

**KAJIAN AWAL PENGAWALAN PENYAKIT LAYU YANG DISEBABKAN
OLEH *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* PADA PISANG DENGAN
MENGUNAKAN BAHAN SEMULAJADI**

oleh

LEONG WAI CHING

**Tesis yang diserahkan untuk
memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains**

September 2008

PENGHARGAAN

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk merakamkan ucapan ribuan terima kasih kepada penyelia projek saya, Profesor Baharuddin Salleh dan bekas penyelia, Profesor Madya Dr. Liew Kon Wui atas segala bimbingan, ajaran dan nasihat yang telah diberikan sepanjang projek dijalankan.

Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada semua kakitangan Pusat Pengajian Sains Kajihayat terutamanya kakitangan di Makmal Patologi Tumbuhan, Makmal Sains Tanah, Unit Mikroskop Elektron dan bahagian rumah tumbuhan, atas segala tunjuk ajar dan bantuan teknikal yang diberikan.

Kepada rakan-rakan seperjuangan saya di Makmal Penyelidikan 117, terima kasih atas persahabatan, nasihat dan bantuan yang dihulurkan sepanjang kerja makmal dijalankan.

Akhir sekali, saya juga ingin berterima kasih atas galakan, pengorbanan dan bantuan yang diberikan oleh keluarga dan rakan-rakan sepanjang tempoh pengajian.

KANDUNGAN

	MUKA SURAT
PENGHARGAAN	ii
KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI PLAT	xii
SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xvi
BAB 1.0 PENGENALAN	1
1.1 Latar Belakang dan Penanaman Pisang	1
1.2 Penyakit Layu Fusarium pada Pisang	2
1.3 Tujuan Kajian	3
BAB 2.0 TINJAUAN BAHAN BACAAN	5
2.1 Penanaman Pisang	5
2.1.1 Botani Pisang	5
2.1.2 Tanaman Pisang di Malaysia	6
2.2 Penyakit Layu Fusarium	8
2.2.1 Sejarah	8
2.2.2 Simptom Penyakit Layu Fusarium	10
2.2.3 Kevariabelan Patogen (Forma spesialis= f. sp.)	11
2.2.4 Foc Ras 4 di Tropika	12
2.2.5 Morfologi	13
2.2.6 Patogenesis	15
2.2.7 Kitar Penyakit	16
2.2.8 Pengurusan Penyakit	17
2.2.8.1 Penggunaan Klon Rintang dan Pembiakbakaan	17
2.2.8.2 Karantina dan Penyisihan	18

2.2.8.3	Sistem Pergiliran Tanaman	19
2.2.8.4	Kawalan Biologi	19
2.2.8.5	Penggenangan Tanah	21
2.3	Penggunaan Silikon (Si) dalam Pertanian	22
2.3.1	Silikon dalam Tanah	22
2.3.2	Silikon <i>in planta</i>	23
2.3.2.1	Pengenalan	23
2.3.2.2	Pemendapan Silikon dalam Tumbuhan	25
2.3.2.3	Sumber Silikon untuk Pertanian	26
2.3.3	Silikon sebagai Unsur Penting untuk Tanaman	27
2.3.3.1	Pengenalan	27
2.3.3.2	Keberkesanan Silikon dalam Pertumbuhan dan Penghasilan Tanaman	27
2.3.4	Penggunaan Silikon dalam Pengawalan Penyakit disebabkan Kulat	29
2.3.4.1	Pengenalan	29
2.3.4.2	Silikon dan Penyakit disebabkan Kulat pada Padi	30
2.3.4.3	Silikon dan Penyakit disebabkan Kulat pada Timun	31
2.3.4.4	Silikon dan Penyakit disebabkan Kulat pada Tanaman lain	32
2.3.4.5	Mod Tindakan Silikon dalam Kerintangan Penyakit	34
2.4	Penggunaan Racun Kulat dalam Pengawalan Penyakit Tumbuhan	38
2.4.1	Pengenalan	38
2.4.2	Racun Kulat Sistemik- Benomil	39
2.4.2.1	Pengenalan	39
2.4.2.2	Penyerapan dan Translokasi	41
2.4.2.3	Mod Tindakan	42
2.4.2.4	Penggunaan Benomil dalam Pengawalan Penyakit Tumbuhan	44

2.4.3	Racun Kulat Ekstrak Tumbuhan	47
2.4.3.1	Pengenalan	47
2.4.3.2	Jenis Ekstrak Tumbuhan dan Kesan terhadap Patogen Tumbuhan	48
2.4.3.3	Aktiviti Anti-kulat Ekstrak Sitrus	52
BAB 3.0	BAHAN DAN KAEDAH	56
3.1	Penyediaan Bahan Ujikaji	56
3.1.1	Penyediaan Planlet <i>ex-lab</i>	56
3.1.2	Bahan Penanaman	57
3.1.3	Teknik 2-cawan	57
3.1.4	Pencahayaan dan Fotokala	57
3.2	Pengecaman <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> (Foc)	59
3.2.1	Penyediaan Kultur dari Spora Tunggal	59
3.2.2	Pengkulturan Kulat pada Agar-agar Daun Teluki (CLA)	59
3.2.3	Penyimpanan Kultur Foc	60
3.3	Ujian Kepatogenan <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> (Foc) ke atas Planlet Pisang	60
3.3.1	Penyediaan Inokulum	60
3.3.2	Penginokulatan Planlet <i>ex-lab</i>	61
3.3.3	Pemencilan Semula Foc	61
3.4	Ujian Keberkesanan Mineral Tambahan Silikon MR-250	62
3.4.1	Ujian Pertama	62
3.4.1.1	Perawatan Planlet Pisang dengan MR-250 dan MR-70	62
3.4.1.2	Penyediaan Inokulum	63
3.4.1.3	Penginokulatan Planlet <i>ex-lab</i>	63
3.4.1.4	Penilaian Penyakit	64
3.4.1.5	Pemencilan Semula Foc	65
3.4.2	Ujian Kedua	66
3.4.2.1	Perawatan Planlet Pisang dengan MR-250 dan MR-70	66
3.4.2.2	Penyediaan Inokulum <i>ex-lab</i>	67

3.4.2.3	Penginokulatan Planlet	67
3.4.2.4	Penilaian Penyakit	67
3.4.2.5	Pemencilan Semula Foc	67
3.4.3	Ujian Ketiga	68
3.4.3.1	Perawatan Planlet Pisang dengan MR-250 dan MR-70	68
3.4.3.2	Penyediaan Inokulum	69
3.4.3.3	Penginokulatan Planlet <i>ex-lab</i>	69
3.4.3.4	Penilaian Penyakit	69
3.4.3.5	Pemencilan Semula Foc	69
3.4.4	Analisis Kandungan Silikon dalam Pokok Pisang	69
3.4.4.1	Penyediaan Sampel Daun dan Akar	69
3.4.4.2	Analisis Kolorimetrik untuk Kandungan Silikon	71
3.4.5	Ujian Statistik	72
3.5	Ujian Racun Kulat	72
3.5.1	Ujian Keberkesanan Racun Kulat AFX secara <i>in vitro</i>	72
3.5.2	Ujian Keberkesanan Racun Kulat Benomil secara <i>in vitro</i>	73
3.5.3	Ujian Keberkesanan Racun Kulat AFX dan Benomil	73
3.5.3.1	Ujian Fitotoksisiti AFX dan Benomil terhadap Planlet Pisang	73
3.5.3.2	Ujian Bioasai untuk AFX dan Benomil	74
3.5.3.3	Ujian Preventif AFX dan Benomil	74
3.5.3.3.1	Rawatan Racun Kulat	74
3.5.3.3.2	Penyediaan Inokulum	75
3.5.3.3.3	Penginokulatan Planlet <i>ex-lab</i>	76
3.5.3.3.4	Penilaian Penyakit	76
3.5.3.3.5	Ujian Statistik	77
3.5.3.4	Ujian Kuratif AFX dan Benomil	77
3.5.3.4.1	Penyediaan Inokulum	77
3.5.3.4.2	Penginokulatan Planlet <i>ex-lab</i>	77
3.5.3.4.3	Rawatan Racun Kulat	78

3.5.3.4.4	Penilaian Penyakit	79
3.5.3.4.5	Ujian Statistik	79
BAB 4.0	KEPUTUSAN	80
4.1	Morfologi <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> (Foc)	80
4.2	Ujian Kepatogenan	81
4.3	Ujian Keberkesanan Mineral Tambahan Silikon MR-250	81
4.3.1	Ujian Pertama	81
4.3.2	Ujian Kedua	82
4.3.3	Ujian Ketiga	83
4.3.4	Analisis Kandungan Silikon dalam Pokok Pisang	85
4.4	Ujian Racun Kulat	86
4.4.1	Ujian Keberkesanan Racun Kulat AFX secara <i>in vitro</i>	86
4.4.2	Ujian Keberkesanan Racun Kulat Benomil secara <i>in vitro</i>	87
4.4.3	Ujian Keberkesanan Racun Kulat AFX dan Benomil	89
4.4.3.1	Ujian Fitotoksisiti AFX dan Benomil terhadap Planlet Pisang	89
4.4.3.2	Ujian Bioasai untuk AFX dan Benomil	89
4.4.3.3	Ujian Preventif AFX dan Benomil	89
4.4.3.4	Ujian Kuratif AFX dan Benomil	93
BAB 5.0	PERBINCANGAN	96
5.1	Penanaman Planlet Pisang	96
5.2	Pengecaman <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i> (Foc)	97
5.3	Ujian Keberkesanan Mineral Tambahan Silikon MR-250	98
5.3.1	Analisis Kandungan Silikon dalam Pokok Pisang	106
5.4	Ujian Racun Kulat	107
5.4.1	Ujian <i>in vitro</i>	107
5.4.2	Ujian Preventif dan Kuratif	109
5.5	Perbincangan Am	115
5.6	Cadangan untuk Kajian Masa Depan	119

BAB 6.0 KESIMPULAN	121
RUJUKAN	123
LAMPIRAN	

SENARAI JADUAL

		MUKA SURAT
Jadual 2.1	Kultivar penting dalam penanaman pisang di Malaysia	8
Jadual 2.2	Kerentanan kultivar pisang terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>	13
Jadual 2.3	Komposisi Unsur Kerak Bumi	22
Jadual 3.1	Lima rawatan bagi ujian pertama MR-250	63
Jadual 3.2	Sistem penilaian keparahan penyakit bagi simptom daun dan perubahan warna rizom pada pokok pisang yang disebabkan oleh <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>	64
Jadual 3.3	Lima rawatan bagi ujian kedua MR-250	67
Jadual 3.4	Lima rawatan bagi ujian ketiga MR-250	68
Jadual 3.5	Lima rawatan untuk analisis kolorimetrik	70
Jadual 3.6	Empat rawatan ujian preventif bagi AFX	75
Jadual 3.7	Empat rawatan ujian preventif bagi benomil	75
Jadual 3.8	Tiga rawatan ujian kuratif bagi AFX	78
Jadual 3.9	Tiga rawatan ujian kuratif bagi benomil	79

SENARAI RAJAH

	MUKA SURAT	
Rajah 1.1	Penghasilan pisang dunia pada tahun 2004	1
Rajah 2.1	Struktur kimia benomil	41
Rajah 2.2	Penguraian benomil kepada karbendazim	41
Rajah 3.1	Pandangan keratan rentas Teknik 2-Cawan	58
Rajah 4.1	Min indeks simptom daun dan indeks perubahan warna rizom pada hari ke-35 selepas penginokulatan dengan Foc bagi ujian pertama	82
Rajah 4.2	Min indeks simptom daun dan indeks perubahan warna rizom pada hari ke-35 selepas penginokulatan dengan Foc bagi ujian kedua	83
Rajah 4.3	Min indeks simptom daun dan indeks perubahan warna rizom pada hari ke-35 selepas penginokulatan dengan Foc bagi ujian ketiga	84
Rajah 4.4	Kandungan silikon dalam daun dan akar pisang yang dirawat dengan silikon MR-250	85
Rajah 4.5	Kesan racun kulat AFX pada kepekatan yang berbeza terhadap pertumbuhan Foc dalam medium campuran PDA-AFX pada hari ke-12	86
Rajah 4.6	Kesan racun kulat Benomil pada kepekatan yang berbeza terhadap pertumbuhan Foc dalam medium campuran PDA-benomil pada hari ke-12	88
Rajah 4.7	Min jumlah hari sebelum pengekspresan simptom daun planlet pisang selepas penginokulatan bagi racun kulat AFX	91
Rajah 4.8	Min indeks simptom daun dan simptom perubahan warna rizom pada hari ke-49 selepas penginokulatan bagi racun kulat AFX	91
Rajah 4.9	Min jumlah hari sebelum pengekspresan simptom daun planlet pisang selepas penginokulatan bagi racun kulat benomil	92
Rajah 4.10	Min indeks simptom daun dan simptom perubahan warna rizom hari ke-49 selepas penginokulatan bagi racun kulat benomil	92

Rajah 4.11	Min indeks simptom daun dan simptom perubahan warna rizom hari ke-84 selepas peninokulatan bagi rawatan racun kulat AFX	94
Rajah 4.12	Perkembangan simptom daun bagi planlet yang dirawat dengan racun kulat AFX	94
Rajah 4.13	Min indeks simptom daun dan simptom perubahan warna rizom hari ke-84 selepas peninokulatan bagi rawatan racun kulat benomil	95
Rajah 4.14	Perkembangan simptom daun bagi planlet yang dirawat dengan racun kulat benomil	95

SENARAI PLAT

	MUKA SURAT
Plat 3.1 Planlet pisang Berangan kultivar Intan dalam kebuk pertumbuhan	56
Plat 3.2 Planlet pisang Berangan kultivar Intan di atas rak dalam makmal	58
Plat 3.3 Indeks simptom daun (Brake <i>et al.</i> , 1995) pada pokok pisang Berangan cv. Intan yang dijangkiti Foc. Indeks 1- pokok sihat, Indeks 5- pokok mati	65
Plat 3.4 Indeks perubahan warna rizom (Brake <i>et al.</i> , 1995) pada pokok pisang Berangan cv. Intan yang dijangkiti Foc. Indeks 1- tiada perubahan warna, Indeks 7- perubahan warna pada seluruh rizom (pokok mati)	65
Plat 4.1 Koloni Foc pada plat PDA, makrokonidia, mikrokonidia, klamidospora dan kepala palsu pada monofialid	80
Plat 4.2 Perencatan Foc pada medium PDA-AFX dalam kepekatan yang berbeza pada hari ke-12	87
Plat 4.3 Perencatan Foc pada medium PDA-benomil dalam kepekatan yang berbeza pada hari ke-12	88

SINGKATAN

Foc	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cubense</i>
Fo	<i>Fusarium oxysporum</i>
PDA	Agar-agar ubi kentang dektrosa
CLA	Agar-agar daun teluki
WA	Agar-agar air
VCG	Kumpulan keserasian vegetatif
Si	Silikon
HAS	Hidroksialuminosilika
SEM	Mikroskop Penskanan Elektron
EDX	X-ray penyebaran tenaga
MBC	Karbendazim (metil benzimidazola-karbamat)
DNA	Asid dioksiribonukleik
RNA	Asid ribonukleik
ANOVA	Analisis varian

KAJIAN AWAL PENGAWALAN PENYAKIT LAYU YANG DISEBABKAN OLEH *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* PADA PISANG DENGAN MENGUNAKAN BAHAN SEMULAJADI

ABSTRAK

Penyakit layu Fusarium pada pisang yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) merupakan salah satu penyakit yang menyebabkan kerugian yang sangat tinggi pada pisang di seluruh dunia. Berbagai kaedah pengawalan telah dikaji dan dicuba tetapi sehingga ke saat ini belum ada kaedah yang berkesan, penyakit ini masih merupakan masalah utama penanaman pisang. Kajian ini dilakukan untuk menguji keberkesanan produk semulajadi iaitu silikon (Si) dan racun kulat ekstrak sitrus (AFX) dalam pengawalan penyakit tersebut. Kultur Foc yang digunakan dalam kajian ini telah dikenalpasti kevirulennanya terhadap planlet pisang yang sihat dan dicamkan identitinya secara morfologi.

Tiga ujian keberkesanan perawatan silikon tambahan (MR-250) untuk tempoh yang berlainan telah dilakukan untuk membuktikan hipotesis sama ada silikon boleh digunakan untuk mengawal penyakit layu Fusarium pada pisang. Planlet pisang diinokulat dengan Foc yang virulen dan indeks simptom daun dan indeks perubahan warna rizom direkodkan. MR-250 didapati gagal menunjukkan kesan pengawalan terhadap penyakit layu Fusarium. Analisis kandungan silikon yang mendap di dalam pokok pisang menunjukkan bahawa kandungan silikon adalah lebih tinggi di dalam daun berbanding dengan akar sehingga diduga sebagai penyebab kepada ketidakberkesanan tersebut.

Selanjutnya, ujian keberkesanan racun kulat AFX dilakukan secara *in vitro* dan *in vivo* dengan menggunakan benomil sebagai pembanding. Dalam ujian *in vitro* pada agar-agar ubi kentang (PDA), benomil dan AFX menunjukkan kesan

perencatan terhadap *Foc*. Perencatan pertumbuhan miselium sepenuhnya diperhatikan pada medium PDA-benomil berkepekatan 1000 µg/ml, 100 µg/ml, dan 10 µg/ml. Pada medium PDA-AFX berpekatan 50 µl/ml, perencatan pertumbuhan miselium sepenuhnya dapat diperhatikan. Dalam ujian preventif, AFX (0.1%) dan benomil (0.5 g/L) tidak dapat menunjukkan kesan preventif dalam pengawalan penyakit layu *Fusarium*. Walau bagaimanapun, AFX dan benomil telah menunjukkan kesan kuratif pada planlet yang masing-masing diberi rawatan racun kulat selepas tiga dan lima minggu penginokulatan. Tiada perbezaan yang signifikan ($p < 0.05$) antara kesan AFX dan benomil dalam ujian preventif dan kuratif dan data ini menunjukkan bahawa AFX mempunyai kesan perencatan yang sama dengan benomil. Oleh kerana AFX telah menunjukkan kesan perencatan kulat patogen secara *in vitro* dan *in vivo*, maka AFX berpotensi digunakan sebagai agen kawalan penyakit layu *Fusarium* pada pisang. Kajian selanjutnya di lapangan harus dijalankan supaya keputusan yang lebih konsisten dan menyakinkan diperolehi.

**PRELIMINARY STUDIES ON CONTROL OF WILT DISEASE CAUSED BY
Fusarium oxysporum f. sp. *cubense* ON BANANA BY USING NATURAL
PRODUCTS**

ABSTRACT

Fusarium wilt disease on banana caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) is one of the most devastating banana disease at the global level. Many methods have been tried and tested to control the disease but until today, no effective methods have been found, this disease still pose a threat to banana cultivation. This research was aimed to study the efficacy of natural products which are silicon (Si) and a fungicide from citrus extract (AFX) for controlling the disease. Cultures of Foc used in the study were confirmed of their virulence on healthy banana plantlets and identity through morphology.

Three tests on the efficacy of supplementary silicon (MR-250) treatment for different periods were conducted to proof the hypothesis that silicon could be used to control Fusarium wilt on banana. Banana plantlets were inoculated with virulent Foc and the leaf symptom index and rhizome discoloration index were recorded. MR-250 failed to show its effectivity against Fusarium wilt. Analysis of silicon content deposited in banana plantlets showed that silicon content in the leaves was higher than that in the roots which was expected as the cause of the ineffectiveness.

Following this, the tests on the efficacy of AFX were conducted *in vitro* and *in vivo* by using benomyl as a comparison. In an *in vitro* test on the potato dextrose agar (PDA), benomyl and AFX showed the inhibition effects against Foc. Inhibition of mycelial growth was observed in medium containing PDA-benomyl with fungicide concentrations of 1000 µg/ml, 100 µg/ml, and 10 µg/ml. In PDA-AFX medium at the concentration of 50 µl/ml, mycelial growth was totally inhibited. In

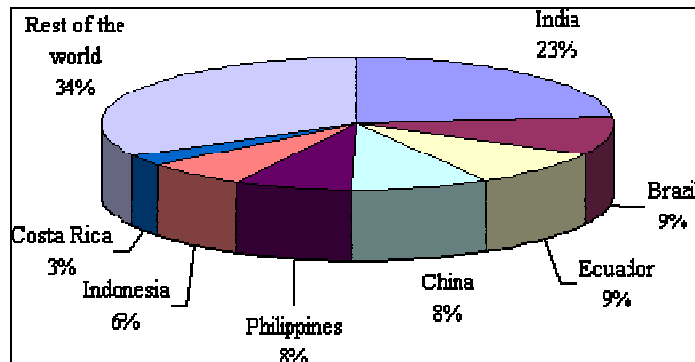
preventive test, AFX (0.1%) and benomyl (0.5 g/L) did not show preventive effects against Fusarium wilt. However, AFX and benomyl have shown curative effects on plantlets treated after three weeks and five weeks of inoculation, respectively. No significant differences ($p < 0.05$) between effects of AFX and benomyl were observed in preventive and curative tests and this showed that the inhibition effects of AFX were similar to those of benomyl. Since AFX has shown its inhibitory effects against *Foc* *in vitro* and *in vivo*, it has the potential to be used as a control agent against Fusarium wilt of banana. Further study in the field should be conducted so that consistent and convincing results could be obtained.

BAB 1.0 PENGENALAN

1.1 Latar belakang dan Penanaman Pisang

Asia Tenggara dipercayai adalah pusat asal-usul bagi pisang dan juga merupakan tempat domestikasi pisang yang terawal (Simmonds, 1966). Pengeluar dan pengeksport utama pisang di dunia ialah negara-negara Amerika Latin, Pulau-pulau Carribean dan beberapa negara di Asia. Negara Asia yang mengeluarkan pisang termasuk Filipina, India, Thailand, Indonesia dan Malaysia (Siti, 1990).

Menurut anggaran statistik FAO (Food and Agriculture Organization), jumlah eksport pisang pada tahun 2004 adalah 15.9 juta tan. Kira-kira 98% daripada penghasilan dunia datang dari negara-negara sedang membangun manakala negara-negara maju adalah destinasi pengeksportan pisang. Pada tahun 2004, terdapat 130 negara yang menghasilkan pisang. Walau bagaimanapun, penghasilan sama ada untuk pengeksportan atau pengimportan tertumpu pada beberapa negara sahaja. Sepuluh negara utama pengeluar pisang telah menyumbang sebanyak 75% daripada jumlah penghasilan pisang dunia pada tahun 2004. Penghasilan dari India, Ecuador, Brazil, dan China adalah sebanyak 50% daripada jumlah penghasilan pisang dunia (Rajah 1.1).



Rajah 1.1: Penghasilan pisang dunia pada tahun 2004 (UNCTAD, 2004)

Dalam pengeksporan pisang, negara sedang membangun membekalkan jumlah yang terbanyak adalah Amerika Latin dan Carribean iaitu kira-kira 70% daripada jumlah eksport. Empat negara pengeksport utama termasuk Ecuador, Costa Rica, Filipina dan Colombia telah membekalkan 63% daripada jumlah eksport. Kebanyakan pisang diimport oleh negara Eropah, Amerika Syarikat dan Jepun. Pengimportan pisang ke negara tersebut adalah sebanyak 67% daripada jumlah pengimportan pada tahun 2004 (UNCTAD, 2004).

1.2 Penyakit Layu Fusarium Pada Pisang

Penyakit layu Fusarium pada pisang merupakan salah satu penyakit yang telah dan sedang memusnahkan tanaman ini di seluruh dunia. Penyakit ini hampir melumpuhkan perdagangan eksport pisang di Amerika Tengah dan Caribbean pada 1940-an dan 1950-an yang bergantung pada klon Gros Michel. Industri tersebut telah diselamatkan dengan menggantikan Gros Michel dengan pisang Cavendish yang rintang terhadap penyakit ini. Walau bagaimanapun, dalam beberapa tahun sahaja, klon ini juga mengalami kemusnahan yang teruk. Pada 1960-an, terdapat serangan penyakit ini di kawasan sub-tropika dan tropika yang melibatkan pisang Cavendish (Pegg & Langdon, 1986). Penanaman pisang Cavendish di Malaysia bermula sejak tahun 1990-an, terutamanya untuk pasaran eksport kerana anggapan lama bahawa kultivar Cavendish tidak diserang penyakit layu Fusarium di negara tropika. Hampir separuh daripada kawasan penanaman telah ditanam dengan pisang Berangan dan Cavendish untuk pasaran tempatan dan eksport. Manakala kawasan yang lain telah ditanam dengan kultivar tempatan seperti pisang Mas, pisang Rastali, pisang Raja, pisang Awak, pisang Abu Nipah, pisang Nangka, dan pisang Tanduk untuk pasaran tempatan (Jamaluddin *et al.*, 1999). Pada tahun 1992, penyakit layu

Fusarium telah dikesan di ladang pisang Nam Heng, Johor dan *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc) ras 4 telah dikenalpasti (Lee *et al.*, 1999). Patogen yang pertama kali dikenalpasti di Queensland ini tergolong dalam kumpulan keserasian vegetatif (VCG) 01213 dan 01216. VCG 01213 juga didapati menyerang pisang Mas di Perak dan pisang Berangan di Selangor.

1.3 Tujuan Kajian

Pengawalan penyakit layu *Fusarium* telah dilakukan dengan berbagai cara seperti kebersihan kawasan tanaman, penggenangan tanah, pergiliran tanaman, dan kawalan secara biologi tetapi kesemua cara-cara tersebut masih didapati kurang berkesan. Penyakit ini hanya berjaya dikawal dengan menanam varieti yang rintang (Ho *et al.*, 1999). Oleh yang demikian, penghasilan varieti yang rintang merupakan cara pengawalan yang harus diberi tumpuan jika dibandingkan dengan cara-cara lain yang telah terbukti kurang berkesan. Kajian ini dijalankan dengan harapan bahawa aplikasi produk semulajadi iaitu silikon (Si) dan racun kulat daripada ekstrak sitrus (AFX) dapat mengawal penyakit layu *Fusarium* pada pisang atau meningkatkan ketoleranan planlet pisang terhadap serangan Foc. Jika berjaya, sebatian-sebatian semulajadi ini mempunyai risiko yang sangat rendah untuk mencemari alam sekitar.

Si telah dibuktikan keberkesanannya dalam pengawalan penyakit jangkitan kulat pada pelbagai tanaman. Sebagai contoh, penyakit kulapuk berserbuk dan layu *Fusarium* pada timun; penyakit karah, bintik perang, hawar daun dan lecur daun pada padi; bintik daun pada tebu; penyakit kulapuk berserbuk pada gandum dan anggur dan sebagainya. Walaupun mekanisme tindakan Si dalam pengawalan penyakit pada tanaman masih tidak dapat dipastikan, tetapi Si telah dianggap sebagai unsur mineral keperluan dalam penanaman padi, timun dan sebagainya di

negara Jepun, Kanada dan Amerika Syarikat. Objektif pertama kajian ini adalah untuk mengkaji keberkesanan Si ke atas ketoleranan pisang terhadap serangan Foc dalam tempoh rawatan Si yang berbeza-beza. Objektif kedua ialah untuk mengetahui tapak pengumpulan Si di dalam pokok pisang.

Racun kulat AFX merupakan racun kulat yang dihasilkan dari ekstrak tumbuhan sitrus. Oleh kerana AFX merupakan racun kulat yang baru dan dalam peringkat kajian, maka kandungan bahan aktifnya masih tidak dapat dikemukakan demi kepentingan pengeluar. Beberapa ekstrak sitrus telah terbukti berkesan sebagai bahan anti-kulat secara *in vitro*, sebagai contoh pertumbuhan kulat seperti *Phytophthora citrophthora*, *Verticillium dahliae*, *Penicillium* spp., *Colletotrichum gloeosporioides* telah direncat oleh ekstrak buah sitrus. Objektif ketiga adalah mengkaji keberkesanan secara preventif dan kuratif AFX ke atas ketoleranan pisang terhadap serangan Foc dan membandingkan keberkesanan racun kulat ekstrak tumbuhan ini dengan racun kulat sintetik benomil.

BAB 2.0 TINJAUAN BAHAN BACAAN

2.1 Penanaman Pisang

2.1.1 Botani Pisang

Pisang merupakan tumbuhan herba monokotiledon bersaiz besar yang tergolong dalam famili Musaceae daripada order Zingiberales (Ploetz, 1994b). Famili Musaceae telah dibahagikan kepada dua genus iaitu *Ensete* dan *Musa*. Dalam genus *Musa* terdapat lima seksyen iaitu Eumusa, Australimusa, Callimusa, Rhodochlamys dan Ingentimusa. Kebanyakan pisang yang boleh dimakan segar berasal daripada *Musa acuminata* dan *M. balbisiana* dalam seksyen Eumusa, iaitu merupakan kumpulan yang terbesar dan tersebar luas secara geografi (Stover dan Simmonds, 1987). Kebanyakan pisang yang dimakan segar dari spesies-spesies tersebut adalah triploid walaupun terdapat juga kultivar diploid dan tetraploid. Sumbangan haploid daripada *M. acuminata* dan *M. balbisiana* kepada kultivar pisang yang tertentu adalah dikhasakan masing-masing dengan huruf A dan B. Contohnya kultivar dari subkumpulan Cavendish adalah triploid *M. acuminata* iaitu AAA, manakala bagi kultivar Bluggoe pula adalah triploid hibrid dari *M. acuminata* dan *M. balbisiana* iaitu ABB (Ploetz, 1994b).

Pohon pisang terdiri daripada batang yang tumbuh ke dalam tanah dengan akar rerambut yang banyak, beberapa tunas lateral, dan pseudostem yang disokong oleh seludang-seludang daun yang tersusun rapat. Bahagian batang di bawah tanah dikenali sebagai umbisi atau rizom. Rizom mempunyai mata tunas sisi yang akan keluar menjadi anak pokok pisang yang dikenali sebagai sulur. Sulur boleh dibahagikan kepada sulur pedang dan sulur air. Sulur pedang sesuai digunakan

sebagai bahan tanaman untuk menggantikan pokok induk manakala sulur air tidak sesuai digunakan sebagai bahan tanaman kerana kurang cergas dari segi pertumbuhan. Daun pisang adalah berpusat, bertindihan dan membentuk rongga silinder di mana daun yang lebih tua tumbuh di bahagian luar manakala daun muda tumbuh di bahagian tengah pseudostem. Daun baru yang keluar kelihatan sebagai satu gulungan berbentuk silinder di mana gulungan ini akan membuka dari bahagian hujung daun hingga ke pangkal daun. Daun terakhir yang keluar adalah kecil dan dikenali sebagai daun bulir selepas 7-9 bulan menanam sulur. Apabila daun bulir telah keluar, ini menandakan pokok pisang tersebut akan menghasilkan jambak bunga atau infloresens. Jambak bunga tersusun dalam beberapa kelompok. Bunga betina adalah di bahagian pangkal jambak manakala bunga jantan berada di bahagian hujung jambak. Ovari bunga betina yang terletak di pangkal jambak akan berkembang menjadi buah pisang manakala bunga jantan akan gugur. Kebanyakan buah pisang terbentuk tanpa pendebungaan dan persenyawaan iaitu sifat partenokarpi terutamanya pada pisang yang dimakan segar. Walau bagaimanapun, terdapat juga jenis pisang liar yang berbiji, dan buah pisang hanya terbentuk melalui pendebungaan dan persenyawaan. Tanpa pendebungaan, ovari tidak akan berkembang menjadi buah. Setiap jenis pisang mempunyai ciri-ciri tersendiri dan berbeza antara satu dengan lain dari segi bentuk buah, bentuk jantung, warna dan ketebalan daun, warna batang, warna pelepah, ciri sulur dan lain-lain (Wardlaw, 1972; Stover dan Simmonds, 1987; Zabedah, 2001).

2.1.2 Tanaman Pisang di Malaysia

Di Malaysia, pisang adalah antara tanaman buah-buahan yang penting dan menduduki tempat kedua dari segi keluasan kawasan penghasilan serta kelima dari

segi nilai eksport (Abd Shukor *et al.*, 1999). Pada tahun 1982, penanaman pisang di Semenanjung Malaysia adalah sebanyak 15,384 hektar. Penghasilan pisang adalah sebanyak 50,960 tan iaitu didahului oleh durian dengan penghasilan sebanyak 118,438 tan (Abdullah *et al.*, 1990). Penanaman pisang di Malaysia telah menunjukkan penyusutan daripada 30,511 hektar pada tahun 1990 kepada 27,542 hektar pada tahun 1997 (Abd Shukor *et al.*, 1999).

Kebanyakan tananam pisang diusahakan secara kecil-kecilan. Hampir 70% luas kebun adalah kurang daripada dua hektar dan hanya 2% luas kebun lebih daripada 50 hektar. Hampir separuh daripada kawasan penanaman telah ditanam dengan pisang Berangan dan Cavendish untuk pasaran tempatan dan eksport, manakala yang separuh lagi ditanam dengan kultivar tempatan seperti pisang Mas, pisang Rastali, pisang Raja, pisang Awak, pisang Abu, pisang Nangka, dan pisang Tanduk untuk pasaran tempatan (Jamaluddin *et al.*, 1999). Nilai eksport telah meningkat dari RM12.1 million pada 1990 kepada RM22.4 million pada tahun 1997 (Abd Shukor *et al.*, 1999).

Malaysia mempunyai berbagai-bagai varieti pisang. Varieti pisang boleh dibahagikan kepada pisang untuk dimakan mentah dan pisang untuk dimasak. Pisang untuk dimasak biasanya mengandungi kanji yang tinggi. Varieti pisang untuk makanan segar termasuk pisang Berangan, pisang Emas, pisang Embun dan pisang Rastali. Varieti untuk masakan termasuk pisang Raja, pisang Nangka, pisang Helang, pisang Abu dan pisang Awak (Mohamad, 1991). Kultivar yang penting dan digemari di Malaysia adalah seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.1.

Penanaman pisang sentiasa menghadapi masalah penyakit dan serangan haiwan perosak serta nematod. Penyakit layu *Fusarium* merupakan penyakit yang paling penting kerana menyebabkan kerugian yang sangat tinggi kepada industri

pisang di Malaysia. Dua ladang pisang Cavendish yang terbesar di Johor telah dilaporkan mengalami kerugian yang besar disebabkan oleh penyakit layu Fusarium (Lee *et al.*, 1999).

Jadual 2.1 Kultivar penting dalam penanaman pisang di Malaysia (Abdullah *et al.*, 1990)

Kultivar	Genom	Komen
Pisang Mas	AA	Kultivar eksport penting
Pisang Rastali	AAB	Bertaburan luas
Pisang Embun	AAA	Popular di Indonesia
Pisang Berangan	AAA	Berharga sangat tinggi
Pisang Awak	ABB	Bertaburan di ASEAN
Pisang Nangka	AAB	Bertaburan luas
Pisang Masak Hijau	AAA	Bertaburan luas
Pisang Raja	AAB	Berharga tinggi

2.2 Penyakit Layu Fusarium

2.2.1 Sejarah

Penyakit layu Fusarium pada pisang juga digelar penyakit Panama kerana epidemik pertama berlaku di Panama, Amerika Tengah pada awal 1890-an. Penyakit ini disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* (Foc). Pada 1915, gelaran layu pisang pertama kali digunakan untuk penyakit ini di Jamaica. Walau bagaimanapun, penamaan ini tidak dapat membezakan layu Fusarium dan layu bakteria pada pisang. Memandangkan Foc terdiri daripada strain-strain yang berbeza dan berdasarkan pelbagai jenis kultivar pisang yang telah dijangkiti, nama layu Fusarium adalah lebih tepat dan sistem penamaan ini juga digunakan untuk penyakit

tananam lain yang disebabkan oleh *F. oxysporum*. Di Asia, penyakit layu Fusarium telah dilaporkan di India pada tahun 1911, di Jawa pada tahun 1916 dan beberapa negara lain pada tahun 1920-an (Stover, 1962). Di Filipina, pisang Silk atau Latundan (AAB) (= pisang Rastali) telah diserang penyakit layu Fusarium pada tahun 1920. Di Afrika Timur pula, penyakit ini dilaporkan buat pertama kali pada awal 1950-an dari Kenya, Tanzania dan Uganda (Stover, 1962).

Menurut Stover (1962), layu Fusarium berkemungkinan mengalami evolusi pada zaman silam di kawasan India-Malaysia yang merupakan pusat asal-usul bagi spesies pisang yang rentan. Selain itu, Stover (1962) juga berpendapat bahawa penyakit layu mungkin berevolusi secara bebas di kawasan Hemisfera Timur. Walau apapun, hampir semua bukti menunjukkan bahawa manusia harus bertanggungjawab atas bermulanya penyakit di sesuatu kawasan bebas layu. Kemungkinan bermulanya penyakit tersebut yang disebabkan oleh spora yang dibawa angin juga tidak dapat dikecualikan. *Musa* dibawa masuk ke negara Amerika dari Asia tropika melalui Afrika pada tahun 1516. Penyebaran penyakit ini menyebabkan kerugian yang serius pada varieti Gros Michel (= pisang Embun) di Caribbean dan Amerika Tengah akibat perkembangan varieti tersebut yang cepat untuk pengeksportan pada awal 1900-an. Walau bagaimanapun, varieti Silk yang berpenyakit telah wujud di banyak negara sebelum Gros Michel diperkenalkan. Varieti Silk di Australia dijangkiti penyakit layu Fusarium pada tahun 1876 iaitu 35 tahun sebelum Gros Michel diperkenalkan. Semasa perkembangan penanaman Gros Michel di kawasan Caribbean di antara 1890 dan 1910, tanah yang ditanam dengan Silk yang dijangkiti layu Fusarium telah digantikan dengan Gros Michel (Stover, 1962). Tanah yang telah dijangkiti bermungkinan berkaitan dengan ladang koko di mana varieti Silk digunakan sebagai pohon teduhan untuk pokok koko (Stover dan Simmonds, 1987).

2.2.2 Simptom Penyakit Layu Fusarium

Simptom penyakit layu Fusarium dapat dibahagikan kepada dua iaitu simptom luaran dan simptom dalaman. Simptom luaran pertama yang dapat dilihat adalah warna kekuningan pada daun tua yang tumbuh di bahagian bawah. Penguningan ini bermula di sepanjang tepi daun dan merebak ke tengah dan sehingga ke urat daun. Daun yang kuning akan menjadi perang dan petiol akan berubah menjadi perang dan patah. Penguningan daun bermula dari daun tua kemudian pada daun muda dan akhirnya pokok akan mati. Kadang-kadang daun yang lebih tua di bahagian luar pseudostem pokok yang dijangkiti, berpisah dari pseudostem dan patah, jadi pokok akan menjadi semakin kecil jika berbanding dengan pokok sihat (Su *et al.*, 1986).

Simptom dalaman dapat diperhatikan apabila rizom dan pseudostem terjangkit dibelah. Apabila pseudostem dan rizom pokok terjangkit dibelah secara memanjang, kelihatan tisu vaskular yang kemerahan atau keperangan. Semasa perkembangan penyakit, bahagian berkas vaskular yang berubah warna akan menjadi semakin luas. Perubahan warna juga berlaku di parenkima dalam tanah yang mengelilingi berkas vaskular. Ini berlaku kerana kemasukan saprofit sekunder dan akhirnya menyebabkan tisu menjadi perang kehitaman dan hitam. Jangkitan dapat merebak dari rizom induk ke sulur melalui berkas vaskular yang terjangkit (Su *et al.*, 1986). Biasanya sulur dengan ketinggian kurang daripada lima kaki atau berumur empat bulan tidak menunjukkan simptom luaran. Kawasan di mana epidemik atau kerebakan penyakit berlaku, sulur-sulur akan dijangkiti dan jarang di antaranya dapat tumbuh dan menghasilkan buah. Sebaliknya, di kawasan yang tidak berlaku perebakan penyakit, sulur-sulur biasanya kekal sihat dan dapat menghasilkan buah (Stover, 1962).

2.2.3 Kevariabelan Patogen (Forma spesialis = f. sp.)

Patogen pertama kali dipencilkan di Cuba pada 1910 dan diberi nama *Fusarium cubense* (Stover dan Simmonds, 1987). Patogen ini tidak dapat dibedakan daripada spesies *F. oxysporum* (Fo) yang lain dan isolat Fo saprofitik kecuali hanya melalui ujian kepatogenan pada *Musa* (Stover, 1962). Banyak spesies virulen telah dikenalpasti melalui ujian kepatogenan yang spesifik terhadap pisang sehingga dinamakan sebagai forma spesialis (f. sp.). Forma spesialis bagi Fo merupakan sub-pembahagian strain kulat tertentu berdasarkan kepatogenan kepada jenis tanaman tertentu. Sebagai contoh, *F. oxysporum* f. sp. *asparagii* menyerang asparagus, *F. oxysporum* f. sp. *cucumerium* menyerang timun, *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* pula menyerang tomato (Armstrong dan Armstrong, 1981). Forma spesialis selanjutnya disub-bahagikan kepada ras-ras berdasarkan kepatogenan isolat tertentu terhadap kultivar tumbuhan perumah tersebut (Nelson, 1990).

Stover dan Waite (1960) telah mengenalpasti ras 1 dan ras 2 bagi Foc yang menyebabkan layu Fusarium pada pisang. Ras 1 menyerang varieti triploid, AAA *Musa acuminata*, contoh yang paling penting ialah varieti Gros Michel. Ras 1 juga menyerang varieti Apple (AAB), Silk (AAB), Taiwan Latundan (AAB) dan I.C.2 (AAAA) (Stover dan Buddenhagen, 1986). Ras 2 pula patogenik kepada triploid ABB hasil daripada kacukan *M. acuminata* x *M. balbisiana* seperti varieti Bluggoe, Chato, Rulo dan Chamaluco. Ras 2 juga menyerang sesetengah tetraploid (AAAA) di Jamaica. Ras 3 menyerang *Heliconia* spp. (sejenis tumbuhan monokot yang kelihatannya seperti pisang tetapi sebenarnya bukan pisang) di Honduras dan Costa Rica. Ras 4 telah dikenalpasti di negara sub-tropika seperti Australia, Canary Island, Filipina, Afrika Selatan dan Taiwan. Ras 4 tidak hanya menyerang Cavendish (AAA), tetapi juga patogenik terhadap perumah-perumah untuk ras 1 dan ras 2.

Kewujudan jangkitan ras 4 di kawasan sub-tropika, pada awalnya dijangka bahawa cuaca merupakan faktor kritikal perkembangan penyakit layu Fusarium (Stover dan Buddenhagen, 1986). Kemudian, taburan ras 4 ini juga dilaporkan dari kawasan tropika termasuk semenanjung Malaysia (Johor dan Kedah) dan Indonesia (Sumatera, Sulawesi dan Maluku) (Ploetz, 1994a).

2.2.4 Foc Ras 4 di Tropika

Penyakit layu Fusarium yang menjangkiti kultivar Cavendish di kawasan sub-tropika telah mendapat perhatian daripada negara pengeluar yang lain. Di Filipina, semua isolat patogen yang dipencilkan daripada kultivar Cavendish adalah dalam kumpulan keserasian vegetatif ('VCG= Vegetative Compatibility Group') 0122, penyakit tidak merebak dengan serius dan hanya berlaku di kawasan yang tertentu sahaja. Di Queensland Australia, pisang Ladyfinger telah dijangkiti penyakit layu pada awal 1900-an. Isolat yang dipencilkan adalah dalam VCG 0120, 0124, 0125, 0128, 0129, dan 01211 di mana ras 4 jatuh dalam VCG 0120 dan 0129. Pada tahun 1926, ras 4 telah dijumpai juga di Canary Island. Walau bagaimanapun, ras 4 hanya dikenalpastikan di beberapa kawasan dalam Tenerife iaitu Adeje, Buenavista, Guimar, Icod, La Orotava, Las Galletas dan Valle Guerra (Ploetz *et al.*, 1990). Su *et al.* (1986) telah menyatakan kehadiran ras 4 di Taiwan pada tahun 1986. Mereka melaporkan penyakit layu Fusarium yang menjangkiti Cavendish telah berlaku pada tahun 1967 di Chiatung yang merupakan kawasan pengeluaran pisang utama di bahagian selatan Taiwan.

Di Malaysia, ras 4 pertama kali merebak di ladang Nam Heng (349 hektar), Johor pada tahun 1992. Penyakit layu Fusarium telah dilaporkan selepas enam bulan penanaman dan peratus jangkitan meningkat secara eksponen sehingga mencapai

32.2% pada akhir empat tahun selepas penanaman. Patogen telah dipencilkan dan dikenalpasti di Queensland dan didapati berada dalam kumpulan VCG 01213 dan 01216. VCG 01213 juga didapati menyerang pisang Mas di Perak dan pisang Berangan di Selangor. Sistem pemparitan dan saluran disyaki mendorong penyebaran kulat dalam ladang (Lee *et al.*, 1999). Kerentanan kultivar pisang terhadap Foc di Malaysia telah diringkaskan dalam Jadual 2.2.

Jadual 2.2: Kerentanan kultivar pisang terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Liew, 1997)

Nama tempatan /Kultivar pisang	Genom	Tindak balas terhadap penyakit	
		Ras 1	Ras 4
Pisang Mas (Sucrier)	AA	Toleran	Rentan
Pisang Lemak Manis	AA	Rentan	Rentan
Pisang Jari Buaya	AA	Rintang	Rintang
Pisang Berangan (Lakatan)	AAA	Rentan	Sangat rentan
Pisang Embun (Gros Michel)	AAA	Sangat rentan	Sangat rentan
Pisang Udang	AAA	Rentan	Rentan
Cavendish	AAA	Rintang	Rentan
GCTCV 215-1 (Varian Taiwan)	AAA	Rintang	Toleran
Pisang Serendah (Dwarf Parfitt)	AAA	Rintang	Toleran
Pisang Rastali (Silk) (klon majoriti)	AAB	Sangat rentan	Sangat rentan
Pisang Rastali (Silk) (Terpilih)	AAB	Toleran	Toleran
Pisang Seribu	AAB	Rentan	Rentan
Pisang Raja	AAB	Rentan	Rentan
Pisang Relong	AAB	Rentan	Rentan
Pisang Nangka	ABB	Rentan	Rentan
Pisang Awak	ABB	Toleran	Rentan
Pisang Tanduk/ Helang (Horn Plantain)	ABB	Rentan	Rentan
Pisang Abu Keling (Bluggoe)	ABB	Toleran	Toleran
Pisang Abu Nipah (Saba)	ABBB	Rentan	Rentan
FHIA (Goldfinger)	AAAB	Rintang	Rintang (?)

2.2.5 Morfologi

Fusarium oxysporum biasanya menunjukkan kevariabelan kultur yang sangat tinggi apabila dikulturkan pada medium yang kaya dengan karbohidrat

seperti agar-agar ubi kentang dekstroza (PDA) (Nelson *et al.*, 1983). Kulat mengalami mutasi sama ada membentuk lebih banyak miselium udara dan kurang makrokonidia, sporodokia, sklerotia serta warnanya atau sebaliknya. Masalah mutasi ini dapat dikurangkan dengan mengurangkan kekerapan sub-kultur, menggunakan teknik spora tunggal atau hujung hifa, dan tidak menyimpan kultur kulat dalam medium yang kaya dengan karbohidrat (Nelson *et al.*, 1983).

Kultur *Foc* selalunya menunjukkan ciri-ciri yang berbeza dan bervariasi dalam pigmentasi, bau, warna koloni dan pembentukan spora (Burgess *et al.*, 1989). Apabila dikulturkan pada PDA, kultur tersebut akan menghasilkan gumpalan, jarang atau banyak miselium yang berwarna antara putih ke ungu pucat. Makrokonidia yang berwarna jingga pucat atau ungu pucat dihasilkan di kawasan tengah massa spora bagi sesetengah isolat. Sklerotia berwarna coklat pucat, biru ke biru hitam atau ungu pucat kadang-kadang terhasil. *F. oxysporum* biasanya menghasilkan warna ungu pucat ke ungu gelap atau pigmen merah lembayung gelap dalam medium agar-agar tetapi sesetengah isolat tidak menghasilkan sebarang pigmen (Burgess *et al.*, 1994).

Makrokonidia bersaiz 24-60 x 3-5 μm dan mempunyai 3-5 septa (Booth, 1977). Makrokonidia biasanya terbentuk di hujung monofialid atas cabang konidiofor dalam sporodokia yang memanjang dari monofialid atas hifa (Burgess *et al.*, 1994). Makrokonidia dihasilkan dengan banyak dan berbentuk sedikit sabit, dinding selnya adalah nipis dan halus dengan sel hujung yang kurus dan sel pangkal berbentuk kaki (Nelson *et al.*, 1983). Pada medium agar-agar daun teluki (CLA), makrokonidia terbentuk dalam warna jingga pucat dan banyak sporodokia. Makrokonidia adalah pendek dan falkat hampir lurus, berdinding nipis dan biasanya tiga septa. Hujungnya biasa menirus dan meruncing.

Mikrokonidia biasanya terbentuk dengan banyak di kepala palsu di atas monofialid pendek pada hifa. Mikrokonidia biasanya tidak bersepta, berbentuk bujur, atau bentuk buah pinggang. Saiznya berukuran 5-12 x 2.2-3.5 μm .

Klamidospora yang berdinding tebal dibentuk dalam hifa atau konidia melalui proses kondensasi kandungannya. Klamidospora terbentuk dengan banyaknya bagi kebanyakan isolat, terutamanya strain saprofit daripada tanah. Pembentukan klamidospora adalah lambat, mengambil masa 3-6 minggu untuk sesetengah isolat. Klamidospora adalah lebih jelas dalam hifa pada permukaan CLA.

2.2.6 Patogenesis

Jangkitan berlaku melalui akar sisi yang muncul dari akar yang lebih matang atau tua. Jangkitan tidak berlaku secara langsung di rizom atau pseudostem walaupun pokok di dilukakan dan diinokulkan dengan patogen. Walau bagaimanapun, jangkitan boleh berlaku di akar utama yang terluka. Selepas memasuki xilem akar, pertumbuhan kulat dihadkan di dalamnya sehingga peringkat perkembangan penyakit seterusnya, di mana kulat tersebut akan tumbuh ke dalam sel parenkima yang bersebelahan. Penyebaran jangkitan akan dihalang untuk sampai ke rizom oleh mekanisme pertahanan perumah (Stover dan Simmonds, 1987).

Patogen menyebabkan penyakit melalui dua cara iaitu penghasilan toksin dan penyekatan aliran air. Toksin asid fusarik dan enzim pektinase telah dibuktikan terlibat dalam patogenesis (Stover, 1962). Hifa daripada spora patogen akan mengkoloni xilem selepas menembusi akar. Saluran xilem dipenuhi dengan miselium dan spora kulat. Spora-spora ini akan bercambah dan menyumbat sistem vaskular dan ini akan menjejaskan pengangkutan air dan nutrien sehingga menghasilkan simptom layu. Di samping itu, patogen juga merembeskan enzim-

enzim seperti pektinase dan oksidase. Enzim pektinase yang dirembeskan akan melemahkan dinding sel xilem. Patogen juga menghasilkan asid fusarik yang beracun terhadap sel parenkima yang bersebelahan dengan xilem. Sel-sel parenkima akan menghasilkan tilosa ke dalam xilem melalui pit pada dinding sel. Selain itu, gel dan gam juga dihasilkan. Penghasilan bahan-bahan ini akan menyumbat pengaliran air dan nutrien seterusnya simptom layu kelihatan semakin jelas. Selain daripada itu, perubahan warna pada rizom atau pseudostem juga disebabkan oleh penghasilan enzim ini (Beckman dan MacHardy, 1981; Schumann, 1998).

2.2.7 Kitar Penyakit

Patogen mengekalkan keadaan dorman dan tidak bergerak dalam bentuk klamidospora dalam tisu perumah yang reput. Klamidospora akan bercambah jika dirangsang oleh akar perumah dan bahan perkumuhan akar bukan perumah atau bersentuhan dengan tisu tumbuhan yang segar dan tidak dikoloni. Kemudian miselium akan dihasilkan yang seterusnya menghasilkan konidia dalam masa 6-8 jam, manakala klamidospora pula dihasilkan selepas dua atau tiga hari. Patogen memasuki perumah melalui cabang-cabang akar sekunder dan tertier. Rizom utama tidak dapat dijangkiti secara langsung kecuali jika bahagian stel terluka. Penyebaran jangkitan biasanya akan berhenti dalam xilem vaskular disebabkan oleh tindak balas penyekatan perumah iaitu pembentukan gel, tilos dan keruntuhan saluran xilem. Bagi kultivar yang rentan, jangkitan berlaku di xilem sehingga memusnahkan mekanisme pertahanan. Mikrokonidia dibentuk di dalam xilem dan mudah tersebar oleh kulat dalam sistem vaskular perumah. Mikrokonidia dan miselium dihadkan di xilem sehingga ke peringkat akhir kitar penyakit.

Pada peringkat jangkitan penyakit yang lebih serius, patogen tumbuh keluar dari sistem vaskular ke dalam sel parenkima bersebelahan dan selanjutnya menghasilkan banyak konidia dan klamidospora. Konidia kemudian akan berkembang menjadi klamidospora dan kembali ke tanah apabila pokok tersebut mati atau bahagian pokok mereput. Klamidospora boleh mengekalkan dalam keadaan dorman dalam tanah untuk beberapa tahun. Kitar ini berulang apabila klamidospora bercambah sekali lagi dan menjangkiti perumah pisang yang baru (Stover, 1972).

2.2.8 Pengurusan Penyakit

2.2.8.1 Penggunaan Klon Rintang dan Pemiakbakaan

Di kawasan yang tanahnya telah dijangkiti dengan parah, hanya penanaman klon pisang yang rintang sahaja dapat mengawal perebakan penyakit. Pemiakbakaan pisang untuk menghasilkan klon yang rintang terhadap penyakit layu Fusarium dimulakan di Jamaica pada tahun 1924. Varieti dari Malaysia iaitu pisang Awak (AAB) telah diperkenalkan di ladang terjangkit di Trinidad pada 1961 dan didapati tidak dijangkiti penyakit pada lima tahun yang pertama. Walaupun demikian, jangkitan yang parah berlaku pada tahun ke-6. Varieti tetraploidi IC2 yang dihasilkan daripada kacukan Gros Michel dan *M. acuminata* pada tahun 1928 dapat mengekalkan tahap kerintangan yang tinggi terhadap penyakit layu Fusarium. Pada akhir 1940-an, varieti IC2 ditanam secara besar-besaran di Honduras. Tetapi pada awal 1950-an, ladang tersebut telah dimusnahkan oleh penyakit layu Fusarium. Manakala pisang Lacatan dan Giant Cavendish kekal sihat apabila ditanam di ladang yang sama. Kerintangan dalam varieti baru mungkin berbeza apabila ditanam dalam

tanah yang berbeza dalam ladang besar. Tambahan pula, kemungkinan terdapat ras patogen yang baru yang menyerang varieti rintang yang ada sekarang (Stover, 1962).

Masalah yang timbul dalam pembiakbakaan pisang adalah kaedah untuk menguji kerintangan varieti baru terhadap serangan Foc. Kajian di lapangan memakan masa, memerlukan tenaga pekerja dan kos yang tinggi (Pegg *et al.*, 1996). Teknik 2-cawan dan 2-dulang yang dihuraikan oleh Liew (1996) dan Mohamed *et al.* (1999) telah dibuktikan sebagai kaedah yang berkesan untuk penilaian peringkat awal kerintangan pokok pisang terhadap serangan Foc. Teknik tersebut adalah cepat, mudah, murah, sesuai untuk penilaian skala besar dan memberi keputusan yang hampir sama dengan kajian yang dijalankan di lapangan. Pisang Jari Buaya (AA), pisang Abu (ABB), dan pisang Serendah (AAA) telah menunjukkan ketoleranan terhadap penyakit layu *Fusarium* apabila diuji dalam plot lapangan kuarantin ('hot spot') yang telah dijangkiti Foc. Pisang Rastali (AAB) yang menunjukkan ketoleranan yang tinggi terhadap jangkitan juga dipilih dan dinamakan kultivar Mutiara (Ho *et al.*, 1999).

2.2.8.2 Karantina dan Penyisihan

Kaedah karantina ini mula diberi perhatian di Jamaica selepas serangan penyakit layu *Fusarium* yang pertama dilaporkan pada 1912 (Stover, 1962). Karantina dan penyisihan telah berjaya dalam pengawalan perebakan jangkitan dari kawasan terjangkit ke kawasan yang tidak terjangkit. Konsep ini menghalang pemindahan rizom, sulur, dan tanah dari kawasan terjangkit. Di Queensland Selatan, undang-undang untuk menghalang pemindahan bahan penanaman telah berjaya mencegah pemindahan rizom terjangkit dengan virus 'Bunchy Top' dan ras 4 dari

kawasan terjangkit ke kawasan tidak terjangkit di Queensland Utara (Stover, 1990). Walau bagaimanapun, oleh kerana terdapatnya tanah supresif yang mengandungi mikrob didapati boleh menindas populasi patogen dan ini menyebabkan rizom atau sulur yang terjangkit tidak menunjukkan simptom luaran, jadi patogen mungkin masih dapat dipindahkan bersama-sama dengan bahan penanaman yang kelihatannya bersih dan sihat (Pegg *et al.*, 1996).

2.2.8.3 Sistem Pergiliran Tanaman

Di Jamaica, penanaman pisang telah digilirkan dengan tanaman tebu tetapi penanaman tebu selama 10 tahun tidak dapat mengawal penyakit layu Fusarium (Rishbeth, 1957). Di Taiwan pula, ujian lapangan menunjukkan pengiliran tanaman dengan padi selama satu dan tiga tahun telah mengurangkan jangkitan penyakit daripada 40% masing-masing ke pada 12.7 dan 3.6%. Manakala, pengiliran tanaman dengan tebu dan pokok bunga matahari tidak dapat mengurangkan jangkitan penyakit (Su *et al.*, 1986). Kulim Montel Farm telah menjalankan projek menanam pisang di ladang bekas tanaman kelapa sawit di Ulu Tiram, Johor. Didapati bahawa jangkitan penyakit layu Fusarium selepas 18 bulan (ratun pertama) sebanyak 1.75% manakala selepas 24 bulan (ratun kedua) sebanyak 4.9%. Walau bagaimanapun pergiliran pisang dengan kelapa sawit tidak memberi keputusan yang signifikan (Lee *et al.*, 1999).

2.2.8.4 Kawalan Biologi

Kawalan biologi untuk penyakit melibatkan kawalan inokulum patogen, perlindungan daripada jangkitan dan perlindungan silang atau kerintangan teraruh. Terdapat contoh yang berkaitan dengan kawalan biologi terhadap penyakit layu pada

pisang. Di antaranya ialah laporan oleh Mitchell dan Alexander (1962), apabila kitin ditambahkan ke dalam tanah, spesies *Bacillus* dan *Pseudomonas* akan dirangsangkan dan menghasilkan enzim untuk menguraikan kitin. Kitin merupakan komponen dinding sel bagi Foc dan kebanyakan kulat patogenik. Peningkatan aktiviti penguraian kitin dalam tanah akan mengurangkan populasi patogen

Menurut Alabouvette (1990), jangkitan penyakit dikekalkan rendah di dalam tanah supresif walaupun kewujudan patogen dalam tanah, perumah yang rentan dan faktor iklim yang sesuai untuk perkembangan penyakit. Terdapat dua kumpulan mikroorganisma yang memberikan keputusan yang konsisten di dalam eksperimen kawalan biologi iaitu *F. oxysporum* tidak patogenik dan *Pseudomonas fluorescens*. Strain *F. oxysporum* yang tidak patogenik dapat mengawal layu Fusarium dengan 3 cara, iaitu bersaing dengan patogen untuk mendapatkan nutrien dalam tanah dan rizosfera, bersaing untuk mengkoloni permukaan akar yang terjangkit dan meningkatkan tindakan kerintangan perumah (Alabouvette, 1990). Menurut Scher dan Baker (1980, 1982), *Pseudomonas* spp. yang diisolat daripada tanah supresif layu Fusarium boleh menyebabkan tanah kondusif menjadi tanah supresif.

Perlindungan silang atau kerintangan teraruh telah dibuktikan berkesan dalam pengawalan penyakit layu Fusarium. Komada (1990) telah membuktikan bahawa *F. oxysporum* yang avirulen dapat mengawal penyakit layu Fusarium pada ubi keledek. Pra-inokulasi *F. oxysporum* yang avirulen bukan sahaja dapat melawan patogen yang disebar melalui tanah yang terjangkit tetapi juga patogen yang menjangkiti ubi. Selain itu, perlindungan silang juga mempunyai kesan yang sama dengan rawatan bahan kimia, benomil.

Menurut Adeline *et al* (2007), mikroorganisma endofit yang dipencilkan daripada akar pisang liar menunjukkan kesan dalam pengawalan penyakit layu

Fusarium pada pisang Berangan. Isolat UPM31P1 dan UPM39B3 ialah dua endofit yang paling berkesan sebagai agen biologi untuk mengawal penyakit layu Fusarium. Selain daripada endofit, bakteria Actinomycetes juga dikatakan berkesan dalam perencatan pertumbuhan *Fusarium oxysporum* (Elena *et al.*, 2007). Tiga strain bakteria Actinomycetes didapati merencat pertumbuhan *F. oxysporum* dan empat strain yang merencat pertumbuhan *Ganoderma boninense* secara *in vitro*.

Terdapat beberapa sebab penyakit layu Fusarium lebih sukar dikawal dengan kawalan biologi jika dibandingkan dengan penyakit tumbuhan yang lain. Oleh kerana pisang biasanya ditanam untuk beberapa tahun dan mempunyai kitar berganda, maka kawalan penyakit mesti berkesan untuk tempoh yang panjang. Selain itu, aplikasi organisma kawalan biologi pada ladang yang luas akan menghadapi masalah seperti pengawalan massa, penghasilan organisma dan kemampuannya (Ploetz, 2004).

2.2.8.5 Penggenangan Tanah

Eksperimen penggenangan pertama untuk mengawal penyakit layu pisang telah dijalankan di Honduras pada tahun 1939. Kaedah penggenangan tanah ini telah berkembang pesat di Honduras dan Panama dari tahun 1945 sehingga 1955. Kira-kira 75% daripada kawasan yang telah dibanjiri pada pertama kali memberi penghasilan yang memuaskan dalam 4-5 tahun selepas penanaman. Walau bagaimanapun, membanjiri tanah pada kali kedua tidak memberi kesan pengawalan yang baik. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi keberkesanan kaedah penggenangan tanah seperti tempoh penggenangan, kedalaman air, sampah-sarap dan tumbuhan akuatik, bahan kimia yang ditambahkan dalam air dan masa penanaman selepas penggenangan. Di samping itu, kos tenaga kerja, kejuruteraan,

dan peralatan yang tinggi telah menjadikan kaedah ini tidak menguntungkan (Stover, 1962).

2.3 Penggunaan Silikon (Si) dalam Pertanian

2.3.1 Silikon dalam Tanah

Silikon (Si) merupakan unsur kedua paling banyak dalam kerak bumi berdasarkan nombor atom atau berat molekul (Ingri, 1978). Komposisi kerak bumi ditunjukkan dalam Jadual 2.3.

Jadual 2.3: Komposisi Unsur Kerak Bumi

Unsur	Massa (%)	Jumlah (%)
Oksigen (O)	47	94
Silikon (Si)	28	1
Aluminium (Al)+ Ferum (Fe)	13	1
Lain-lain	11	4

Bagi batu granit, kira-kira 74.51% adalah silika (SiO_2) dari segi berat. Ini telah melebihi Al_2O_3 (14.45%) yang merupakan komposisi kedua paling banyak dari segi jisim molekul. Kedominanan kuantitatif silikon adalah paling nyata dalam batu asid igneous seperti batu granit, malahan silikon juga merupakan komponen yang paling banyak dalam kebanyakan batu (Jenny, 1980). Kebanyakan silikon yang dapat diserap oleh organisma adalah dalam bentuk asid silisik, H_4SiO_4 atau $\text{Si}(\text{OH})_4$; hasil daripada hakisan cuaca pada batu-batuan dan pereputan secara perlahan-lahan silika termendap secara biologi (Ingri, 1978). Semua mineral dalam tanah akan mengalami proses penghakisan cuaca secara kimia dan biologi. Proses tersebut amat berbeza dari segi kadar, tetapi kesan terakhir ialah silikon bertukar menjadi larutan,

jadi silikon menjadi bahan larutan dalam tanah. Sumber asid silisik yang biasa ialah kuartza, silika yang akan bertindak balas dengan air untuk membentuk asid silisik dengan persamaan berikut: $\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{H}_4\text{SiO}_4$

Kuartza kurang larut dalam air dan kepekatan asid silisik dalam air adalah sangat rendah. Aktiviti asid silisik dalam larutan yang melibatkan kuartza adalah kurang daripada 0.1mM (1 mM = 28 mg Si/ L). Kepekatan asid silisik dalam tanah adalah rendah kerana alga hijau dan akar tumbuhan dalam tanah juga menyerap asid silisik. Tambahan pula, asid silisik juga diserap oleh mineral tanah dan silikon bertindak balas dengan beberapa sebatian aluminium untuk membentuk hidroksialuminosilika (HAS) (Jenny, 1980; Epstein, 2001). Menurut Epstein (1994), kepekatan silikon dalam larutan tanah adalah dalam julat 0.1-0.6mM, walaupun mungkin wujud nilai yang lebih tinggi dan lebih rendah di dalam jenis-jenis tanah yang berbeza.

2.3.2 Silikon *in planta*

2.3.2.1 Pengenalan

Silikon diserap oleh tumbuhan dalam keadaan tidak bercas iaitu asid silisik, $\text{Si}(\text{OH})_4$; yang wujud dalam larutan tanah atau dalam larutan nutrien. Silikon akan diangkut dari akar ke daun mengikut aliran transpirasi melalui apoplasma dan menjadi polimer di dinding sel epidermis dan ruang ekstrasel di mana lokasi berlakunya penyejatan. Setelah menjadi polimer, asid silisik ini tidak lagi menjadi sumber silikon yang dapat digunakan oleh tumbuhan. Oleh yang demikian, tumbuhan hanya mengandungi 1% asid silisik yang diserap dalam bentuk yang larut,

manakala yang lain akan ditukar menjadi polimer yang tidak larut (Jones dan Handreck, 1967; Lewin dan Reimann, 1969).

Tumbuhan peringkat tinggi mempunyai ciri-ciri yang berbeza dalam keupayaan untuk menyerap silikon. Kandungan mineral dalam 500 spesies tumbuhan dari Bryophyta ke Angiospermae yang tumbuh dalam keadaan tanah yang hampir sama telah ditentukan dalam penyelidikan (Ma *et al.*, 2001). Di antara sembilan mineral (Si, Ca, Fe, Mn, P, B, Mg, K, dan Al) yang dianalisis, akumulator silikon ditakrifkan sebagai tumbuhan yang mengandungi silikon >1%. Tumbuhan yang mengandungi 0.5-1% silikon digolongkan separa akumulator silikon, manakala tumbuhan yang mengandungi <0.5% silikon dikelaskan sebagai bukan akumulator silikon. Akumulator silikon terdapat dalam Bryophyta, Lycopsida, Sphenopsida, sembilan famili Pteropsida, Eriocaulales, tujuh spesies Cyperales, dan Graminales. Lima famili Pteropsida, Gymnospermae dan dua spesies Cyperales adalah dalam golongan bukan akumulator silikon, manakala Cucurbitales dan Urticales merupakan separa akumulator silikon (Ma *et al.*, 2001).

Menurut Vorm (1980), padi, tebu, gandum, pokok bunga matahari dan kacang soya menyerap lebih banyak silikon apabila dibekalkan larutan nutrien silikon berkepekatan rendah. Ini menunjukkan berlakunya mekanisme pengangkutan atau penyerapan secara aktif. Menurut pengetahuan pada masa ini, pengangkutan silikon terhad di xilem dan kuantiti silikon yang paling banyak termendap di dalam dinding sel salur xilem (Balasta *et al.*, 1989). Ini mungkin penting dalam mencegah kemampatan berkas ketika kadar transpirasi tinggi (Raven, 1983). Taburan silikon dalam pucuk dan organ pucuk adalah ditentukan oleh kadar transpirasi organ tersebut dan organ khas seperti daun adalah bergantung kepada umur daun tersebut. Menurut Hodson dan Sangster (1989), kebanyakan silikon kekal di apoplasma dan