpm selama 15 menit pada suhu 40<sup>0</sup> C. Supernatan digunakan untuk mengukur aktivitas enzim.

Pengukuran aktivitas enzim peroksidase (PO) dilakukan dengan cara memasukkan ekstrak enzim sebanyak 0.2 ml ke dalam kuvet yang telah berisi 5 ml larutan pirogalol (0.631 gr pirogalol dalam dapar fosfat 0.005 M, pH 6 dan volume akhir 100 ml) kemudian dikocok. Sebanyak 0.5 ml ekstrak enzim dan 3 ml air destilasi ke dalam kuvet dan dikocok. Aktivitas enzim diukur pada  $\lambda$  420 nm.

#### **Tahap IV: Fitoaleksin Tanaman Pisang Setelah aplikasi dengan CMA terbaik.**

##### **1. Metode.**

Jenis CMA yang digunakan adalah jenis CMA terbaik (hasil tahap I) yang diaplikasikan pada bibit umur 3 bulan aklimatisasi. Sebagai pembanding digunakan bibit yang hanya diinokulasi bakteri BDB dan kontrol (aplikasi air steril).

##### **2. Pelaksanaan**

Aplikasi bahan uji diaplikasikan pada bibit pisang umur 2 bulan setelah aklimatisasi. Tanaman yang telah diberi CMA selama 24 jam setelah aplikasi (jsa), 48 jsa dan 72 jsa perlakuan dibongkar, diupayakan tidak ada pelukaan dan akarnya dicuci bersih. Bagian akar tanaman dikeringkan dalam oven pada suhu 40<sup>0</sup>C selama 48 jam. Sebanyak 10 gr akar yang sudah kering digerus dengan lumpang porselen. Setelah halus bahan tersebut disaring menggunakan saringan ukuran 180  $\mu$ m. Tepung akar dimasukkan ke dalam botol kemudian ditambahkan Silica dan ditutup rapat. . Setiap perlakuan diberi

identitas. 10 gr tepung akar tanaman yang telah diberi perlakuan dimasukkan ke dalam botol volume 250 ml, ditambahkan 100 ml ETOAc (2X100 ml) direndam selama 3 hari. Hasil rendaman di saring menggunakan kertas saring Whatman no.21.

## **2. Analisis senyawa fitoaleksin**

Konsentrasi senyawa aktif yang dihasilkan setelah terinduksinya ketahanan tanaman pisang diuji dengan High Performance Liquid Chromatograph (HPLC) Shimadzu model pompa ganda, detektor UV dengan Lampu Zinc pada panjang gelombang 228 nm. Kolom untuk analisis adalah Tetra Methyl Silikat (TMS) panjang 0.15 m, diameter 6.0 mm seri P/N 228.00810-91. Kondisi alat pada saat dioperasikan adalah : temperatur kolom 30<sup>0</sup>C, fase gerak adalah air bebas ion (aquabidest) dengan kecepatan alir (flow rate) 15 mL menit<sup>-1</sup>. Konsentrasi ekstrak yang diinjeksikan 10 µL. Identifikasi senyawa fitoaleksin dan konsentrasinya dilakukan dengan membandingkan waktu retensi (time retention) dan luas area larutan standar dengan ekstrak contoh.

## **2. Uji bioaktivitas**

Uji bioaktivitas antimikroba dilakukan dengan metode kertas cakram (Habazar, 1989) yaitu dengan merendam kertas cakram kedalam fraksi etil asetat akar tanaman pisang yang terinduksi ketahanannya. Kertas cakram dikeringanginkan dan kemudian diletakkan dalam biakan bakteri penyakit darah. Biakan diinkubasikan pada suhu kamar selama 48 jam. Terbentuknya daerah hambatan pertumbuhan bakteri menunjukkan adanya senyawa antimikroba pada ekstrak akar dan batang semu dari tanaman.

## **4. Luaran Penelitian**

Dari kegiatan penelitian ini akan diperoleh beberapa luaran sebagai berikut:

1. Isolat CMA yang dapat meningkatkan ketahanan pisang dalam pengujian rumah kaca.
2. Informasi mengenai senyawa-senyawa yang dihasilkan eksudat tanaman pisang setelah dikolonisasi oleh CMA dan pengaruhnya terhadap mikroorganisme di daerah rhizosfer.
3. Informasi aktivitas enzim pertahanan pada bibit yang tahan terhadap penyakit darah bakteri .
4. Informasi fitoaleksin dari tanaman yang tahan terhadap penyakit darah bakteri .

## 5. HASIL

### Tahap 1. Penapisan CMA indigenus dalam peningkatan ketahanan tanaman pisang terhadap penyakit darah bakteri.

#### 1. Perbanyakkan massal sumber inokulant CMA indigenus.

Perbanyakkan massal dilakukan terhadap 23 CMA indigenus pisang dan isolat *G.fasciculatum* (koleksi Lab Mikrobiologi, Jurusan Tanah, FP, Unand). Hasil pengamatan terhadap parameter tinggi dan jumlah daun diketahui bahwa isolat yang diperoleh dari lahan endemik dan kawasan Cagar Alam Lembah Anai memiliki kemampuan yang tinggi dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan kontrol. Hal ini kemungkinan disebabkan karena isolat CMA memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi sehingga berkembang baik dalam sistem perakaran tanaman uji. Tingkat kolonisasi rata-rata tertinggi oleh isolat CMA yang berasal dari L.Panjang dan L.Anai masing-masing 85.5%, P.Usang 84.11%, sedang isolat pembanding (*G.fasciculatum*) hanya 75%. Walaupun terjadi perbedaan tingkat kolonisasi namun ketiga isolat tersebut masih tergolong tinggi. Kolonisasi CMA juga terjadinya pada tanaman yang tidak diinokulasi mikoriza, hal tersebut kemungkinan disebabkan adanya kontaminasi mikoriza alami dari air siraman atau terbawa oleh semut. Intensitas kolonisasi CMA indigenus juga tinggi (kriteria 4-5) dengan jumlah spora per 50 gram media tanam berkisar 5-53 spora (Tabel 1).

Tabel 1. Persentase, Intensitas kolonisasi dan kepadatan spora CMA pada akar tanaman jagung pada 60 hst

No	Isolat	Kolonisasi CMA (%)	Intensitas kolonisasi	Kepadatan Spora
1.	TP1	90	5	17
2.	TP2	89	5	35
3.	TP3	86	4	11
4.	TP4	86.5	5	23
5.	TP5	84	5	10
6.	TP6	82	4	24
7.	TP7	81	4	53
8.	PU1	80	4	17
9.	PU2	82	4	21
10.	PU3	83	4	15
11.	PU4	85	4	15
12.	PU5	81	5	13
13.	PU6	87.5	5	13
14.	PU7	84	5	5
15.	PU8	82	4	19
16.	PU9	87	5	10
17.	PU10	83	4	12
18.	PU11	86.5	5	25
19.	PU12	88.5	5	23
20.	PU13	85	5	21
21.	AT1	86.5	5	17
22.	AT2	83	4	26
23.	AT3	87	5	25
25.	<i>G.fasciculatum</i>	75	4	50
24.	Kontrol	7	2	0

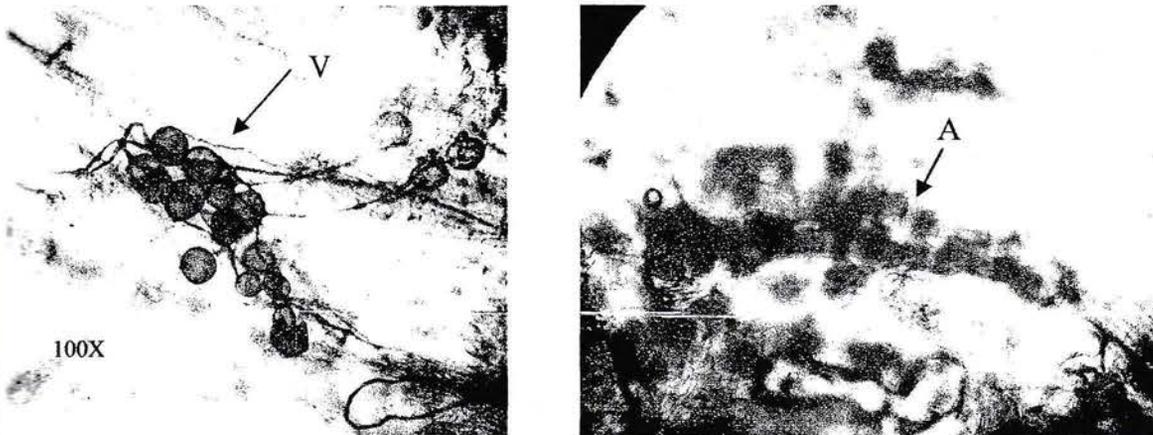
Perbedaan persentase, intensitas dan kepadatan spora CMA tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan lingkungan (jenis tanah, hara tanaman, ketinggian tempat, cahaya dan lain-lain) dan musim pada saat pengambilan contoh tanah. Tingkat kesuburan tanah asal akan mempengaruhi vigoritas CMA. Umumnya tanah di daerah P.Usang pH 4.95 tergolong asam, C-organik 1.73 dengan kandungan P(13.19).

Tanah demikian tergolong kurang subur, pada kondisi demikian biasanya dapat diisolasi CMA yang memiliki kemampuan tinggi dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman uji . Tanah di T.Panjang memiliki pH 6.30, P (42.22) tanah ini tergolong subur (Andisol). Kondisi tanah dilembah Anai juga tergolong asam (pH 5.52), C-organik 24.18 (sedang) dengan P tinggi (29) (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil analisa nutrisi contoh tanahderah lahan endemik BDB

Lokasi	Frakasi ukur	Nilai	Kriteria penilaian Pusat Penelitian Tanah (1983)
T.Panjang	pH H <sub>2</sub> O	6.30	masam
	KCl	5.85	
	C-organik	3.34	sedang
	P Bray I (ppm)	42.22	tinggi
	N-total	-	
P.Usang	pH H <sub>2</sub> O	4.95	masam
	KCl	4.05	
	C-organik	1.73	sedang
	P Bray I (ppm)	13.19	sedang
	N-total	-	
L.Anai	pH H <sub>2</sub> O	5.52	masam
	KCl	4.71	masam
	C-organik	24.18	sedang
	P Bray I (ppm)	29	tinggi
	N-total		

Kolonisasi CMA teramati dengan adanya arbuskular, vesikula, hifa dan atau spora pada jaringan korteks akar jagung (Gambar 1).



Keterangan : V=vesicular, A= arbuskular, 100X

Gambar 1 : Struktur kolonisasi CMA pada tanaman jagung 60 hst

## 2. Penapisan CMA indigenus dalam peningkatan ketahanan tanaman pisang terhadap penyakit darah bakteri.

### a. Masa inkubasi.

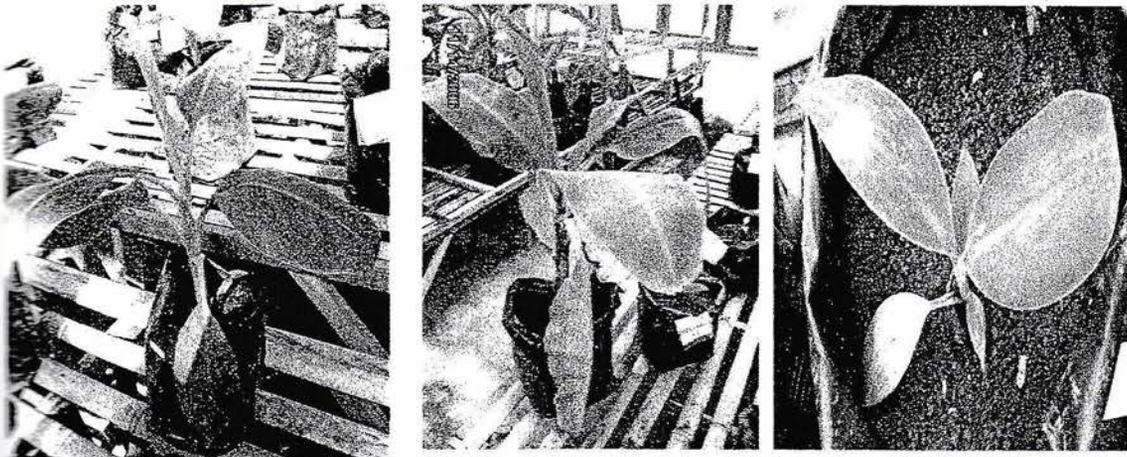
Aplikasi CMA dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit darah bakteri. Kemampuan isolat CMA dari lahan endemik dan Kawasan Lembah Anai memiliki kemampuan yang bervariasi terhadap peningkatan ketahanan tanaman. Tanaman yang diaplikasi dengan PU10 tidak menampakkan gejala serangan sampai umur 160 HST. Gejala serangan BDB dengan aplikasi CMA muncul pada 7-9 hari setelah inokulasi (HSI) sedang pada kontrol 6 HST (Tabel 3).

U13	7.00	16.67	11.11	85.19	10.00	69.32	20.00	60.00	0.00	100.00
Phase	7.00	16.67	50.00	33.33	20.00	38.65	0.00	100.00	0.00	100.00
Control	6.00		75.00		32.60		50.00			

\* tanaman tidak terserang BDB sampai 90 HST

### b. Gejala Serangan.

Gejala awal penyakit layu bakteri yaitu terjadinya penguningan pada daun yang dimulai pada bagian daun tertua, yang diawali dengan patahnya tangkai daun tersebut. Pada kasus lain, daun yang masih menggulung menjadi patah (Gambar 2). Juga ditemukan adanya daun yang menggulung selanjutnya tanaman layu tanpa diikuti penguningan (Gambar 3). Terdapat juga tanaman yang layu seperti tersiram air panas yang diikuti penguningan daun (Gambar 4).



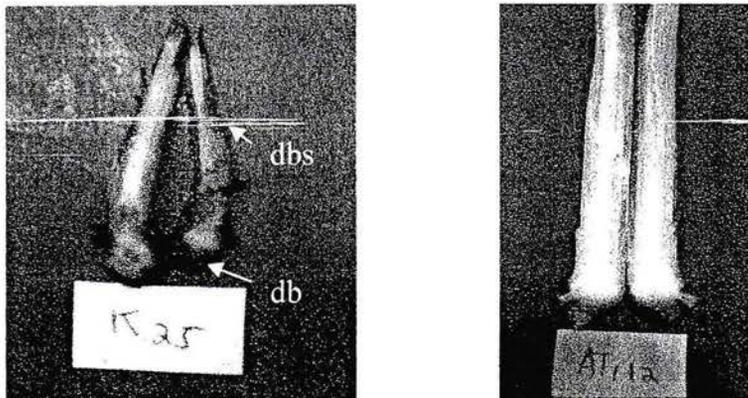
Gambar 2. Gejala serangan BDB tipe 1



Gambar 3. Gejala serangan BDB

Gambar 4. Gejala serangan BDB tipe 3

Apabila bonggol di belah melintang maka akan tampak bercak berwarna kuning pucat sampai coklat gelap atau biru kehitaman. Bercak-bercak berwarna cenderung menuju ke bagian tengah bonggol (Tjahjono and Eden-Green., 1988; Muharam dan Subijanto., 1991; Baharuddin., 1994). Secara internal, bercak pembuluh berwarna coklat bisa diamati pada batang semu ( pseudostem).



A = Tanpa CMA  
dbs = diskolorasi batang semu

B= Aplikasi CMA

Gambar 5. Diskolorasi pada bonggol dan batang semu tanaman pisang setelah inokulasi BDB

Pada tanaman yang diaplikasi dengan berbagai jenis CMA memberikan respon yang berbeda terhadap BDB yang ditandai dengan bervariasinya gejala yang muncul. Besarnya persentase diskolorasi pada bonggol dan batang semu juga tampak bervariasi dan pada umumnya diskolorasi lebih rendah pada tanaman yang diaplikasi dengan mikoriza (Tabel 3 dan Gambar 5).

Wardlaw (1972) menyatakan bahwa hampir tidak terdapat varietas pisang yang tahan terhadap penyakit layu bakteri. Hal ini dikomfirmasi dengan pengujian yang dilakukan oleh Baharuddin (1994) baik dari varietas komersial, plantain maupun pisang dari pisang diploid hingga tetraploid. Gejala tipikal berupa layu terjadi pada 8-10 hari

setelah inokulasi (hsi) diikuti dengan nekrosis dan kematian pada 14-21 hsi pada semua kultivar diploid dan pisang liar yang memiliki batang yang lebih kecil. Sedangkan pada pisang-pisang triploid (Saba dan Pelipita) dan tetraploid (Klue Taparot) lebih lambat munculnya gejala yaitu 16-17 hsi terjadi layu dan 27-35 hsi mengalami nekrosis.

### c. Intensitas Serangan

Hasil pengamatan intensitas serangan BDB pada bibit yang diaplikasi dengan cendawan mikoriza memperlihatkan angka yang lebih rendah dibandingkan dengan kontrol (tanpa CMA), yaitu berkisar 0.00% pada perlakuan PU10 hingga 20.00 % pada *G.fasciculatum*, PU3 dan PU8.

Intensitas serangan mengalami peningkatan hingga minggu kedua setelah inokulasi BDB, tetapi pada beberapa perlakuan tingginya intensitas tidak bertambah bahkan pada tanaman yang diberi perlakuan PU10 tidak mengalami serangan sampai 90 HST (Tabel 3). Isolat CMA yang diaplikasikan kompatibel dengan tanaman pisang tetapi efektivitasnya berbeda dalam menekan perkembangan patogen setelah CMA mengkolonisasi perakaran bibit .

Inokulasi CMA dapat menginduksi ketahanan tanaman melalui mekanisme supresif, terhambatnya pembentukan propagul infeksi dan terhalangnya kolonisasi patogen pada akar tanaman yang bermikoriza (Kobayashi and Branch., 1991). Dari berbagai tanaman yang dikolonisasi oleh CMA terjadi peningkatan ketahanan tanaman yang ditandai dengan berkurangnya intensitas serangan pada akar jeruk oleh *Phytophthora parasitica*, meningkatnya ketahanan tomat terhadap penyakit layu tomat yang disebabkan *Pseudomonas solanacearum* (Rianto, 1993). Tanaman pisang Cavendish

yang diinokulasi dengan *G.fasciculatum*, *G. Etunicatum* dan *Acaulospora* sp yang diberikan secara tunggal maupun gabungan (multispora) dapat meningkatkan ketahanan tanaman pisang terhadap *R.solanacearum* ras2 (Yefriwati *et al.*, 2004), meningkatkan ketahanan bibit pisang terhadap kerusakan nematoda *R. similis* hingga mencapai 37.15% (Desfitri *et al.*, 2005).

#### **d. Populasi Bakteri**

Adanya zat antimikroba yang dihasilkan tanaman pisang yang terinduksi ketahanannya menyebabkan populasi bakteri tidak berkembang (Tabel 3 ). Populasi BDB pada tanaman yang diaplikasi mikoriza selalu lebih rendah dibandingkan dengan kontrol. Peningkatan populasi terjadi seiring dengan lamanya masa inkubasi, tetapi peningkatan populasi BDB pada tanaman yang diaplikasi mikoriza selalu lebih rendah dibanding dengan kontrol.

Kemampuan CMA dalam menghambat perkembangan patogen berkaitan dengan peningkatan penyerapan fosfor yang dapat menyebabkan berkurangnya eksudasi akar sehingga rangsangan perkembangan patogen dalam rizosfer menjadi berkurang. Rendahnya infeksi *Gaemannomyces graminis* penyebab take-all pada gandum karena rendahnya sumber inokulum yang berkaitan dengan kurang berkembangnya jamur tersebut akibat terbatasnya nutrisi di dalam rizosfer. Aplikasi CMA dapat menyebabkan terhambatnya produksi klamidospora *Thielaviopsis basicola* (Campbell, 1989), tertekannya pertumbuhan *Fusarium oxysporum* f.sp *lycopersicum* pada tanaman tomat (Reflin, 1993).

Pada tanaman yang dikolonisasi mikoriza kandungan P dan K dalam jaringan tanaman meningkat, yang mengakibatkan kandungan asam amino lebih tinggi (arginin, phenylalanin, syrin), isoflavonoid (phytoalexin), pengurangan gula dan enzim (chitinase), yang dapat menghambat perkembangan mikroorganisme patogenik (Sieverding, 1991). Kadar asam aminonya tanaman bermikoriza lebih tinggi 50% dibanding akar yang tidak bermikoriza. Hal ini mempunyai pengaruh tidak langsung terhadap fisiologi inang (Habazar, 2002).

Tabel 4. Kepadatan sel bakteri (BDB) pada akar tanaman pisang 1-9 Hsi

Perlakuan	Populasi BDB (upk ml <sup>-1</sup> )			
	1 HSI (x 10 <sup>5</sup> )	3 HSI (x 10 <sup>7</sup> )	6 HSI (x10 <sup>7</sup> )	9 HSI (x 10 <sup>7</sup> )
AT1	5.13	5.13	7.6	18.72
AT2	7.25	16.43	9.12	8.72
AT3	10.8	12.38	12.64	10.88
PU1	9.88	13.00	24.00	6.64
PU2	7	8.63	11.84	5.20
PU3	4.88	12.00	8.720	8.16
PU4	5.28	14.00	11.28	10.96
PU5	7.88	16.50	7.92	10.56
PU6	5.13	19.00	32.72	4.72
PU7	7.63	2.43	25.12	9.20
PU8	10.03	1.43	16.40	14.64
PU9	4.80	8.13	17.20	8.08
PU10	6.50	1.00	7.36	7.84
PU11	2.18	12.99	11.92	19.20
PU12	7.00	15.50	19.20	11.44
PU13	7.40	7.00	16.24	16.56
TP1	7.25	2.73	8.88	6.88
TP2	0.95	0.95	11.84	16.72
TP3	6.40	2.13	8.80	17.60
TP4	5.34	0.70	20.96	19.60
TP5	1.43	22.15	123.36	14.16
TP6	2.70	7.10	15.84	15.44
TP7	6.50	1.45	7.76	9.20
<i>G.fasciculatum</i>	7.63	11.40	14.72	8.00
Kontrol	136.2	937.50	520.13	420.08

### e. Kolonisasi CMA

Persentase dan intensitas kolonisasi semakin bertambah seiring dengan pertambahan umur tanaman (Tabel 5).

Tabel 5 . Persentase dan intensitas kolonisasi CMA dalam akar tanaman pisang pada 30HST, 60 HST dan 90 HST.

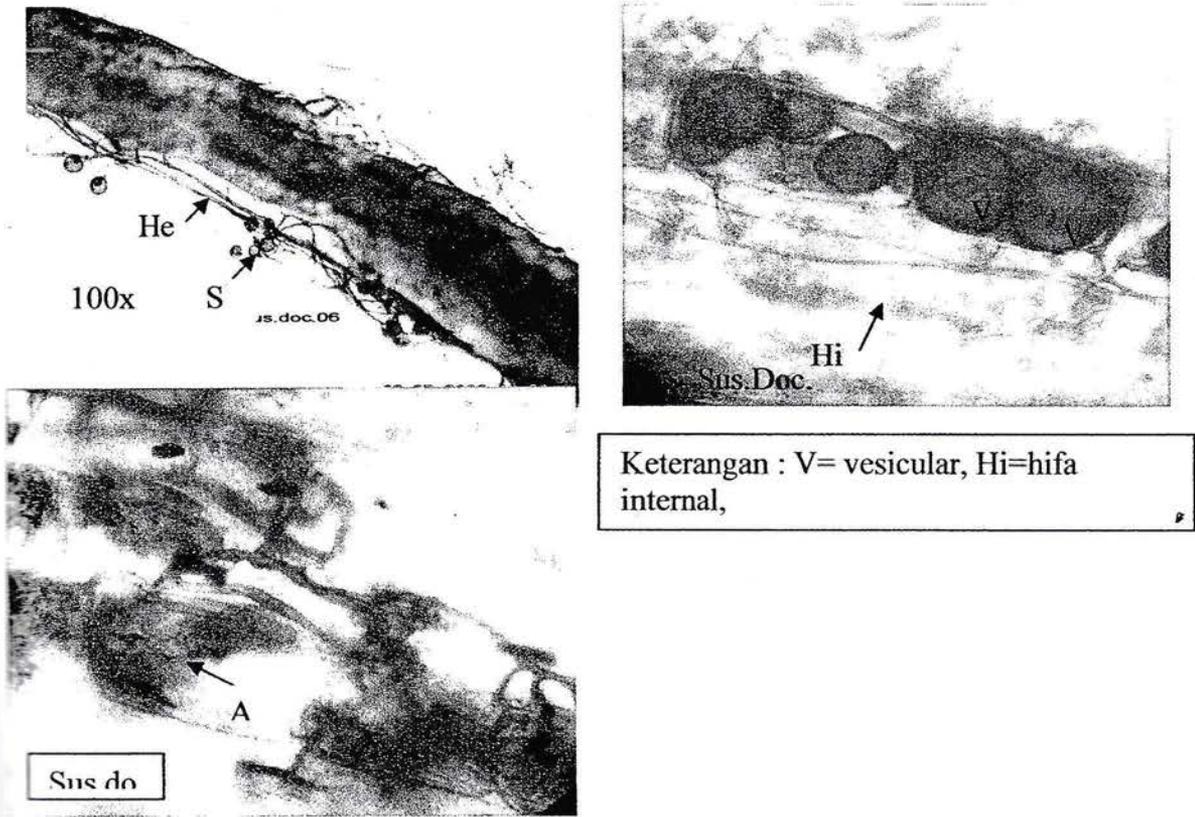
Perlk	30 HSA			60 HSA			90 HSA		
	Kol (%)*	Int.kol	Kep spora	Kol (%)	Int kol	Kep spora	Pers kol	Int kol	Kep spora
AT1	25	2	38	65	3	58	85	4	63
AT2	30	3	30	60	3	59	80	4	72
AT3	25	2	37	70	3	43	81	4	55
TP1	25	3	75	80	4	129	83	5	143
TP2	32,5	3	60	60	3	127	97	5	152
TP3	20	2	60	60	3	89	89	5	99
TP4	30	2	50	60	3	80	92,5	5	88
TP5	25	3	25	70	3	65	90	4	76
TP6	20	2	60	60	3	128	85	4	144
TP7	25	3	25	70	3	57	80	5	61
PU1	37,5	2	73	75	3	138	87	5	156
PU2	40	2	83	70	3	122	89	4	133
PU3	20	3	28	80	3	53	88	4	64
PU4	50	2	50	73,3	3	85	85	4	91
PU5	29	2	78	70	3	150	89	4	167
PU6	30	2	83	60	2	59	83	4	64
PU7	25	2	75	75	3	201	89	5	232
PU8	25	2	30	80	3	52	90	4	65
PU9	25	2	80	70	3	181	80	4	197
PU10	35	2	90	80	4	132	90	4	145
PU11	35	2	35	80	2	60	83,5	4	77
PU12	35	2	75	75	3	112	82	4	135
PU13	50	3	80	80	3	91	90	5	103
<i>G.fasc</i>	25	2	25	70	3	48	80	4	52
Kontrol	5	2	5	7	2	12	10	2	16

Keterangan : \* Kol = Kolonisasi, Int. Kol= intensitas kolonisasi, kep. Spora=kepadatan spora.

Persentase kolonisasi 85% pada tanaman pisang kepok yang diberi inokulant mikoriza menandakan bahwa inokulant yang digunakan memiliki kecocokan dengan tanaman pisang. Pada perlakuan tanpa aplikasi mikoriza ternyata terjadi kolonisasi mikoriza walaupun tingkatnya sangat rendah yaitu sebesar 5% pada 30 HST, dan

mengalami peningkatan seiring pertambahan umur tanaman. Media tanam yang digunakan sudah disterilisasi dengan uap panas kemungkinan kolonisasi mikoriza diduga berasal dari kontaminan yang berasal dari air penyiraman yang digunakan.

Perkembangan tanaman akan baik apabila perkembangan mikorizanya juga baik. Hal tersebut teramati dengan adanya struktur vesikular, arbuskular, hifa dan spora pada jaringan korteks akar tanaman pisang (Gambar 6).



Keterangan : V= vesicular, Hi=hifa internal,

Gambar 6. Struktur kolonisasi CMA pada korteks akar tanaman pisang

**1 Serapan P.**

Media tanam Ultisol memiliki kandungan P yang sangat rendah, Aplikasi endawan mikoriza memberikan peningkatan yang tinggi terhadap kemampuan tanaman menyerap unsur P yaitu berkisar 18.92% - 1163.29% dibanding dengan kontrol (Tabel

6). Hal ini disebabkan kemampuan cendawan mikoriza dalam menyerap unsur hara P dari dalam tanah yang jauh dari perakaran tanaman baik yang berasal dari tanah maupun pupuk yang diberikan. Hifa eksternal pada akar tanaman yang bermikoriza menyebabkan kontak antara sumber P yang bersifat immobil dapat diperpendek sehingga penyerapan unsur P dapat ditingkatkan.

Disamping unsur P juga terjadi peningkatan unsur-unsur lain seperti N, K dan Mg yang bersifat mobil (Sieverding, 1991), bahkan terhadap unsur-unsur mikro seperti Cu, Zn, Mn, B dan Mo (Smith and Read, 1997). Peningkatan penyerapan hara yang menguntungkan ini antara lain disebabkan karena volume tanah yang dapat dieksplorasi oleh hifa eksternal CMA meningkat 5-200 kali dibanding dengan eksplorasi akar tanpa mikoriza (Sieverding, 1991). Inokulasi CMA pada 9 jenis bibit apel dapat meningkatkan konsentrasi fosfor baik pada bagian atas tanaman (shoot) maupun bagian akar (Matsubara *et al.*, 1996).

Tabel 6. Tingkat serapan Phosfor dan peningkatan biomassa tanaman setelah aplikasi CMA pada 70 HST.

Perlakuan	Serapan P (ppm)	Peningkatan (%)	Biomassa (gr)	Peningkatan (%)
AT1	0.2667	335.07	35	600
AT2	0.5086	729.69	22	340
AT3	0.5922	866.06	56.5	1030
PU1	0.5729	834.58	26.5	430
PU2	0.6309	929.20	50	900
PU3	0.4537	640.13	33.2	564
PU4	0.5961	872.43	40	700
PU5	0.6039	885.15	39	680
PU6	0.3868	530.99	27	440
PU7	0.5224	752.20	25	400
PU8	0.5457	790.21	54	980
PU9	0.5379	777.48	46.5	830
PU10	0.5574	809.29	79	1480
PU11	0.4799	682.87	43	760
PU12	0.7744	1163.29	56	1120

PU13	0.5496	796.57	50	900
TP1	0.5341	771.29	49	880
TP2	0.5845	853.50	40	700
TP3	0.2977	385.64	22.5	350
TP4	0.5690	828.22	30	500
TP5	0.3868	530.99	23	360
TP6	0.3635	492.98	24	380
TP7	0.3132	410.93	30	500
<i>G.fasciculatum</i>	0.0729	18.92	29	480
Kontrol	0.0613	-	5	
Cavendish (IT)	0.4488	632.17		

## Parameter pertumbuhan tanaman

### a. Persentase tanaman hidup

Aplikasi CMA pada platlet pisang pada saat aklimatisasi dapat meningkatkan keberhasilan jumlah plantlet yang tumbuh. Kemampuan isolat yang diuji bervariasi dalam meningkatkan jumlah plantlet yang tumbuh. Keberhasilan tumbuh plantlet terendah dengan pemberian isolat *G.fasciculatum* (26.00 %) dan tertinggi pada PU10 (100%) (Tabel 7). Tanaman kelapa sawit hasil kultur jaringan yang diinokulasi CMA (*G.fasciculatum* dan *E.colombiana*) tingkat keberhasilan tumbuh dan pertumbuhannya lebih cepat dibandingkan dengan tanaman tanpa mikoriza (Widiastuti dan Tahardi, 1993).

### b. Tinggi dan Jumlah daun.

Kemampuan isolat minoriza yang digunakan memiliki kemampuan yang bervariasi dalam peningkatan tinggi dan jumlah daun tanaman pisang (Tabel 7). Isolat AT1 merupakan isolat yang terbaik dalam meningkatkan tinggi tanaman yaitu 68.22% dan terendah dengan aplikasi isolat PU13 (-9.00%). Pemberian isolat PU13 justru dapat meningkatkan jumlah daun 52.38% dan terendah -5.77 % (TP5).

### c. Biomassa tanaman.

Peningkatan bobot kering tanaman akibat peningkatan serapan N dan P tanaman sehingga suplai unsur hara makro yang diperlukan dalam metabolisme dan pertumbuhan tanaman lebih terpenuhi dibanding dengan tanaman tanpa aplikasi mikoriza. Peningkatan biomassa tanaman tertinggi diperoleh dengan aplikasi isolat PU10 yaitu sebesar 1480% sebaliknya terendah dengan aplikasi isolat AT2 yaitu 340% (Tabel 6) dibandingkan dengan tanaman tanpa aplikasi CMA (kontrol).

Dari beberapa hasil penelitian diperoleh hasil bahwa tanaman adpokat, pisang, nenas dan pepaya juga mempunyai respon yang tinggi terhadap CMA yang dapat meningkatkan serapan hara dan pertumbuhan bibit. Inokulasi *Glomus mosseae* pada pepaya kultivar Sunrise dapat meningkatkan biomassa 85% serta kandungan hara N, P dan K berturut-turut yaitu 28.4%, 54.5% dan 73.3% lebih tinggi dibandingkan kontrol dan inokulasi *Glomus fasciculatum* pada tanaman pisang dapat meningkatkan kandungan nutrisi N, P dan K berturut-turut 248%, 226% dan 332% dibanding kontrol (Jaizme-Vega dan Azcon, 1995).

Tabel 7. Jumlah tanaman hidup , Tinggi, jumlah daun dan biomassa tanaman setelah aplikasi CMA.

Perl	Tanaman hidup (%)	Efektifitas (%)	Tinggi (cm)	Efektifitas (%)	Jumlah daun	Efektifitas (%)	Biomassa (gr)	Efektifitas (%)
	30 HST		60 HST			70 HST		
AT1	93.00	257.69	23.45	68.22	6.86	30.66	35	600
AT2	40.00	53.87	22.15	58.89	6	14.28	22	340
AT3	66.00	153.85	21.92	57.24	6	14.28	56.5	1030
TP1	46.00	76.92	21.10	51.10	7.25	38.09	49	880
TP2	93.00	257.69	21.62	55.09	7.33	39.61	40	700
TP3	53.00	103.85	20.82	49.35	6	14.28	22.5	350
TP4	46.00	76.92	20.34	45.91	6	14.28	30	500
TP5	33.33	28.19	21.95	57.46	5	-5.77	23	360
TP6	73.00	180.76	19.60	40.60	5.67	8.00	24	380
TP7	53.00	103.85	20.87	49.71	6	14.28	30	500
PU1	66.00	153.85	13.97	2.00	6.71	27.80	26.5	430
PU2	46.00	76.92	14.87	6.67	7	33.33	50	900
PU3	66.00	153.85	16.16	15.92	7.83	49.14	33.2	564
PU4	80.00	207.69	16.94	21.52	7.5	42.86	40	700
PU5	80.00	207.69	17.48	25.39	6.43	22.47	39	680
PU6	46.00	76.92	17.91	28.47	6	14.28	27	440
PU7	73.00	180.76	18.93	35.79	7.17	36.57	25	400
PU8	93.00	257.69	20.04	43.75	7.5	42.86	54	980
PU9	66.00	153.84	13.22	-6.00	6.75	28.57	46.5	830
PU10	100.00	284.61	13.42	-4.00	7	33.33	79	1480
PU11	73.00	180.76	13.59	-3.00	6.6	25.71	43	760
PU12	80.00	207.69	13.79	-2.00	7.25	38.09	56	1120
PU13	60.00	130.77	12.82	-9.00	8	52.38	50	900
<i>G.fasc</i>	26.00	0	22.65	62.48	5.5	4.76	29	480
Kontrol	26.00		13.94		5.25		5	

**Tahap 2. Pengujian Mekanisme Protektif CMA ( analisa eksudat akar yang terkolonisasi CMA).**

Hasil pengujian mekanisme protektif CMA diperoleh masing-masing 50 ml ekstrak buthanol tanah dengan perlakuan CMA, kontrol (tanaman tanpa CMA) dan

media tanam saja. Ekstrak buthanol difraksinasi dengan etil asetat dan masih dilakukan pengujian bioaktivitas, uji KLT dan HPLC.

### **Tahap 3. Kajian aktivitas enzim pertahanan pada bibit yang tahan terhadap penyakit darah bakteri.**

Hasil pengujian aktivitas enzim diperoleh material uji berupa daun yang telah diberi perlakuan (masa aplikasi (A):A0= kontrol, A1 = 12 jam setelah aplikasi,A2 = 24 jam setelah aplikasi, A3 = 36 jam setelah aplikasi,A4 = 48 jam setelah aplikasi,A5 = 72 jam setelah aplikasi, A6 = 96 jam setelah aplikasi; bahan uji (B) yaitu:B0 = air steril (kontrol),B1 = CMA terbaik, B3 = BDB,B4 = CMA + BDB) masih dibekukan di suhu 5<sup>0</sup>C untuk dilakukan liofilisasi dan pengujian aktivitas enzim.

### **Tahap 4. Analisa Fitoaleksin pada tanaman pisang yang tahan terhadap penyakit darah bakteri**

Hasil pengujian fitoaleksin diperoleh material uji berupa daun, batang semu dan akar yang telah diberi perlakuan (masa aplikasi (A):A0= kontrol, A1 = 12 jam setelah aplikasi,A2 = 24 jam setelah aplikasi, A3 = 36 jam setelah aplikasi,A4 = 48 jam setelah aplikasi,A5 = 72 jam setelah aplikasi, A6 = 96 jam setelah aplikasi; bahan uji (B) yaitu:B0 = air steril (kontrol),B1 = CMA terbaik, B3 = BDB,B4 = CMA + BDB). Isolasi dan identifikasi fitoaleksin menggunakan metode Echeverri *et al.*, (2002) yaitu 500 gr akar, 500 gr batang semu dan 500 daun diiris dan diekstrak dengan ethanol (2 L) dalam perkolar sistem. Masing-masing bagian tanaman diproses secara terpisah. Ekstrak kasar dipekatkan sampai 25% volume awal.

Hasil akhir diperoleh fraksi etil asetat dari masing-masing bagian tanaman (daun, akar dan batang semu) yang akan diuji lanjut kandungan fenolik, uji bioaktivitas, uji KLT dan HPLC.

Hasil isolasi fitoaleksin dari akar tanaman pisang yang terserang BDB secara alami dan tanaman sehat diperoleh masing-masing 1 mg senyawa murni . Senyawa

tersebut sedang dianalisa struktur senyawanya di LIPI Jakarta. Kedua senyawa tersebut akan digunakan sebagai senyawa standart fitoaleksin.

Hasil uji bioaktivitas fraksi etil asetat akar tanaman sakit pada bakteri BDB diperoleh hasil bahwa fraksi tersebut dapat menghambat pertumbuhan bakteri penyakit darah dengan zona hambat berkisar 7-12 mm sedang pada ekstrak yang berasal dari tanaman sehat zona hambatnya lebih kecil bahkan tidak ada .

## KESIMPULAN

1. CMA indigenus yang diperoleh dari lahan endemic dan kawasan cagar alam memiliki kemampuan adaptasi tinggi pada tanaman uji jagung.
2. Aplikasi berbagai isolat CMA dapat meningkatkan ketahanan tanaman pisang terhadap penyakit darah bakteri sekaligus meningkatkan keberhasilan aklimatisasi, pertambahan tinggi, jumlah daun dan biomassa tanaman.
3. Isolat PU10 merupakan isolat CMA terbaik dalam meningkatkan persentase pertumbuhan plantlet dan ketahanan tanaman pisang terhadap BDB
4. Senyawa fitoaleksin yang berbentuk kristal bening sebanyak 1 mg telah berhasil diisolasi dari akar tanaman sehat dan sakit. Fraksi Etil asetat akar tanaman sakit tersebut dapat menghambat pertumbuhan bakteri BDB, dengan zona hambat 7-12 mm, sedang ekstrak dari tanaman sehat zona hambatnya lebih kecil bahkan tidak ada.

## 6. RENCANA KEGIATAN

Tahun II

Kegiatan	TAHUN 2007			Tahun 2008											
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Penanaman bibit yang tahan terhadap BDB di lahan endemik T.Panjang dan P.Usang	X	X	X												
Pengamatan reaksi bibit pisang di lapangan(masa inkubasi, gejala, intensitas serangan,persentase serangan, diskolorasi akar/batang semu/bonggol,berat tajuk,berat akar)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
<b>KAJIAN ULANG MEKANISME SUPRESIF CMA</b>															
<b>A. Karakterisasi eksudat akar</b>															
1. Inokulasi plantlet pisang sesuai perlakuan				X	X	X									
<b>B.Karakterisasi Kestabilan aktivitas enzim</b>															
1. Aplikasi material uji sesuai perlakuan					X	X									
2. Analisis aktivitas enzim					X	X	X								
<b>C.Karakterisasi Kestabilan Fitoaleksin</b>															
1. Aplikasi plantlet pisang dengan material uji					X	X									
2. Ekstraksi,fraksinasi dan analisis lanjut (uji fenolik, bioaktivitas, KLT dan HPLC.					X	X	X								
Analisis Data							X	X	X	X					
Penulisan laporan penelitian tahun II, seminar hasil penelitian, penulisan artikel ilmiah untuk jurnal									X	X	X	X			
Perbanyak dan pengiriman laporan serta pengiriman artikel ilmiah pada jurnal terakreditasi												X	X		

## 7. DAFTAR PUSTAKA.

- Agrios, G. N. 1988. Plant pathology. Third Ed. Acad. Press. Inc. San diego. New York. London. Toronto.
- Bādan Pusat Statistik. 2003. Statistik Indonesia. 2003. Jakarta.
- Baharuddin, B. 1994. Pathological, Biochemical and Serological Characterization of the Blood Disease Bacterium Affecting Banana and Plantain (*Musa sp*). In Indonesia. Cuvillier verlag gettingen. 129 p.
- Baker, K.F. and R.J. Cook. 1974. Biological Control Of Plant Pathogens, Freeman San Francisco.
- Buddenhagen, Z.W and T.A. Elasser. 1962. An Insect Spread wild Epiphytotic Of Bluggoe Bananas. Nature 194: 146-165
- Brundrett, M., Abbot, L.k. Jasper, D.A and Aswath, N. 1994. Mycorrhizal association in Disturbed and Natural Habitats in Tropical Australia Mycorrhizas for plantation Forestry in Asia. Proceeding of International Symposium and workshop, Kaping, Guandong Province, P.R. China 7-11 November 1994. Editors M.Brundrett, B.dell. Maljczuk and Gong Mingqin. P.34-40.
- Dehne, H. W. 1992. Interaction between vesicular arbuscular mycorrhizae fungi and plant pathogens. Phytopathology.
- Djatnika, I. 2000. Penyakit Umum Pada Pisang. Balai Penelitian Tanaman Buah Solok. 15 hal.
- Daryanto. 2002. Langkah Penanggulangan Penyakit Layu Pisang di Indonesia. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Penyakit Layu Pisang di Padang tanggal 22-23 Oktober.
- Echeverri, F., W. Quinones, F. Torres, B. Scheinede. 2002. Correlation Between phenylphenalenones phytoalexins and phytopathological properties In *Musa* and role of a dehydrophenylphenalenonetriol. Molecules: 7:331-340
- Eden-Green, S.J. 1992. Characteristic of *Pseudomonas solanacearum* and Related Bacteria from Banana And Plantain in South East Asia in: M. Lemattre, S. Freigoun, K. Rudolph and J.G. Swings (Eds.). Plant Pathogenic Bacteria. INRA.
- Fegan and Prior. 2005. How complex is the "*Ralstonia solanacearum* species complex". In: Bacterial Wilt Disease and The *Ralstonia solanacearum* Spesies Complex (Eds) by C.Allen., P. Prior, A.C. Hayward. St. Paul. APS Press. USA.

- Friends.,1979; Habazar, T dan Rivai, F. 2000. Dasar-dasar bakteri patogenik tumbuhan. Fakultas Pertanian. Universitas Andalas. Padang. 314 hal.
- Habazar, T dan F. Rivai. 2000. Dasar-Dasar Bakteri Patogenik Tumbuhan. Fakultas Pertanian. Universitas Andalas. Padang.
- Habazar, T. 2001. Aspek imunisasi dalam pengendalian penyakit tanaman secara hayati. Orasi ilmiah pada rapat senat terbuka Fakultas Pertanian. Universitas Andalas dalam rangka Dies Natalis ke-47. Tanggal 30 November. 31 hal.
- Harran dan Ansori. 1998. Bioteknologi pertanian 2. Pusat antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor. Bogor. 264 hal.
- Harmet. 1999. Peranan *G. fasciculatum* dan pupuk fosfor dalam peningkatan ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit pustul bakteri (*Xcg*). Thesis program pascasarjana Universitas Andalas Padang. 73 hal.
- Hermanto, C. 1998. Konfirmasi: Daerah endemik baru penyakit layu bakteri pisang di Sumatera Barat. Disampaikan pada seminar sehari PFI Komca Sumbar, Riau dan Jambi, Padang. 4 November 1998.
- Hermanto, C. 1999. Pengumpulan isolat-isolat bakteri patogenik pada tanaman buah di Jawa Timur. Laporan Perjalanan Dinas No. 268.P/BS/98.
- , 1999. Pengumpulan isolat-isolat bakteri patogenik pada tanaman buah di Jawa Timur. Laporan Perjalanan Dinas No. 268.P/BS/98.
- , 2000. Pola distribusi penyakit layu bakteri pisang. Thesis Program Pasca Sarjana Unand. Padang.
- Husin. 1994. Mikrobiologi tanah. Universitas Andalas Padang. 151 halaman.
- , 1995. Pemanfaatan jamur pelarut fosfat dan Mikoriza Vesikular Arbuskular dengan *Sesbania rostrata* untuk meningkatkan produktifitas tanah di lahan transmigrasi Sumatra. Laporan Penelitian Hibah Bersaing II/2 Perguruan Tinggi. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 74 halaman.
- Hermanto, C., T.Setyawati dan P.J.Santoso. 1998. Konfirmasi : Daerah endemik baru penyakit layu bakteri pisang di Sumatera Barat. Disampaikan pada seminar sehari PFI Komca Sumbar,Riau dan Jambi. Padang 4 November 1998.
- Invam. 1998. International culture collection of arbuscular dan vesicular mycorrhizal fungi. West. Virginia University.
- Klement, Z., Rudolph, K and Sand, D.C. 1990. Method in Phytobacteriology Academia Kiado. Budapest.
- Kobayashi, N and Branch, K, 1991. Biological control of soil borne disease with vesicular arbuscular mycorrhiza fungi and charcoal compost. In: Proceeding of

- the international seminar biological control of plant disease and Virus vektor. Sept 17-21, Tsukuba. Japan. 153-160.
- Morrissey, John.P. Osburn, Anne,E. Fungal Resistance to Plant Antibiotics as a Mechanism of Pathogenesis. 1999. Microbiology and Molecular Biology Reviews. 708-724
- Muharram, A and Subijanto. 1991. Status of banana diseases in Indonesia. 44-49 in:R.V. Valmayor, B.E. Umali and C.P. Bejosano (Eds.): Banana Diseases in Asia and The Pacific. International Network for Asia and The Pacific. INIBAP.
- Nurhadi, M. Rais dan Harlion. 1994. Serangan bakteri dan cendawan pada tanaman pisang di Propinsi Dati I Lampung. Info Hortikultura Vol 2(1): 37-41.
- Roesmiyanto dan I. Hutagalung. 1989. Penyakit Darah (*P. celebensis*) pada tanaman pisang di Jeneponto- Sulawesi Selatan. Hortikultura. No. 27:39-41.
- Sahlan dan Nurhadi. 1994. Inventarisasi penyakit pisang di sentra produksi Sumatera barat, Jawa Barat dan Lampung. Penel. Hort. Vol 6(5): 36-43.
- Setiadi, D. H. Mansur, I., Budi, S.W dan Ahmad. 1992. Mikrobiologi tanah hutan. Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setiadi, Y. 1989. Pemanfaatan mikroorganisme dalam kehutanan. PAU-IPB. Bogor. 6 halaman.
- , 1998. Fungi mikoriza dan prospeknya sebagai pupuk biologis PAU-BIOTEK - IPB. Bogor. 6 halaman.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular- arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. GTZ GmbH. Germany. pp. 371.
- Smith, S. E. and D. J. Read. 1997. Mycorrhizae symbios. Academic press. Harcourt brace & Company, Publisher, UK. pp. 605.
- Subandiyah.S., S.Indarti., T.Harjoko., S.N.H. Utami., C. Sumardiono dan Mulyadi. 2002 . Bacterial Wilt Disease Complex of Banana in Indonesia In: Bacterial Wilt Disease and The *Ralstonia solanacearum* Species Complex (Eds) by Allen.C, Prior, A.C. Hayward. APS Press. USA.
- Sulyo, Y. 1992. Major banana disease and their control. IARD journal 14 (3 dan 4): 55-62.
- Suprijadi. 2002. Perkembangan penelitian penyakit darah pada tanaman pisang dan strategi pengendaliannya. Gelar teknologi pengendalian lalat buah CVPD dan penyakit layu pisang. Direktorat perlindungan

Suswati., T. Habazar, Rivai. F., D.P. Putra. 2004. Pengujian Komponen Limbah Kulit Udang Sebagai Penginduksi Tanaman Pisang Terhadap Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum* ras 2). Prosiding Seminar Nasional Penerapan Agro Inovasi Mendukung Ketahanan Pangan Dan Agri Bisnis. Satu Dasawarsa dan Lustrum X Fakultas Pertanian Padang. 10-11 Agustus di Sukaramai.

-----, 2006. Respon Fisiologis Bibit Pisang Yang Diinduksi Dengan Limbah Kulit Udang Terhadap Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum* ras 2). Semirata FMIPA Bagian Barat. Padang , Agustus. 2006

Valmayor, R. V. 1991. Banana disease in Asia and in Pasific. INIBAP. Philippines.

Wardlaw, C. W. 1972. Banana disease. Including plantains and Abaca. Longman. 146-179.

Widiastuti,H., dan J.S.Tahardi. 1993. Effect of vesicular –arbuscular mycorrhizal inoculation on the growth and nutrient uptake of micropropagated oil palm. Menara Perkebunan,61(3):56-60.

Yusman. 2003. Uji kemampuan beberapa jenis CMA dalam menginduksi ketahanan tanaman tomat terhadap penyakit bercak bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*). 51 hal.

## PERSONIL PELAKSANA PENELITIAN

### Realisasi SDM

Peneliti .		Uraian
Nama	:	Prof.Dr. Ir. Eti Farda Husin. MS.
Kelamin	:	Perempuan
Unit kerja	:	Fakultas Pertanian
Bidang keahlian	:	Biologi Tanah
Tugas Pokok	:	-Mengkordinir semua kegiatan penelitian. -Melaksanakan kegiatan yang berkaitan menyiapkan isolat CMA, aplikasi CMA.
Pendidikan terakhir	:	S3
Alokasi waktu (jam/minggu)	:	20
Lembaga	:	Lembaga Penelitian Univ. Medan Area
Nama	:	Prof.Dr.Ir.Trimurti Habazar.
Kelamin	:	Perempuan
Unit kerja	:	Fakultas Pertanian
Bidang keahlian	:	Fitobakteriologi
Tugas Pokok	:	-Mengkoordinir kegiatan yang berkaitan dengan perbanyakkan bakteri BDB, inokulasi BDB, penghitungan populasi BDB, uji patogenisitas. . -Melaksanakan kegiatan yang berkaitan dengan karakterisasi metabolit sekunder yang terbentuk akibat interaksi tanaman, patogen dan CMA pada tanaman yang tahan serta mengisolasi
Pendidikan terakhir	:	S3
Alokasi waktu (jam/minggu)	:	15
Lembaga	:	Fakultas Pertanian, Unand.
Nama	:	Ir. Zelvi Zakir.MSi
Kelamin	:	Perempuan
Unit kerja	:	Fakultas Pertanian
Bidang keahlian	:	Agribisnis
Tugas Pokok	:	- Mengkoordinir kegiatan yang berkaitan dengan studi kelayakan pemanfaatan CMA dalam peningkatan hasil dan ketahanan tanaman pisang terhadap BDB
Pendidikan terakhir	:	S2
Alokasi waktu (jam/minggu)	:	15
Lembaga	:	Fakultas Pertanian, Unand.

<b>Teknisi</b>		
Nama	:	Ir.Suswati .MP.
Kelamin	:	Perempuan
Unit kerja	:	Fakultas Pertanian
Bidang keahlian	:	Fitobakteriologi, Pengendalian Hayati
Tugas Pokok	:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perbanyak massal inokulant CMA indigenus.</li> <li>- Uji kemampuan peningkatan ketahanan tanaman pisang untuk pengendalian penyakit darah bakteri</li>   <li>- Melaksanakan kegiatan yang berkaitan dengan karakterisasi metabolit sekunder yang terbentuk akibat interaksi tanaman, patogen dan CMA pada tanaman yang tahan serta mengisolasi</li> </ul>
Pendidikan terakhir	:	S2
Alokasi waktu (jam/minggu)	:	15
Nama	:	Yefriwati. SP.
Kelamin	:	Perempuan
Unit kerja	:	Fakultas Pertanian, UMA.
Bidang keahlian	:	Fitopathologi
Pendidikan terakhir	:	S1
Tugas pokok	:	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perbanyak massal inokulant CMA indigenus.</li> <li>- Uji kemampuan peningkatan ketahanan tanaman pisang untuk pengendalian penyakit darah bakteri</li> <li>- Pemeliharaan tanaman, sterilisasi media tanam, pengisian media tanam ke polybag. Mengangkut media tanam dan pupuk kandang</li> </ul>