

**Induksi Resistensi terhadap Asam Fusarat pada Tunas Pisang Tanduk *In Vitro***  
**Menggunakan Asam Salisilat dan Mikroba Endofitik**  
*Induced Resistance to Fusaric Acid on Banana Shoots "Tanduk" In Vitro Using*  
*Salicylic Acid and Endophytic Bacteria*

Oleh : Dewi Sukma  
Departemen Agronomi dan Hortikultura, Faperta IPB

**ABSTRACT**

Fusarium wilt is important disease in bananas production. There are not yet commercial cultivar of bananas that really resistant to this disease. Induced resistance is an alternative way to get banana resistance to fusarium wilt. Induce resistance may be done in *in vitro* shoots culture of bananas chemically or biologically, then the shoots are treated with the toxin of *Fusarium oxysporum* namely fusaric acid to have a look of resistance response. Some chemical compounds are potential to induce disease resistance in plants like salicylic acid. Endophytic bacteria also can induced disease resistance in plants.

The research was done to evaluate the response of *in vitro* banana shoots "Tanduk" to fusaric acid treatment and effects of salicylic acid and endophytic bacteria on fusaric acid resistance of banana shoots *in vitro*. There are two experiment in this research. The first one is the response of banana shoots to four level of fusaric acid and the second one is the response of banana shoot to fusaric acid after prior treatment with salicylic acid and endophytic bacteria.

The results of the first experiment show that almost 50% of shoots tissues was died at 39.6 mg/l of fusaric acid and 90 -100% at 78.43 mg/l and 116.50 mg/l of fusaric acid. The LD<sub>50</sub> is at 46.74 mg/l fusaric acid. Sub lethal dose is at 93.23 mg/l of fusaric acid. Toxic symptom in the shoots was showed by and blackening of the shoots.

The second experiment showed the prior treatments with salicylic acid or *B. subtilis* ERB21 do not yet induce the resistance of banana shoots "Tanduk" to fusaric acid *in vitro*.

*Keyword* : induce resistance, fusaric acid, salicylic acid, endophytic bacteria, *in vitro* shoots culture "Tanduk",

**ABSTRAK**

Penyakit layu fusarium merupakan masalah penting dalam produksi pisang . Sampai saat ini belum ada kultivar pisang komersial yang benar-benar tahan terhadap layu fusarium. Induksi resistensi merupakan salah satu cara untuk mendapatkan tanaman pisang yang tahan terhadap layu fusarium. Induksi tersebut kemungkinan dapat dilakukan secara *in vitro* dengan cara kimia atau biologi lalu kultur *in vitro* diperlakukan dengan toksin yang dihasilkan *Fusarium oxysporum* yang disebut asam fusarat untuk melihat respon ketahanan kultur tersebut. Beberapa senyawa kimia berpotensi untk menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit seperti asam salisilat. Mikroba endofitik juga dapat menginduksi ketahanan terhadap penyakit pada tanaman.

Penelitian in dilakukan untuk melihat respon tunas pisang "Tanduk" *in vitro* terhadap perlakuan asam fusarat (0, 39.6, 78.43, or 116.50. mg/l) dan pengaruh perlakuan asam

salisilat 25 mg/l dan mikroba endofitik *Bacillus subtilis* ERB21 pada ketahanan tunas terhadap asam fusarat.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hampir 50% tunas mengalami kematian pada asam fusarat 39,6 mg/l dan 90 -100% tunas mati pada asam fusarat 78.43 dan 116.5. LD<sub>50</sub> diperoleh pada asam fusarat 46.74 mg/l. Praperlakuan tunas pisang "Tanduk" dengan asam salisilat maupun *B. subtilis* ERB21 belum dapat menginduksi ketahanan tunas pisang tanduk terhadap asam fusarat *in vitro*.

Kata-kata kunci : induksi resistansi, asam fusarat, asam salisilat, mikroba endofitik, tunas

pisang "Tanduk" *in vitro*

## PENDAHULUAN

Pisang merupakan salah tanaman buah penting di Indonesia karena dimanfaatkan dan dikonsumsi secara luas oleh masyarakat Indonesia baik sebagai makanan pokok (di beberapa daerah tertentu) maupun sebagai makanan tambahan (sebagai buah segar dan olahan). Pisang juga ditanam secara luas di berbagai daerah di Indonesia dan dapat menjadi sumber pendapatan yang cukup berarti bagi petaninya.

Dalam budidaya tanaman pisang dihadapi berbagai kendala diantaranya penyakit layu fusarium. Penyakit layu fusarium merupakan penyakit penting yang dapat menyebabkan kegagalan produksi pisang. Penyakit tersebut disebabkan oleh patogen terbawa tanah *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* (FOC). Penyebaran penyakit terjadi melalui air, tanah dan bahan tanaman. Penyakit tersebut dilaporkan pertama kali di Australia tahun 1874 dan menyebabkan epidemik di Amerika Tengah pada tahun 1890. Dewasa ini penyakit layu fusarium sudah menyebar luas di wilayah pertanaman pisang di benua Asia, Afrika, Australia, Pasifik Selatan dan Amerika Latin. (Robinson, 1996).

Pengendalian penyakit layu fusarium sangat sulit dilakukan jika areal pertanaman telah terinfeksi oleh patogen tersebut. Jika tanaman telah terinfeksi, maka kecil kemungkinan tanaman untuk pulih kembali dan tidak ada pestisida yang dapat memulihkan kesehatan tanaman. Hal ini disebabkan gejala yang terlihat pada bagian tajuk tanaman berupa penguningan daun yang sering dianggap sebagai gejala awal sebetulnya sudah merupakan fase lanjut dari infeksi. Karena itu satu-satunya cara yang efektif untuk pengendalian penyakit layu fusarium adalah menggunakan kultivar yang resisten terhadap layu fusarium. Namun sampai saat ini persilangan pada tanaman pisang untuk perbaikan berbagai karakter agronomis mengalami kendala dan berjalan

lambat karena sebagian besar pisang bersifat steril. Untuk itu diperlukan metode lain selain persilangan konvensional untuk mendapatkan bahan tanaman yang resisten terhadap layu fusarium.

Asam fusarat (5,n-buthylpicolinic acid) merupakan toksin yang dihasilkan oleh cendawan *Fusarium oxysporum* yang menyebabkan penyakit pada tanaman. Asam fusarat merupakan salah satu toksin yang dihasilkan oleh lebih dari 10 spesies *F. oxysporum*. Asam fusarat dapat digunakan sebagai media seleksi untuk membedakan antara tanaman resisten dan rentan terhadap *Fusarium* pada kubis (Pesti *et al.*, 1987), melon (Megnegneau dan Branchard, 1988), anyelir (Arai dan Takeuchi, 1993) dan gladiol (Badriah, 2001). Badriah (2001) menyatakan bahwa fitrat *F. oxysporum* dapat membedakan antara kultivar gladiol yang rentan dan yang resisten terhadap *Fusarium* dalam pengujian *in vitro*.

Induksi resistensi merupakan salah satu bentuk pengendalian yang menggunakan respon pertahanan alami dari tanaman antara lain melalui produksi fitoaleksin, lignifikasi sel, atau mekanisme lainnya untuk melindungi tanaman dari serangan patogen. Perubahan respon tanaman terhadap suatu penyakit dari rentan menjadi resisten atau sebaliknya dapat diinduksi dengan praperlakuan tanaman dengan berbagai agen fisik, kimia dan biologi (Wheeler, 1975). Perlakuan tanaman dengan senyawa tertentu seperti asam poliakrilat, asam benzoat, asam salisilat, aspirin dan etilen juga dapat menginduksi resistensi dalam bentuk reaksi hipersensitif (Goodman *et al.* 1986).

Asam salisilat (SA) merupakan metabolit sekunder yang mempunyai peranan penting dalam tanaman. SA dapat menginduksi ekspresi gen *Systemic Acquired Resistance* (SAR), mendorong respon ketahanan seluler yang berhubungan dengan SAR dan juga menginduksi SAR (Conrath *et al.* 2002). SAR merupakan ketahanan sistemik yang diaktifkan setelah infeksi patogen dan dapat juga diinduksi dengan aplikasi asam salisilat atau analog asam salisilat fungsional seperti 2,6-DICHLOROISONICOTINIC ACID (INA) dan BENZOTHIADIAZOLE (BTH) secara eksogen (Ryals *et al.* 1996; Sticher *et al.* 1997; Dempsey *et al.* 1999).

Van Loon *et al.* (1998) menyatakan bahwa rhizobacteria non patogenik dapat menginduksi ketahanan sistemik pada tanaman yang secara fenotipik sama dengan ketahanan yang terinduksi karena infeksi patogen (SAR). *Rhizobacteria-mediated Induced Systemic Resistance* (ISR) antara lain telah ditunjukkan terhadap cendawan,

bakteri dan virus pada *Arabidopsis*, anyelir, ketimun, tembakau, lobak dan buncis. Beberapa strain tertentu dari rhizobacteria termasuk ke dalam kelompok *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang dapat menstimulasi pertumbuhan dan meningkatkan ketahanan tanaman dalam kondisi stress (Kloepper *et. al.* 1980, Lynch 1976).

Eliza (2004) telah menguji pengaruh beberapa mikroba dari perakaran Graminae dalam menekan penyakit layu fusarium yang disebabkan oleh Foc ras 4 pada pisang ambon kuning. Dari hasil penelitian tersebut, *B. Substilis* SB3 menekan kejadian dan keparahan penyakit karena menghasilkan senyawa antifungal yang dideteksi dari analisa penghambatan perkecambahan klamidospora Foc dan diduga juga menginduksi ketahanan tanaman.

Pengujian ketahanan ataupun seleksi ketahanan tanaman terhadap patogen secara *in vitro* telah banyak dilaporkan. Toksin dari cendawan patogen tanaman atau berupa filtrat cendawan telah banyak digunakan untuk seleksi ketahanan *in vitro*. Yusnita (2004) melaporkan bahwa filtrat dari cendawan *Sclerotium rolfii* dapat digunakan untuk menyeleksi embrio kacang tanah yang membawa sifat ketahanan terhadap cendawan tersebut. Asam fusarat dapat digunakan sebagai media seleksi untuk membedakan antara tanaman resisten dan rentan terhadap *Fusarium* pada pisang (Matsumoto *et al.* 1995), kubis (Pesti *et al.*, 1987), melon (Megnegneau dan Branchard, 1988), anyelir (Arai dan Takeuchi, 1993) dan gladiol (Badriah, 2001).

Pisang 'Tanduk' (*Musa paradisiaca* L., AAB Group) merupakan salah satu pisang olahan yang penting dengan nilai ekonomi yang cukup tinggi di Indonesia. Pisang 'Tanduk' termasuk pisang yang rentan terhadap penyakit layu fusarium (Maimunah 1999). Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kemungkinan induksi resistensi tunas pisang 'Tanduk' *in vitro* melalui perlakuan pendahuluan dengan agen penginduksi berupa asam salisilat dan bakteri endofitik *Bacillus substilis* ERB21 dan mengevaluasi hasil induksi ketahanan tersebut dengan toksin asam fusarat.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juni hingga Desember 2004 di Laboratorium Kultur Jaringan Pusat Kajian Buah-Buahan Tropika IPB dan

Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Faperta IPB.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari bahan tanaman berupa tunas-tunas pisang 'Tanduk' hasil perbanyakan dengan metode kultur jaringan (*in vitro*), bahan-bahan kimia untuk media Murashige -Skoog (MS) cair, zat pengatur tumbuh IAA dan BAP, asam salisilat, asam fusarat sintetis (SIGMA, Israel), mikroba endofitik *Bacillus substilis* ERB 21 (Koleksi Dr. Widodo, Dept. Proteksi Tanaman IPB), media *Potato Dextrose Agar* (PDA), air destilata, alkohol, spiritus dan bahan-bahan penunjang lainnya. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah alat-alat gelas untuk pembuatan media, alat sterilisasi (autoklaf), botol-botol kultur, petridish, kertas millipore, alat-alat tanam (pinset, gunting, scalpel, laminar air flow cabinet) dan alat-alat bantu lainnya.

Penelitian terdiri dari 2 percobaan sebagai berikut :

**Percobaan 1. Respon Tunas Pisang Tanduk terhadap Perlakuan Asam Fusarat *In Vitro***

Percobaan 1 merupakan percobaan faktor tunggal asam fusarat dengan 4 konsentrasi yaitu 0 mg/l (F0), 39.6 mg/l (F1), 78.43 mg/l (F2) dan 116.50 mg/l (F3). Perlakuan disusun dalam Rancangan Acak Lengkap yang terdiri dari sekurang-kurangnya 10 botol per perlakuan (10 ulangan). Tunas-tunas pisang diperbanyak dalam media BA2 (MS + BAP 2 mg/l + IAA 0.1 mg/l) cair yang beri jembatan kertas saring untuk menahan tunas sehingga tidak tenggelam ke dalam media. Untuk perlakuan asam fusarat, media BA2 ditambahkan dengan asam fusarat sesuai perlakuan di atas.

Pengamatan dilakukan pada 1, 2, 3 dan 4 Minggu Setelah Perlakuan (MSP) dengan peubah yang diamati meliputi persentase hitam (bagian tunas yang mengalami klorosis/pecoklatan/penghitaman), persentase kultur yang masih hidup berdasarkan jumlah ulangan, bobot massa tunas pada awal dan akhir perlakuan dan pertambahan bobot massa tunas. Data dianalisis ragam, jika perlakuan berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) dan uji regresi.

## **Percobaan 2. Induksi Resistensi Tunas dengan Asam Salisilat dan Mikroba Endofitik *B. substilis* ERB21 dan Uji Ketahanan Tunas terhadap Asam Fusarat**

Percobaan 2 merupakan percobaan faktor tunggal agen penginduksi yang terdiri dari asam salisilat dan *B. substilis* ERB21. Perlakuan induksi dilakukan dengan memindahkan tunas ke media BA2 + asam salisilat 25 mg/l atau tunas di celupkan ke suspensi bakteri lalu ditanam dalam media BA2. Untuk kontrol digunakan tunas dari media BA2. Setelah di perlakuan dengan asam salisilat 25 mg/l atau *B. substilis* selama 4 hari, tunas dipindahkan ke media yang mengandung asam fusarat 50 mg/l dan diamati selama dua minggu. Terdapat 4 perlakuan yaitu tunas kontrol dalam media BA2 (KK), tunas kontrol dalam media BA2 + asam fusarat 50 mg/l, tunas hasil induksi dengan asam salisilat lalu dipindah ke media BA2+asam fusarat 50 mg/l (SF) dan tunas hasil induksi dengan *B. substilis* ERB21 lalu dipindah ke media BA2 + asam fusarat 50 mg/l (BF). Pengamatan dilakukan selama 2 minggu lalu tunas yang masih terlihat hidup dikembalikan ke media BA2 (tanpa asam fusarat) selama 4 minggu lalu diperlakukan kembali dengan BA2 + asam fusarat 50 mg/l. Percobaan disusun dalam rancangan Acak Lengkap dengan setiap perlakuan sekurang-kurangnya terdiri dari 5 botol (5 ulangan). Perlakuan dengan bakteri dilakukan dengan mengambil sebanyak dua ose koloni bakteri diencerkan menjadi  $10^6$ , lalu massa tunas dicelupkan selama 2-5 menit ke dalam suspensi bakteri tersebut.

Pengamatan dilakukan terhadap perubahan yang terjadi pada eksplan massa tunas pisang tanduk (perubahan warna, pertumbuhan tunas, dsb) dan pertumbuhan bakteri apakah tumbuh berlebihan dan mengganggu pertumbuhan tunas pisang. Data dianalisis ragam, jika perlakuan berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Percobaan 1. Respon Tunas Pisang Tanduk terhadap Perlakuan Asam Fusarat *In Vitro***

Hasil percobaan 1, menunjukkan bahwa konsentrasi asam fusarat yang diberikan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tunas pisang tanduk *in vitro* (Tabel 1). Asam fusarat bersifat toksik terhadap tunas pisang tanduk *in vitro* karena dapat menyebabkan

kematian jaringan. Gejala keracunan mulai terlihat pada hari ketiga setelah perlakuan dan makin jelas pada 1 Minggu Setelah Perlakuan (MSP). Bentuk keracunan terlihat dari permukaan tunas yang berubah warna hitam. Pengaruh negatif asam fusarat makin nyata pada 2 MSP, dimana pada konsentrasi asam fusarat F2 dan F3, hampir semua tunas sudah mati.

Tabel 1. Persentase bagian massa tunas pisang tanduk yang menunjukkan gejala kematian jaringan (warna hitam) pada berbagai konsentrasi asam fusarat

Asam fusarat (mg/l)	1 MSP)	2 MSP	3 MSP	4 MSP
F0 (0.0)	2.3 d	2.07 c	2.00 c	2.00 c
F1 (39.6)	38.6 c	48.7 b	60.50 b	60.50 b
F2 (78.43)	75.3 b	92.5 a	98.20 a	99.20 a
F3 (116.50)	88.9 a	98.2 a	99.80 a	99.95 a

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%

Uji regresi untuk persentase jaringan tunas yang hitam/mati pada 2 MSP menghasilkan persamaan regresi  $Y = 0.86X + 9.82$ . dengan nilai  $r^{sq} = 0.79$ . Berdasarkan hasil uji regresi tersebut nilai LD50 (konsentrasi asam fusarat yang akan menyebabkan kematian jaringan 50%) adalah adalah pada konsentrasi 46.74 mg/l. Dosis sub letal dimana 90% bagian jaringan tunas mati berada pada konsentrasi 93.23 mg/l.

Tabel 2. Rata-rata bobot awal, bobot akhir dan pertambahan bobot tunas pisang tanduk pada berbagai konsentrasi asam fusarat pada 2 MSP

Asam fusarat (mg/l)	Bobot awal tunas (g)	Bobot akhir tunas pada 2 MSP (g)	Pertambahan bobot tunas (g)
F0 (0.0)	0.78 a	1.98 a	1.21 a
F1 (39.6)	0.88 a	1.14 b	0.25 b
F2 (78.43)	0.94 a	1.07 b	0.13 b
F3 (116.50)	0.81 a	0.90 b	0.10 b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan 5%.

Rata-rata bobot massa tunas pisang tanduk pada awal perlakuan dan akhir seperti terlihat pada Tabel 2. Bobot rata-rata massa tunas pada awal tidak berbeda nyata, yang menunjukkan bahwa bobot massa tunas sudah seragam. Perlakuan asam fusarat berpengaruh nyata terhadap bobot akhir dan pertambahan bobot eksplan setelah 2 MSP.

Bobot akhir eksplan tunas dan pertambahan bobot paling besar dihasilkan pada kontrol (F0). Perlakuan asam fusarat menyebabkan pertumbuhan eksplan tertekan yang terlihat dari kecilnya peningkatan bobot eksplan pada 2 MSP.

**Percobaan 2. Induksi Resistensi Tunas dengan Asam Salisilat dan Mikroba Endofitik *B. substilis* ERB21 dan Uji Ketahanan Tunas terhadap Asam Fusarat**

Berdasarkan hasil percobaan 1 dapat disimpulkan bahwa asam fusarat bersifat toksik terhadap tunas pisang tanduk *in vitro*. Dalam percobaan 2, selama tunas diperlakukan dalam media yang diberi asam salisilat ataupun mikroba endofitik, tunas terlihat tumbuh normal yaitu tetap hijau. Pada tunas pisang yang diberi perlakuan bakteri tidak terlihat adanya pertumbuhan bakteri dalam media kultur karena media kultur tunas tetap terlihat bening. Demikian juga setelah dipindah ke media seleksi dengan asam fusarat 50 mg/l, tidak ada pertumbuhan bakteri yang dapat mengkontaminasi media.

→ *tidak disinyalir oleh teks.*  
 Tabel 3. Persentase bagian massa tunas pisang tanduk yang mati pada berbagai perlakuan induksi resistensi dan seleksi dengan asam fusarat.

Perlakuan	1 MSP	2 MSP
KK	25.50% c	26.50% c
KF	73.33% ab	77.78% ab
SF	65.90% b	71.36% b
BF	85.77% a	88.07% a

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Tukey 5%

KK = Tunas dalam media BA2 lalu tetap dipindah ke media BA2 (kontrol)

KF = Tunas dalam media BA2 lalu dipindah ke media seleksi BA2 + asam fusarat 50 mg/l

SF = Tunas dalam media penginduksi resistensi BA2 + Asam Salisilat 25 mg/l lalu dipindah ke media seleksi BA2 + Asam Fusarat 50 mg/l

BF = Tunas diinduksi resistensi dengan *B. substilis* lalu dipindah ke media seleksi BA2 + dengan Asam Fusarat 50 mg/l

Berdasarkan hasil percobaan 2, rata-rata bagian jaringan tunas yang mengalami kematian jaringan sampai 2 MSP tidak sampai 100% (Tabel 3). Persentase bagian massa tunas pisang tanduk yang mengalami penghitaman berbeda nyata antara berbagai perlakuan. Massa tunas kontrol (KK) menunjukkan persentase kematian atau



penghitaman jaringan paling rendah. Sedangkan praperlakuan dengan *Bacillus substilis* ERB21 tidak menunjukkan pengaruh yang positif karena persentase bagian massa tunas pisang tanduk yang mati lebih besar dari pada perlakuan KF dan perlakuan lainnya.

Tunas-tunas yang masih hidup pada media seleksi asam fusarat dipindahkan ke media kontrol tanpa asam fusarat yaitu BA2 selama 4 minggu. Tunas-tunas tersebut ternyata dapat tumbuh dalam media BA2. Hasil seleksi ulang dalam media yang diberi asam fusarat seperti terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata bobot tunas, persentase jaringan yang hitam dan jumlah tunas pada seleksi kedua dengan asam fusarat pada 4 MSP.

Perlakuan*	Bobot Tunas (g)	% hitam	Jumlah tunas
KKKK	2.14 a	26.4 c	4.1 b
KFKF	<b>0.30 c</b>	<b>83.8 a</b>	<b>0.3 d</b>
KFKK	1.25 b	68.8 b	5.0 b
SFKK	1.28 b	70.7 b	2.0 c
SFKF	<b>0.13 c</b>	<b>87.5 a</b>	<b>0.0 d</b>
BFKK	1.80 ab	64.0 b	<b>6.4 a</b>
BFKF	<b>0.31 c</b>	<b>89.0 a</b>	0.0 d

Keterangan : \*Urutan Perlakuan pada Tunas : KKKK = BA2-BA2-BA2-BA2  
 KFKF = BA2 – (BA2 + Asam fusarat 50 mg/l) – BA2 – (BA2 + Asam Fusarat 50 mg/l)  
 KFKK = BA2 – (BA2 + Asam Fusarat 50 mg/l) – BA2 – BA2  
 SFKK = (BA2 + Asam Salisilat 25 mg/l) – (BA2 + Asam Fusarat 50 mg/l) – BA2 – BA2  
 SFKF = (BA2 + Asam Salisilat 25 mg/l) – (BA2 + Asam Fusarat 50 mg/l) – BA2 – (BA2 + Asam Fusarat 50 mg/l)  
 BFKK = (BA2 + *B. Substilis* ERB 21) – (BA2 + Asam Fusarat 50 mg/l) – BA2 – BA2  
 BFKF = (BA2 + *B. Substilis* ERB 21) – (BA2 + Asam Fusarat 50 mg/l) – BA2 – (BA2 + Asam Fusarat 50 mg/l)

Hasil seleksi ke-2 (Tabel 4) menunjukkan bahwa perlakuan induksi resistensi dengan asam salisilat dan *B. Substilis* ERB21 tidak dapat meningkatkan ketahanan tunas pisang tanduk terhadap asam fusarat *in vitro*. Namun, suatu hal yang menarik adalah terjadinya peningkatan jumlah tunas pada perlakuan BFKF dan berbeda nyata dengan jumlah tunas pada perlakuan lainnya. Dari hasil ini diduga bahwa bakteri *B. Substilis* ERB21 dapat mendorong pertumbuhan tunas pisang tanduk namun belum dapat meningkatkan ketahanan tunas pisang terhadap asam fusarat.

## Kesimpulan

Asam fusarat bersifat toksik terhadap tunas pisang tanduk *in vitro* sehingga menyebabkan kematian jaringan tunas dalam jangka waktu 1 sampai 2 minggu setelah perlakuan. Peningkatan konsentrasi asam fusarat meningkatkan persentase bagian eksplan yang mati dan mempercepat kematian eksplan. LD<sub>50</sub> berkisar pada konsentrasi asam fusarat 46.74 mg/l sedangkan dosis sub lethal (dimana sekitar 90% massa tunas mengalami kematian) berkisar pada konsentrasi asam fusarat 92.23 mg/l.

Induksi resistensi dengan asam salisilat (SA) maupun *B. substilis* ERB21 belum terlihat meningkatkan ketahanan tunas pisang tanduk terhadap asam fusarat. Diperlukan penelitian lebih lanjut tentang konsentrasi SA yang dapat menginduksi resistensi, cara aplikasi SA, serta optimasi kolonisasi akar atau jaringan tunas oleh *B. substilis* kultur *in vitro* serta analisa lebih lanjut pada tingkat untuk dapat menjelaskan apakah induksi resistensi dapat terjadi pada tunas pisang *in vitro*.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terimakasih yang tak terhingga kepada LPPM IPB dan Pusat Kajian Buah-Buahan Tropika yang telah memberikan dana dan fasilitas untuk penelitian ini. Terimakasih kepada Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman Departemen Agronomi dan Hortikultura Faperta IPB yang telah menyediakan fasilitas lab dan Dr. Widodo yang telah menyediakan mikroba *Bacillus substilis* ERB21.

## DAFTAR PUSTAKA

- , 2003. Laporan Akhir Rusnas; Pengembangan Buah-Buahan Unggulan Indonesia-Pisang. Pusat Kajian Buah-Buahan Tropika. Lempaga Penelitian IPB.
- Arrai M and Takeuchi M. 1993. Influence of fusarium wilt toxin (s) on carnation cells. *Plant Cell Tissue Org Cult* 34:287-293.
- Badriah, DS. 2001. Uji Resistensi Kultivar Gladiol Introduksi terhadap *Fusarium oxysporum* secara In Vitro dan In Vivo. Tesis. Program Pascasarja. Institut Pertanian Bogor.
- Baraka EA, Gognies S, Nowak J, Audran JC and Belarbi A. 2002. Inhibitory effect of endophyte bacteria on *Botrytis cinerea* and its influence to promote the grapevine growth. *Biol. Control* 24 : 135 – 142.
- Botta LG, Dimarco mP, Melegari AL, Huarte MA and Barassi CA. 1994. Potential of a *Fusarium eumartii* culture filtrate on the screening for wilting resistance of potato. *Euphytia* 80 : 63-69.

- Bellows, TS. 1996. Controlling Soil-Borne Plant Pathogenes *In* Bellows TS and TW Fisher (Eds). Handbook of Biological Control (Principles and Application of Biological Control). Academic Press. San Diego. p 699-707
- Conrath U, Pieterse CMJ and Mauch-Mani B. 2002. Priming in plant-pathogen interaction. *Trends in Plant Sci.* 7 (5) : 210—216.
- Delaney TP, Uknes S, Vernooji B, Friederich L, Weymann K, Negrotto D, Gaffney T, Gut-Rella M, Kessman H, Ward E and Ryals J. 1994. A central role of salicylic acid in plant disease resistance. *Science* 266:1247-1250.
- Fahri Y and Zeybek A. 2004. Integrated biological control and chemical control of powdery mildew of barley caused by *Blumeria graminis* F.sp. *Hordei* using rhizobacteria and triadimenol. *Pakistan J. Biol. Sci.* 7 (10) : 1671 -1675.
- Gaffney T, Friedrich L, Vernooij B, Negrotto D, Nye G *et al.* 1993. Requirement of salicylic acid for the induction of systemic acquired resistance. *Science* 261 : 754-56
- Geoffrey, WZ, JF Murphy, EJ Sikora, JW Kloepper. 2001. Application of rhizobacteria for induced resistance. *European Journal of Phytopathology.*
- Kessman H, Staub T, Ligon J, Oostendorp M and Ryals J. 1994. Activation of systemic acquired resistance in plants. *Eur. J. Plant Pathol.* 100 : 359-69.
- Lazarovits G and Nowak J. 1997. Rhizobacteria for improvement of plant growth and establishment. *HortScience* 32 : 188 – 192.
- Maimunah 1999. Evaluasi Resistensi Lima Kultivar Pisang (*Musa* spp.) terhadap Tiga Macm Isolat dan Diferensiasi Isolat *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cubense* sebagai Penyebab Penyakit Layu. Thesis. Program Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Matsumoto K, Borbosa ML, Souza LAC, Teixeira JB. 1995. Race I *Fusarium* wilt tolerance on banana plants selected by fusaric acid. *Euphytica* 84:67-71.
- Megnégueau B and Branchard M. 1988. Toxicity of fusaric acid observed on callus cultures of various *Cucumis melo* genotypes. *Plant Physiol Biochem.* 26:585-588.
- Nowak J, Asiedu SK, Bensalim S, Richards J, Stewart A, Smith C, Stevens D and Sturz AV. 1998. From laboratory to application : challenges and progress with in vitro dual cultures of potato and beneficial bacteria. *Plant Cell Tissue Organ Culture* 52 : 97 -103.
- Pesti M, Viola M and Meszaros A. 1987. In vitro selection of fusarium wilt resistance cabbage lines. *Cruciferae Newsletter* 12:10-101.
- Ryals JA, Neuwenschwander UH, Willits MG, Molina A, Steiner HY, et al. 1996. Systemic acquired resistance. *Plant Cell* 8 : 1809 – 19.
- Robinson, JC. 1999. Bananas and plantains. CABI Publishing UK.
- Van Loo LC, Antoniow JF. 1982. Comparison of the effects of salicylic acid and ethephon with virus induce hypersensitive and acquired resistance in tobacco. *Neth. J. Plant. Pathol* 88 :237 -56)
- Wheeler, H. 1975. *Plant Pathogenesis.* Springer Verlag. Berlin-Heidelberg New York. 106p
- Yusnita. 2005. Induksi Variasi Somaklonal dan Teknik Seleksi In Vitro untuk Mendapatkan Galur Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Resisten Penyakit Busuk Batang iSclerotium. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana IPB.