

**KESAN INTERAKSI MIKORIZA VESIKULAR-ARBUSKULAR (MVA), PARAS
BERBEZA VERMIKAS DAN BAJA KIMIA TERHADAP PERTUMBUHAN 3
VARIETI CILI (*Capsicum annum* L.) TEMPATAN**

SUHAIZAN BINTI LOB

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

2009

**KESAN INTERAKSI MIKORIZA VESIKULAR-ARBUSKULAR (MVA), PARAS
BERBEZA VERMIKAS DAN BAJA KIMIA TERHADAP PERTUMBUHAN 3
VARIETI CILI (*Capsicum annum* L.) TEMPATAN**

OLEH

SUHAIZAN BINTI LOB

Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi

Ijazah Sarjana Sains

OKTOBER 2009

PENGHARGAAN

Pertama sekali, saya ingin panjatkan rasa syukur yang tidak terhingga ke hadrat Illahi kerana dengan limpah kurnia-Nya maka saya dapat menyiapkan tesis sarjana saya dengan lancar.

Setinggi-tinggi penghargaan saya rakamkan kepada penyelia saya, Prof. Madya Dr. Hasnah Mohd. Jais yang telah banyak memberikan tunjuk ajar dan khidmat nasihat sepanjang saya menjalankan kajian dan menulis tesis. Jasa beliau amat besar bagi saya.

Ribuan terima kasih saya tujukan kepada En. Kamaruddin, En. Shahbuddin dan En. Bakar yang banyak membantu saya dalam kerja-kerja makmal dan rumah tumbuhan. Kepada Prof. Baharuddin Salleh dan Pn. Siti Nurdijati, terima kasih kerana membenarkan saya menggunakan makmal mereka untuk menyiapkan sebahagian kecil eksperimen saya dan tidak dilupakan buat teman-teman seperjuangan di makmal 106 dan 107 yang telah banyak membantu dan berkongsi segala suka duka sepanjang tempoh pengajian sarjana saya.

Saya juga ingin tujukan ucapan terima kasih yang tidak terhingga buat ibu bapa saya En. Lob Othman dan Pn. Rokiah Daud yang tidak pernah jemu menyokong saya. Buat suami tercinta, Rizwadi Che Nat, terima kasih kerana sentiasa berada di sisi memberi semangat dan kasih sayang. Buat anak tersayang, Ilham Hakeemi, terima kasih kerana menjadi pembakar semangat ummi untuk menyiapkan tesis ini. Tanpa kalian, saya tidak akan berada pada kedudukan sekarang.

Akhir sekali, ucapan terima kasih ini saya rakamkan untuk semua yang terlibat dalam menjayakan kajian dan tesis sarjana saya.

SUSUNAN KANDUNGAN

	Muka surat
PENGHARGAAN	ii
SENARAI KANDUNGAN	iii
ABSTRAK	xix
ABSTRACT	xxi
KANDUNGAN	
1.0 PENGENALAN	1
2.0 TINJAUAN BACAAN	4
2.1 <i>Capsicum annum</i> L.	4
2.1.1 Cili	4
2.1.2 Penanaman Cili	5
2.1.3 Nutrien Tumbuhan	5
2.1.4 Pengurusan Tanah dan Pembajaan	6
2.1.5 Penuaian Cili	7
2.1.6 Prospek dan Masa Depan Tanaman Cili	7
2.2 VERMIKAS	9
2.2.1 Vermikultur	9
2.2.2 Masalah Sisa Organik	9
2.2.3 Cacing Tanah Untuk Vermikultur	11
2.2.4 Penguraian Bahan Organik	11
2.2.5 Penghasilan Vermikas	12
2.2.5.1 Skala kecil-kecilan	13
2.2.5.2 Skala besar-besaran	13
2.2.6 Tuaiian Vermikas	14

2.2.6.1	Kaedah Migrasi	14
2.2.6.2	Kaedah Pencahayaan	15
2.2.6.3	Kaedah Tapisan	15
2.2.7	Faedah Vermikas	16
2.2.8	Nutrien Dalam Vermikas	17
2.2.9	Penggunaan Vermikas Pada Tumbuhan	19
2.2.10	Pengurusan dan Masalah Vermikas	21
2.2.11	Prospek dan Masa Depan Vermikas	22
2.3	MIKORIZA VESIKULAR-ARBUSKULAR (MVA)	24
2.3.1	Mikoriza Vesikular-Arbuskular (MVA) Secara Umum	24
2.3.2	Taksonomi Dan Filogeni MVA	24
2.3.3	Morfologi MVA	26
2.3.4	Kitar Hidup Dan Pembiakan	27
2.3.5	Peringkat-peringkat Jangkitan MVA	28
2.3.6	Ekologi MVA	30
2.3.7	Fungsi MVA Dalam Penyerapan Nutrien Tanah	31
2.3.8	Interaksi MVA Dengan Mikroorganisma Tanah	33
2.3.9	Bajabio	34
2.3.10	MVA dan Mikroorganisma Dalam Baja Organik	35
2.3.11	Prospek dan Masa Depan MVA	37
3.0	BAHAN DAN KAEDAH	39
3.1	Mikoriza Vesikular-Arbuskular (MVA)	39
3.1.1	Inokulum MVA	39
3.1.2	Penyediaan Media Tanaman 1:1	39
3.1.3	Penyediaan Inokulum MVA	39
3.1.4	Jangkitan MVA	40

3.1.5	Pengiraan Jangkitan MVA	41
3.2	Vermikas	41
3.2.1	Penentuan Kandungan Nutrien Vermikas	41
3.2.1.1	Penentuan Kandungan Nitrogen	42
3.2.1.2	Penentuan Kandungan Fosforus	42
3.2.1.3	Penentuan Kalium, Kalsium, Magnesium, Natrium, Kuprum, Zink, Mangan, Ferum, Plumbum dan Nikel	42
3.2.1.4	Penentuan Karbon Organik	43
3.3	<i>Capsicum annum</i> L.	43
3.3.1	Varieti	43
3.3.2	Penyediaan Media Tanaman (3:2:1)	43
3.3.3	Penyediaan Anak Benih Tanaman	44
3.3.4	Penyediaan Inokulum MVA Untuk Rawatan Pokok	44
3.3.5	Corak Eksperimen	45
3.3.6	Corak Rawatan	45
3.3.7	Parameter Pertumbuhan Pokok	46
3.3.8	Kandungan Klorofil Daun	46
3.3.9	Infeksi MVA Pada Pokok Cili	47
3.3.10	Pengiraan MVA Pada Akar Pokok Cili	48
3.3.11	Penentuan Kandungan Nutrien Bagi Tisu Pokok Cili	48
3.3.11.1	Penentuan Kandungan Nitrogen	48
3.3.11.2	Penentuan Kandungan Fosforus	49
3.3.11.3	Penentuan Kandungan Kalium, Kalsium, Magnesium, Natrium, Kuprum, Zink dan Ferum.	49
3.4	Analisis Mikrob	50

4.0	KEPUTUSAN	51
4.1	Jangkitan MVA Dari Lapangan	51
4.2	Kandungan Nutrien Vermikas	53
4.3	Parameter Pertumbuhan Pokok	54
4.3.1	Pertambahan Tinggi Pokok Cili	54
4.3.2	Bilangan Daun	54
4.3.3	Hasil Tuaian Cili	57
4.3.4	Berat Basah Pokok Cili	57
4.3.5	Berat Basah Akar Pokok Cili	60
4.3.6	Kandungan Klorofil	60
4.4	Kandungan Nutrien Pokok Cili	63
4.4.1	Nitrogen	63
4.4.2	Fosforus	63
4.4.3	Kalium	66
4.4.4	Magnesium	66
4.4.5	Kuprum	69
4.4.6	Natrium	69
4.4.7	Zink	72
4.4.8	Ferum	72
4.4.9	Kalsium	72
4.5	Jangkitan MVA Pada Akar Pokok Cili	76
4.6	Analisis Mikrob	78
4.6.1	Bakteria	79
4.6.2	Kulat	79
5.0	PERBINCANGAN	82
5.1	Inokulum MVA Dari Lapangan	83

5.2	Vermikas	83
5.3	Pertumbuhan Pokok	85
5.4	Hasil Tuaian Cili	87
5.5	Berat Pokok	89
5.6	Kandungan Klorofil	90
5.7	Kandungan Nutrien Pokok Cili	91
	5.7.1 Nitrogen	91
	5.7.2 Fosforus	93
	5.7.3 Kalium	94
	5.7.4 Magnesium	94
	5.7.5 Kalsium dan Natrium	95
	5.7.6 Mikronutrien (Ferum, Kuprum dan Zink)	96
5.8	Jangkitan MVA Pada Akar Pokok Cili	97
5.9	Analisis mikrob	98
6.0	KESIMPULAN	99
7.0	RUJUKAN	101
8.0	LAMPIRAN	LAMP1

SENARAI JADUAL

Muka surat

Jadual 3.1	Kuantiti vermikas dan baja kimia yang digunakan dalam kajian mengikut syor pengeluaran baja yang digunakan dalam kajian	46
Jadual 4.1	Peratus jangkitan MVA pada akar <i>Setaria anceps</i> di 12 lokasi lapangan persampelan	52
Jadual 4.2	Kandungan nutrien vermikas yang digunakan di dalam kajian.	53
Jadual 4.3	Purata pertambahan tinggi pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP yang diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu	55
Jadual 4.4	Jumlah bilangan daun pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP yang diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu	56
Jadual 4.5	Jumlah hasil tuaian buah cili varieti MC11, MC12 dan MP yang diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu	58
Jadual 4.6	Berat basah pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP yang diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu	59
Jadual 4.7	Berat basah akar pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu.	61
Jadual 4.8	Kandungan klorofil daun pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu	62
Jadual 4.9	Kandungan nitrogen dalam tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu	64
Jadual 4.10	Kandungan fosforus dalam tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu	65

Jadual 4.11	Kandungan kalium dalam tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu	67
Jadual 4.12	Kandungan magnesium dalam tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu.	68
Jadual 4.13	Kandungan kuprum dalam tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu.	70
Jadual 4.14	Kandungan natrium dalam tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu.	71
Jadual 4.15	Kandungan zink dalam tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu.	73
Jadual 4.16	Kandungan ferum dalam tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu	74
Jadual 4.17	Kandungan kalsium dalam tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas diberikan 18 jenis rawatan selama 16 minggu	75
Jadual 4.18	Peratusan jangkitan MVA pada akar pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP yang diambil selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	77

Jadual 4.19	Bilangan unit pembentukan koloni (CFU) bakteria pada tanah rhizosfera pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan.	80
Jadual 4.20	Bilangan unit pembentukan koloni (CFU) kulat pada tanah rhizosfera pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan.	81

SENARAI RAJAH

		Muka surat
Rajah 3.1	Susunan keratan <i>Setaria anceps</i> di dalam polibeg.	40
Rajah 3.2	Penginokulatan MVA ke atas anak pokok cili.	44

SENARAI PLAT

Muka surat

Plat 4.1	Struktur hifa interselular dan intraselular serta vesikel kulat MVA pada keseluruhan sel korteks akar <i>Settaria anceps</i> .	51
Plat 4.2	Jangkitan MVA pada akar pokok cili selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan (gambar jangkitan MVA dari rawatan 18).	76
Plat 4.3	Koloni bakteria yang tumbuh di atas media "Nutrient Agar"	78
Plat 4.4	Koloni kulat yang tumbuh di atas media "Potato Dextrose Agar"	78
Plat 8.1	Kawasan inokulum MVA di Pusat Pengajian Sains Kajihayat	LAMP26
Plat 8.2	Media Tanaman 3:2:1	LAMP26
Plat 8.3	Media Penyemaian Biji Benih	LAMP26
Plat 8.4	Anak Pokok Yang Seragam	LAMP27
Plat 8.5	Inokulum MVA yang sedia digunakan untuk rawatan	LAMP27
Plat 8.6	Anak pokok cili yang baru dipindahkan	LAMP27

SENARAI LAMPIRAN

8.1	Peratus jangkitan MVA pada akar pokok <i>Settaria anceps</i> di lapangan persampelan	LAMP1
8.2	Pertambahan tinggi pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP1
8.3	Pertambahan tinggi pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP1
8.4	Pertambahan tinggi pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP2
8.5	Pertambahan tinggi pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP2
8.6	Bilangan daun pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP2
8.7	Bilangan daun pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP3
8.8	Bilangan daun pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP3
8.9	Bilangan daun pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP3
8.10	Hasil tuaian cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP4
8.11	Hasil tuaian cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP4
8.12	Hasil tuaian cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP4

8.13	Hasil tuaian cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP5
8.14	Berat basah tisu pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP5
8.15	Berat basah tisu pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP5
8.16	Berat basah tisu pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP6
8.17	Berat basah tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP6
8.18	Berat basah akar pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP6
8.19	Berat basah akar pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP7
8.20	Berat basah akar pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP7
8.21	Berat basah akar pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP7
8.22	Kandungan klorofil pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP8
8.23	Kandungan klorofil pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP8
8.24	Kandungan klorofil pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP8
8.25	Kandungan klorofil pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP9

8.26	Peratus kandugan nitrogen tisu pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP9
8.27	Peratus kandugan nitrogen tisu pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP9
8.28	Peratus kandugan nitrogen tisu pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP10
8.29	Peratus kandugan nitrogen tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP10
8.30	Peratus kandugan fosforus tisu pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP10
8.31	Peratus kandugan fosforus tisu pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP11
8.32	Peratus kandugan fosforus tisu pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP11
8.33	Peratus kandugan fosforus tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP11
8.34	Kandungan kalium tisu pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP12
8.35	Kandungan kalium tisu pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP12
8.36	Kandungan kalium tisu pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP12
8.37	Kandungan kalium tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP13
8.38	Kandungan magnesium tisu pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP13

8.39	Kandungan magnesium tisu pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP13
8.40	Kandungan magnesium tisu pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP14
8.41	Kandungan magnesium tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP14
8.42	Kandungan kuprum tisu pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP14
8.43	Kandungan kuprum tisu pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP15
8.44	Kandungan kuprum tisu pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP15
8.45	Kandungan kuprum tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP15
8.46	Kandungan natrium tisu pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP16
8.47	Kandungan natrium tisu pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP16
8.48	Kandungan natrium tisu pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP16
8.49	Kandungan natrium tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP17
8.50	Kandungan zink tisu pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP17
8.51	Kandungan zink tisu pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP17

8.52	Kandungan zink tisu pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP18
8.53	Kandungan zink tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP18
8.54	Kandungan ferum tisu pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP18
8.55	Kandungan ferum tisu pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP19
8.56	Kandungan ferum tisu pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP19
8.57	Kandungan ferum tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP19
8.58	Kandungan kalsium tisu pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP20
8.59	Kandungan kalsium tisu pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP20
8.60	Kandungan kalsium tisu pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP20
8.61	Kandungan kalsium tisu pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP21
8.62	Peratus jangkitan MVA pada akar pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP21
8.63	Peratus jangkitan MVA pada akar pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP21
8.64	Peratus jangkitan MVA pada akar pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP22

8.65	Peratus jangkitan MVA pada akar pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP22
8.66	Nilai CFU bakteria bagi pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP22
8.67	Nilai CFU bakteria bagi pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP23
8.68	Nilai CFU bakteria bagi pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP23
8.69	Nilai CFU bakteria bagi pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP23
8.70	Nilai CFU kulat bagi pokok cili varieti MC11 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP24
8.71	Nilai CFU kulat bagi pokok cili varieti MC12 selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP24
8.72	Nilai CFU kulat bagi pokok cili varieti MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP24
8.73	Nilai CFU kulat bagi pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP selepas 16 minggu diberikan 18 jenis rawatan	LAMP25

**KESAN INTERAKSI MIKORIZA VESIKULAR-ARBUSKULAR (MVA), PARAS
BERBEZAVERMİKAS DAN BAJA KİMIA TERHADAP PERTUMBUHAN 3 VARIETI CILI
(*Capsicum annum* L.) TEMPATAN**

ABSTRAK

Kajian ini dilakukan untuk mengkaji kesan penggunaan Mikoriza Vesikular-Arbuskular (MVA), vermikas dan baja kimia terhadap pertumbuhan fizikal, kandungan nutrien, kandungan klorofil, peratus jangkitan MVA dan komposisi mikroorganisma mikorhizosfera pokok cili varieti MC11, MC12 dan MP. Ketiga-tiga varieti pokok cili dirawat dengan atau tanpa MVA, dengan tiga paras vermikas (0%, 5% dan 10%) dan dengan tiga paras baja kimia (0%, 50% dan 100%). Parameter yang diukur ialah ketinggian, penghasilan daun, berat dan hasil tuaian pokok (kaedah manual); kandungan nutrien; N (Kaedah Kjeldhal); P (Kaedah Yellow Vanado Molybdate); K, Ca, Mg, Na, Zn, Cu dan Fe (kaedah asid nitrik); kandungan klorofil (larutan aseton); peratus jangkitan MVA (Kaedah Grid) dan analisis mikrob (CFU). Bagi varieti **cili MC11**, rawatan 10% vermikas dan 100% baja kimia menunjukkan purata pertambahan tinggi yang maksimum (65.11cm), jumlah bilangan daun (71), berat basah tumbuhan (berat tisu pokok: 145.76g; berat akar: 80.65g), hasil tuaian (186.8g) dan kandungan klorofil (1.83mg/mg). Penggunaan 5% atau 10% vermikas dalam media tanaman, menunjukkan kandungan nutrien N, P, Fe dan Zn yang tinggi di dalam tisu tumbuhan. Inokulasi MVA dengan kombinasi 5% atau 10% vermikas menghasilkan kandungan nutrien K dan Mg yang tinggi di dalam tisu tumbuhan. Rawatan 5% vermikas dengan kombinasi 100% baja kimia menunjukkan jangkitan MVA dan populasi mikrobial mikorhizosfera yang tinggi. Bagi varieti **cili MC12**, rawatan MVA dengan 5% atau 10% vermikas dan 50% atau 100% baja kimia menunjukkan purata pertambahan tinggi maksimum (55.57cm), jumlah bilangan daun (103), berat basah tumbuhan (berat tisu pokok: 138.29g; berat akar: 62.37g), hasil tuaian (85.78g) dan kandungan klorofil (1.83mg/mg). Rawatan dengan 5% dan 10% vermikas menghasilkan

kandungan P, Fe, Zn, dan Cu tertinggi di dalam tisu tumbuhan. Walaubagaimanapun, inokulasi MVA dengan 50% baja kimia pula menghasilkan kandungan N, K, Ca, Na tertinggi. Rawatan 10% vermikas pula secara signifikan menunjukkan jangkitan MVA dan populasi mikrobial mikorhizosfera tertinggi. Bagi varieti **cili MP**, rawatan dengan 10% vermikas menunjukkan purata pertambahan tinggi maksimum (43.7cm), jumlah bilangan daun (114), berat basah tumbuhan (berat tisu pokok: 109.79g; berat akar: 47.35g), hasil tuaian (220.44g). Rawatan vermikas menghasilkan kandungan nutrien K, Mg, Na, Cu, Zn, Fe dan Ca tisu tumbuhan paling tinggi. Penggunaan vermikas dan 50% baja kimia secara signifikan meningkatkan jangkitan MVA dan populasi mikrobial mikorhizosfera. Secara keseluruhannya, rawatan dengan 5% atau 10% vermikas menunjukkan kemampuan dalam merangsang pengambilan nutrien oleh tumbuhan sekaligus meningkatkan perkembangan dan pertumbuhan tumbuhan. Penggunaan vermikas juga mempunyai potensi untuk digunakan sebagai kaedah pilihan untuk menggantikan penggunaan baja kimia yang banyak dalam bidang pertanian. Kaedah ini juga lebih mesra alam dan menjimatkan kos.

**INTRERACTION EFFECTS OF VESICULAR-ARBUSCULAR MYCORRHIZA (VAM),
DIFFERENT LEVELS OF VERMICAST AND CHEMICAL FERTILIZER ON GROWTH OF
3 VARIETIES OF LOCAL CHILLY (*Capsicum annum* L.)**

ABSTRACT

This research studied the effects of utilizing Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza (VAM), different levels of vermicast and chemical fertilizer on the physical growth, nutrient status, chlorophyll content, percentages of VAM infection and mycorrhizosphere microorganism population on three different varieties of chilly, MC11, MC12 and MP. All varieties were treated with or without VAM, with three levels of vermicast (0%, 5% and 10%) and chemical fertilizer (0%, 50% and 100%). Parameters measured were plant height, total leaf number, fresh weight and yield (manual method), nutrient content; N (Kjeldahl method), P (Yellow Vanado Molybdate method); K, Ca, Mg, Na, Zn, Fe, Cu (nitric acid); chlorophyll content (acetone solvent); percentages of VAM infection (Grid method) and microbial analysis (CFU). For **chilly variety MC11**, treatment with 10% vermicast and 100% chemical fertilizer resulted in the maximum mean of height increment (65.11cm), total leaf number (71), fresh weight (shoot weight: 145.76g; root weight: 80.65g), yield (186.80g) and chlorophyll content (1.83mg/mg). Utilization of 5% or 10% vermicast resulted in the highest tissue N, P, Fe and Zn content. Inoculation of VAM in combination with 5% or 10% of vermicast resulted in the highest tissue K and Mg concentration. VAM infection and mycorrhizosphere microbial population was higher with the application of 5% vermicast and 100% chemical fertilizer. For **chilly variety MC12**, treatment with VAM, 5% or 10% vermicast and 50% or 100% chemical fertilizer showed the maximum mean of height increment (55.57cm), total leaf number (103), fresh weight (shoot weight: 138.29g; root weight: 62.37g), yield (85.78g) and chlorophyll content (1.83mg/mg). Treatment with 5% and 10% vermicast resulted in the highest tissue P, Fe, Zn, Cu content, VAM infection and mycorrhizosphere microbial population. However, inoculation with 50% chemical fertilizer

resulted in the highest N, K, Ca and Na content. For **chilly variety MP**, treatment with 10% vermicast showed maximum mean height increment (43.7cm), total leaf number (114), fresh weight (shoot weight: 109.79g; root weight: 47.35g) and yield (220.44g). Treatment with vermicast resulted in the highest tissue K, Mg, Na, Cu, Zn, Fe and Ca content. Utilization of vermicast and 50% chemical fertilizer significantly increased VAM infection and mycorrhizosphere microbial population. Overall, utilization of 5% or 10% vermicast was shown to be capable in inducing high uptake of most plant nutrients thus resulting in good plant growth and development. Utilization of vermicast has a potential for being adopted as an alternative to the extensive use of chemical fertilizer in agriculture. It is more environmentally friendly and cost effective.

BAB 1

Pengenalan

Cili (*Capsicum annum* L.) merupakan tumbuhan sayuran buah dalam famili yang sama dengan tomato dan kentang iaitu Solanaceae. Tanaman cili pada skala besar memberikan pendapatan di antara RM18,000 hingga RM21,000 semusim bagi seseorang pengusaha (BERNAMA, 19 Januari 2006). Permintaan yang melebihi had pengeluaran telah menyebabkan cili diimport dari negara-negara jiran seperti Thailand, Indonesia dan China (Utusan Malaysia, 13 Januari 2007). Sehubungan itu, Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani telah melaksanakan Kempen Bumi Hijau yang bertujuan menggalakkan orang ramai menanam sendiri sayur-sayuran untuk mengurangkan kos import bahan-bahan ini dari negara luar (Utusan Malaysia, 13 Januari 2007).

Penanaman skala besar biasanya memerlukan baja kimia (Behera *et al.*, 2003) dan racun kimia berlebihan bagi membekalkan nutrien yang secukupnya dan untuk mengawal serangan perosak (Behera *et al.*, 2003). Bab 22 dalam pembentangan Rancangan Malaysia ke-9 (RMK-9) menjelaskan penggunaan bahan kimia dan bahan berbahaya dalam sektor pertanian semakin meningkat. Penggunaan baja kimia pada tahun 2001 adalah sebanyak 2.2 juta tan metrik manakala pada tahun 2004 menunjukkan peningkatan kepada 4.0 juta tan metrik. Penggunaan bahan kimia secara meluas dan tidak terkawal pada tanah pertanian menjadi punca utama pencemaran sumber air (Evanylo *et al.*, 2008). Hal ini terjadi kerana bahan-bahan kimia tersebut melarut resap ke dalam air bawah tanah yang akhirnya akan dialirkan ke sungai dan laut (Ghosh, 2004).

Vermikas dihasilkan daripada bahan buangan organik (Atiyeh *et al.*, 2000b) seperti sisa pertanian, sisa industri dan penternakan serta sisa pepejal perbandaran melalui aktiviti cacing tanah yang dikenali sebagai teknologi vermikultur.

Vermikas mempunyai struktur partikel halus yang kaya dengan nutrien (Atiyeh *et al.*, 2000b) seperti nitrogen, fosforus, kalium dan beberapa mikronutrien lain seperti yang terdapat di dalam baja kimia. Semua nutrien ini wujud dalam bentuk tersedia dan boleh terus digunakan oleh tumbuhan (Atiyeh *et al.*, 2000b). Vermikas mampu memegang nutrien dalam tempoh yang lebih lama tanpa memberikan kesan buruk kepada persekitaran berbanding baja kimia dan boleh menurunkan tahap pencemaran (Ndegwa *et al.*, 2002). Vermikas digunakan sebagai media campuran untuk penanaman pokok dan nurseri (Atiyeh *et al.*, 2001), kaya dengan aktiviti mikrob (Zink dan Allen, 1998, Gunadi *et al.*, 2002) serta bebas patogen (Szczecz, 1999; Slocum, 2002).

Keupayaan tumbuhan untuk menyerap nutrien dari tanah juga dibantu oleh ketersediaan beberapa mikroorganisma rhizosfera yang membantu tumbuhan menyerap nutrien penting dari tanah dan satu daripadanya ialah kulat mikoriza vesikular-arbuskular (MVA).

MVA adalah jenis kulat yang dominan dan tergolong dalam kumpulan endomikoriza (John, 2000). Kulat MVA menjangkiti akar dan menyebar jauh ke dalam tanah. MVA meningkatkan pengambilan unsur-unsur terutama unsur tidak mobil seperti fosforus, zink dan kuprum (Al-Karaki, 2000; Al-Karaki *et al.*, 2001). Simbiosis MVA juga memainkan peranan penting di dalam kitaran nutrien sesuatu ekosistem dan bertindak melindungi tumbuhan daripada tekanan persekitaran (Barea dan Jeffries, 1995). Hubungan MVA dengan tumbuhan sememangnya sedia wujud pada kebanyakan tumbuhan di dalam ekosistem semulajadinya (Smith dan Read, 1997) sehingga hampir 2/3 dari spesies tumbuhan adalah dijangkiti oleh mikoriza (Trappe, 1987).

Melihat kepada kemampuan vermikas membekalkan nutrien penting yang diperlukan oleh tumbuhan dan fungsi MVA dalam membantu penyerapan nutrien yang lebih baik oleh tumbuhan melalui penyebaran jaringan hifa, maka kajian ini dijalankan

dengan menggabungkan penggunaan vermikas, baja kimia dan MVA dengan tanaman cili sebagai suatu kaedah pilihan untuk mengurangkan penggunaan bahan kimia.

Biji benih cili yang digunakan dalam kajian ini diperolehi dari MARDI, Serdang (MC11 dan MC12) dan dari pembekal biji benih pertanian tempatan (MP). Varieti cili ini dipilih berdasarkan kepada kemampuan pokoknya untuk matang dan mengeluarkan buah dalam tempoh yang singkat. Manakala varieti cili Malaysian Pedas (MP) pula dipilih kerana varieti ini juga menjadi pilihan kebanyakan petani Malaysia yang mengusahakan tanaman cili secara komersial. Berdasarkan senario di atas, satu kajian telah dirancang untuk mencapai beberapa objektif iaitu:

1. Mengkaji pertumbuhan dan perkembangan fizikal anak benih cili yang dirawat dengan MVA dan tanpa MVA pada paras vermikas dan baja kimia yang berbeza.
2. Menentukan kandungan nutrien dan klorofil dalam pokok cili yang dirawat dengan MVA dan tanpa MVA pada paras vermikas dan baja kimia yang berbeza.
3. Mengkaji peratus jangkitan MVA pada akar pokok cili.
4. Mengkaji jumlah koloni mikroorganisma pada rhizosfera pokok cili bagi setiap rawatan.

BAB 2

TINJAUAN BAHAN BACAAN

2.1 *Capsicum annum*. L

2.1.1 Cili

Cili (*Capsicum annum* sp.) tergolong di dalam famili yang sama dengan tomato dan kentang iaitu *Solanaceae* (Khan *et al.*, 2005). Kumpulan sayuran ini merupakan tanaman yang diusahakan hampir setiap negara di dunia ini termasuk Pakistan (Khan *et al.*, 2005), Brazil (Rezende *et al.*, 2003) dan juga Malaysia. Tanaman ini merupakan sumber makanan bagi membekalkan vitamin dan mineral terutamanya zat besi dan fosforus (Rezende *et al.*, 2003). Penanaman cili kini menjadi satu sumber pendapatan penting bagi penduduk pedalaman di kawasan Utara Brazil, tanaman ini kebanyakannya diusahakan dalam skala kecil yang memerlukan tenaga kerja sekitar 15 orang setiap hektar sepanjang tempoh penuaiannya (Miranda *et al.*, 2006).

Pasaran cili adalah luas kerana boleh dipasarkan dalam beberapa cara antaranya sebagai buah segar, kering dan sebagai makanan yang telah diproses seperti sos cili dan cili jeruk. Penggunaan cili sangat tinggi di Malaysia kerana penggunaannya merangkumi semua sektor pengguna dari suri rumah, institusi, pengusaha restoran (Utusan Malaysia, 13 Januari 2007) atau pengusaha kilang pemprosesan (BERNAMA, 19 Januari 2006).

Cili hidup subur di kawasan beriklim panas berbanding di kawasan beriklim sejuk di mana salji menjadi masalah utama semasa musim perkembangannya (Khan *et al.*, 2005). Julat suhu optimum bagi pertumbuhan cili adalah di antara 25°C hingga 35°C (Khan *et al.*, 2005). Cili juga merupakan tanaman yang sesuai ditanam di bawah persekitaran terkawal seperti di dalam rumah hijau untuk mengawal serangan serangga perosak, keadaan kekeringan melampau dan hujan lebat (Rezende *et al.*, 2003).

2.1.2 Penanaman Cili

Biasanya cili ditanam menggunakan biji benih melalui kaedah semaian. Biji benih yang diperolehi dari cili yang telah dikeringkan adalah lebih baik mutunya. Penyemaian boleh dilakukan menggunakan dulang penyemaian, pasu atau batas sebelum anak pokok dipindahkan ke ladang (Tanaka *et al.*, 1997). Kaedah ini lebih digemari berbanding penanaman secara terus ke ladang (Tanaka *et al.*, 1997).

Percambahan anak pokok mengambil masa sehingga 4 ke 6 minggu walaupun sebahagian besar biji benih boleh bercambah dalam masa 2 minggu. Selepas 6 hingga 8 minggu percambahan, anak pokok sedia dipindahkan ke ladang (Tanaka *et al.*, 1997). Namun begitu, cili yang ditanam di dalam pasu bersaiz besar boleh dibiarkan tumbuh sehingga berbuah tanpa perlu mengubahnya ke tanah. Biasanya penanaman begini dilakukan di kawasan kediaman untuk kegunaan sendiri. Anak pokok cili yang dipindahkan ke ladang perlu ditanam pada kedalaman yang sama dengan kedalaman semasa proses penyemaian (Tanaka *et al.*, 1997).

2.1.3 Nutrien Tumbuhan

Tumbuhan memerlukan nutrien penting untuk pertumbuhan. Umumnya, setiap tumbuhan memerlukan 16 jenis nutrien perlu. Nutrien-nutrien ini terbahagi kepada makronutrien (N, P, K, S, Mg dan Ca), mikronutrien (Fe, Cl, Mn, B, Zn, Cu dan Mo) dan unsur surih (Co, Si, Na dan Ni).

Keperluan nutrien tumbuhan adalah berbeza bagi proses atau tahap pertumbuhan yang berbeza. Contohnya, tumbuhan memerlukan lebih banyak nitrogen semasa proses vegetatif manakala semasa proses pembungaan, tumbuhan memerlukan lebih banyak fosforus. Nitrogen merupakan unsur makronutrien terpenting bagi tumbuhan berbanding fosforus dan kalium (Marschner, 1995). Keterdapatan unsur N dalam tanah memberi kesan pada pertumbuhan akar pokok (Zhang *et al.*, 2000; Arevalo *et al.*, 2005). Fosforus

pula merupakan unsur kurang mobil di dalam tanah. Kebanyakan P tak organik yang dibekalkan dalam baja kimia akan dijerap dengan cepat dan menyebabkan ia tidak terperoleh oleh tumbuhan (Kimble *et al.*, 2000).

Kalium juga merupakan nutrien penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan (Szczzerba *et al.*, 2009). Unsur K adalah kation yang paling banyak terdapat dalam tisu tumbuhan dan menyumbang sehingga hampir 10% dari berat kering tumbuhan (Ve'ry dan Sentenac, 2003). Penyusutan kandungan K dalam tanah boleh menyebabkan pengurangan hasil tuaian (Dobermann dan Cassman, 2002; Yang *et al.*, 2004). Biasanya, pembajaan diperlukan untuk memenuhi keperluan nutrien-nutrien ini dan mengelakkan masalah pertumbuhan pokok kerana kekurangan salah satu daripada nutrien-nutrien perlu ini.

2.1.4 Pengurusan Tanah Dan Pembajaan

Cili boleh hidup pada kebanyakan jenis tanah yang bersaliran baik (Tanaka *et al.*, 1997). Ini kerana tanah yang boleh menakung air seperti tanah liat tidak sesuai untuk penghasilan buah bermutu (Khan *et al.*, 2005). pH tanah juga memainkan peranan penting dalam penanaman cili. Julat pH yang sesuai untuk pertumbuhan cili adalah di antara 5.5 hingga 7.0 (Tanaka *et al.*, 1997).

Keperluan pembajaan cili sangat bergantung kepada keadaan tanah. Baja dalam bentuk larutan boleh dibekalkan setiap minggu selepas 2 minggu percambahan (Tanaka *et al.*, 1997). Nayerabi dan Ahmed (2001) menganggarkan lebih kurang 400 paun per ekar baja fosfat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang optimum. Penambahan baja nitrogen mungkin diperlukan selepas tuaian pertama untuk meningkatkan kualiti buah seterusnya. Bagaimanapun bekalan nitrogen berlebihan lebih awal boleh menyebabkan keguguran bunga (Tanaka *et al.*, 1997).

2.1.5 Penuaian Cili

Penuaian cili boleh dilakukan ketika buah masih hijau. Buah cili yang telah matang dan masih hijau kelihatan berkilat dan berkilin (Tanaka *et al.*, 1997). Masa penuaian boleh dilambatkan sehingga warna buah bertukar merah tetapi hal ini tidak akan memperbaiki rasanya sebaliknya mendedahkan buah kepada serangan penyakit. Semasa menuai, tangkai cili perlu dibiarkan melekat pada buah. Selepas tuaian pertama, tuaian berikutnya dilakukan dalam selang masa 3 hingga 4 hari. Buah cili boleh dituai sehingga 6 bulan atau lebih bergantung kepada keadaan pokok tersebut (Tanaka *et al.*, 1997).

2.1.6 Prospek Dan Masa Depan Tanaman Cili

Spesis *Capsicum* merupakan sejenis tumbuhan renek yang biasa ditemui hampir semua tempat di seluruh dunia (Madhumathy *et al.*, 2007). Kaedah alternatif adalah perlu untuk menggantikan peranan baja kimia dan racun perosak yang banyak digunakan dalam penanaman cili. Penggunaan baja organik merupakan satu langkah yang boleh meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan menyumbang kepada ketersediaan nutrien, memperbaiki ciri-ciri fizikal tanah, menghalang dari hakisan dan meningkatkan aktiviti biologi mikroorganisma tanah (Jimenez *et al.*, 2002). Banyak kajian yang membuktikan penggunaan baja organik sahaja atau campuran baja organik dengan baja kimia meningkatkan kandungan bahan organik tanah berbanding penggunaan baja kimia sahaja (Wu *et al.*, 2004; Blair *et al.*, 2006; Rudrappa *et al.*, 2006; Purakayastha *et al.*, 2008).

Selain baja organik, baja bio juga boleh menjadi alternatif kepada penggunaan baja kimia dalam mengekalkan ekosistem pertanian yang mampan (Wu *et al.*, 2005). Baja bio lebih ekonomi dan tidak toksik kepada tumbuhan (Rivera-Cruz *et al.*, 2008). Baja bio juga mudah untuk digunakan dan berfungsi untuk bekalan nutrien dalam jangka masa panjang

(Rivera-Cruz *et al.*, 2008). Kulat MVA merupakan salah satu sumber baja bio dan berpotensi untuk mengekalkan ekosistem pertanian mampan dalam jangkamasa panjang.

Penggunaan bahan kimia berlebihan dari sektor pertanian, bukan hanya berpunca dari baja kimia tetapi juga dari racun perosak. Kaedah bersepadu yang menggabungkan penggunaan kimia, biologi dan kultural, IPM (Intergrated Pest Management) adalah disarankan sebagai kaedah pilihan. Pengawalan secara biologi menggunakan kulat *Gliocladium virens* dan bakteria *Pseudomonas cepacia* telah digunakan ke atas biji benih, anak pokok dan media tanaman untuk mengawal penyakit pokok cili dan tomato (Howell dan Stipanovic, 1995).

Banyak produk sampingan yang boleh dihasilkan daripada buah cili. Kapsaikin merupakan bahan aktif yang menghasilkan rasa pedas pada cili (Madhumathy *et al.*, 2007). Produk yang mengandungi kapsaikin asalnya digunakan untuk menghalau serangga sejak zaman dahulu lagi (Madhumathy *et al.*, 2007). Kapsaikin digunakan untuk menghalau kumbang perosak seperti *Sitophilus zeamais* motschulsky (coleopteran: curculinidae) dan *Tribolium castaneum* (Herbst) (coleopteran: tenebriouidae) (Jamiez *et al.*, 2000). Kapsaikin digunakan sebagai biopestisid melawan larva *Alfalfa weevil* (Mohamed dan Gamie, 2000); sebagai racun perosak padi (Nayerabi dan Ahmed, 2001). Kajian Madhumathy *et al.* (2007) menggunakan ekstrak mentah cili untuk melawan larva instar *Anopheles stephensi* dan *Cx. Quinquefasciatus* (Diptere: culicidae) yang menjadi vektor kepada penyakit malaria.

2.2 VERMIKAS

2.2.1 Vermikultur

Vermikultur didefinisikan sebagai proses biopengoksidaan dan penstabilan bahan-bahan organik melalui aktiviti cacing tanah dan mikroorganisma lain dengan kehadiran oksigen yang tinggi dalam suhu mesofilik (Ferris *et al.*, 2002). Dalam kaedah vermikultur, cacing tanah merupakan agen utama yang melembapkan substrat dan mengubah aktiviti biologi di dalam substrat manakala mikroorganisma pula berfungsi dalam penguraian biokimia bahan organik tersebut (Edwards, 1998).

Vermikultur merupakan suatu sistem pengkomposan yang mampu memproses julat bahan buangan boleh kitar semula yang sangat besar seperti sisa dapur dan sisa dari kawasan perindustrian (Garg *et al.*, 2006), sisa-sisa pertanian dan industri hasil pertanian (Jeyabal dan Kuppaswamy, 2001), sisa enap cemar dari kilang pakaian (Kaushik dan Garg, 2004). Hartenstein dan Hartenstein (1981) mendapati 1 gram cacing tanah mampu menukarkan 4 gram sisa enap cemar kepada vermikas dalam masa 5 hari.

Vermikompos pula merupakan campuran bahagian pengkomposan seperti bahan buangan organik sebagai makanan kepada cacing tanah, tempat ternakan, najis cacing tanah (vermikas) dan cacing tanah dalam pelbagai peringkat hidup (Dickerson, 2001). Vermikompos juga mengandungi kokun/kepompong cacing tanah dan organisma pengurai bahan buangan organik (Dickerson, 2001).

2.2.2 Masalah Sisa Organik

Pelupusan sisa organik secara mesra alam merupakan cabaran besar dunia hari ini (Kaushik dan Garg, 2004; Edwards dan Bate, 1992). Peningkatan mendadak populasi penduduk, aktiviti pertanian dan perindustrian (Garg *et al.*, 2006) menghasilkan

penimbunan sisa yang banyak. Penimbunan sisa organik menyebabkan bau busuk serta pencemaran tanah dan air bawah tanah (Edwards dan Bater, 1992).

Penggunaan cacing tanah sebagai agen pemecah bahan buangan organik seperti najis haiwan, sisa pertanian, sampah sarap industri dan sisa enap cemar menghasilkan produk akhir yang lebih tinggi nilainya (Edwards, 1998). Penggunaan cacing tanah mampu menghasilkan suatu bahan penambahbaik sistem pertanian dan mengawal pencemaran yang semakin meningkat selari dengan perkembangan industri (Kaushik dan Garg, 2004). Penggunaan baja organik telah lama dikenalpasti dalam menyediakan sumber nutrisi tumbuhan yang lebih baik melalui proses pengkomposan dan pemineralan dengan pelepasan nutrien yang berlaku secara beransur-ansur (Pascual *et al.*, 1997; Zink dan Allen, 1998; Patriquin *et al.*, 1995).

Dash (1993) menyatakan sekiranya daun-daun kering yang berguguran ke tanah dibiarkan, ia akan menyumbang kepada pengkayaan nutrien tanah apabila daun-daun tersebut mulai reput. Walaubagaimanapun, sekiranya daun-daun ini terus dibiarkan berkumpul di dalam kawasan bandar dan pinggir bandar seperti pinggir jalan, kawasan berumput taman permainan, ia merosakkan pemandangan dan menambah beban masalah pelupusan sisa pepejal (Gajalakshmi *et al.*, 2005a). Kebanyakan negara di kawasan Hemisfera Utara dan India lebih gemar membakar sisa-sisa daun ini kerana penghasilan abu daripada pembakaran ini akan mengembalikan nutrien dari daun tersebut ke dalam tanah. Walaubagaimanapun, kebanyakan nitrogen, fosforus dan karbon organik akan hilang (Gajalakshmi *et al.*, 2005a). Kaedah pembakaran ini hanya akan meningkatkan pencemaran udara (Abbasi, 1999).

Sisa daun boleh dikompos dan digunakan sebagai baja atau perapi tanah tetapi nilai pasarannya adalah rendah (Gajalakshmi *et al.*, 2005a). Berdasarkan kepada faktor ini, ramai penduduk di kawasan bandar dan luar bandar mengumpulkan daun-daun ini untuk dikomposkan (Gajalakshmi *et al.*, 2005a). Sebaliknya, terdapat satu lagi kaedah

yang lebih menguntungkan yaitu vermikompos. Vermikompos akan menghasilkan nilai harga tiga kali ganda lebih tinggi berbanding kompos biasa dan menjadi perapi tanah yang lebih digemari terutama di negara-negara membangun (Gajalakshmi *et al.*, 2005a). Selain memperkayakan tanah dengan unsur-unsur seperti karbon organik dan NPK seperti yang terkandung dalam kompos biasa, vermikas dipercayai mempunyai sumbangan tambahan yang menyediakan enzim dan hormon perangsang tumbuhan (Atiyeh *et al.*, 2001, 2002a; Chaoui *et al.*, 2003). Vermikompos juga dipercayai lebih bebas patogen berbanding kompos biasa (Slocum, 2002).

2.2.3 Cacing Tanah Untuk Vermikultur

Cacing tanah yang digunakan dalam vermikultur adalah dari jenis epigeik yang bersifat fitofagus iaitu memakan bahan makanan organik pada permukaan atas tanah (Edwards, 1998; Ismail, 2005). Jenis-jenis cacing tanah yang sering digunakan dalam bidang vermikultur adalah cacing harimau (*Eisenia foetida*), cacing merah (*Lumbricus rubellus*) (Dickerson, 2001), cacing belang (*Eisenia Danrei*), cacing Afrika (*Eudrilus eugeniae*), *Dendrobaene veneta*, *Perionyx hawayana* dan *Perionyx excavatus* (Edwards, 1998). Cacing tanah jenis epigeik boleh ditemui di tempat timbunan najis haiwan yang sedang mereput (Dickerson, 2001). Vermikas yang dihasilkan adalah bahan organik yang kaya dengan nutrien (Dickerson, 2001).

2.2.4 Penguraian Bahan Organik

Vermikas dihasilkan daripada pemecahan bahan buangan organik melalui aktiviti cacing tanah. Usus cacing tanah mengandungi mikrob yang memainkan peranan penting di dalam sistem penghadaman cacing tanah (Doube dan Brown, 1998). Vermikas terbentuk setelah bahan-bahan organik melalui sistem penghadaman cacing tanah (Ferris *et al.*, 2002). Bahan ini mempunyai struktur partikel halus dan mengandungi nutrien dalam

bentuk tersedia yang boleh digunakan oleh tumbuhan (Atiyeh *et al.*, 2000b). Cacing tanah mencerna bahan buangan organik kepada partikel yang lebih kecil. Proses pencernaan ini meningkatkan kadar penguraian, mengubah sifat fizikal dan kimia (Orozco *et al.*, 1996; Vincelas-Akpa dan Loquet, 1997; Atiyeh *et al.*, 2000c) serta meningkatkan kesan humifikasi bahan organik (Atiyeh *et al.*, 2001) dengan menghasilkan produk akhir yang dikenali sebagai vermikas. Vermikas kaya dengan aktiviti mikrob (Zink dan Allen, 1998; Gunadi *et al.*, 2002) yang mampu meningkatkan kuantiti asid humik, pengawalatur pertumbuhan (hormon) seperti IAA, Giberalin dan Sitokinin oleh mikroorganisma (Edwards dan Fletcher, 1988; Edwards, 1998; Atiyeh *et al.*, 2002a, 2001; Chaoui *et al.*, 2003).

Kaushik dan Garg (2004) mengkaji parameter kimia bagi proses vermikompos menggunakan sisa enap cemar bahan tekstil yang dicampur dengan najis lembu atau sisa buangan pertanian mendapati kandungan karbon organik menurun di antara 27% hingga 52% pada akhir proses vermikompos. Penukaran sampah sarap ke dalam bentuk kompos untuk digunakan ke atas tanah sebagai sumber nutrien tumbuhan dan pertanian organik menyediakan satu kaedah pelupusan sisa buangan yang mesra alam dan berkos rendah (Jain *et al.*, 2003).

2.2.5 Penghasilan Vermikas

Vermikas dihasilkan melalui aktiviti biologi cacing tanah melalui pemecahan bahan organik ke dalam bentuk yang lebih kecil, merangsang aktiviti mikrobial dan meningkatkan pemineralan (Atiyeh *et al.*, 2000d). Berbanding kompos biasa vermikas berbentuk seperti humus, mempunyai keupayaan memegang molekul air yang lebih tinggi, mempunyai struktur partikel yang lebih porous, ruang pengudaraan dan pengairan yang lebih baik (Edwards dan Burrows, 1988) serta mempunyai aktiviti mikrobial yang lebih banyak. Cacing tanah berupaya menukarkan lebih dari 70% bahan buangan organik ke dalam

bentuk vermikas yang kaya dengan nutrien perlu. Kajian menggunakan cacing tanah dalam pengkomposan beberapa bahan buangan organik mampu memberikan hasil yang lebih baik berbanding kaedah pengkomposan tradisional (Ghosh *et al.*, 1999). Berdasarkan kepada sifat-sifat vermikas, ia mempunyai nilai komersial yang tinggi dalam industri penanaman hortikultur dan sayur-sayuran (Atiyeh *et al.*, 2000a, b; Atiyeh, 2001).

Vermikas boleh disediakan dalam skala kecil-kecilan dan besar-besaran (komersial).

2.2.5.1 Skala kecil-kecilan

Vermikas boleh dihasilkan secara kecil-kecilan di kawasan kediaman atau tanah lapang. Penghasilan vermikas secara konvensional adalah dengan membina batas pada permukaan tanah yang mengandungi bahan-bahan buangan organik sehingga 8-12 inci kedalaman atau dengan menggunakan bekas untuk menempatkan bahan buangan organik dan cacing tanah (Dickerson, 2001). Bahan atau peralatan asas bagi vermikultur secara kecil-kecilan adalah batang kayu, batu-bata, bekas mudah alih, kepingan logam, plastik dan tong pengkomposan (Dominguez *et al.*, 1997). Namun begitu, penggunaan bekas vermikultur yang diperbuat daripada sesetengah bahan seperti styrofoam dan logam perlu dielakkan. Ini kerana styrofoam membebaskan toksin ke dalam persekitaran hidup cacing tanah manakala logam pula meningkatkan suhu persekitaran dan mungkin boleh membebaskan logam berat ke dalam persekitaran hidup cacing tanah.

2.2.5.2 Skala besar-besaran

Kaedah vermikultur melalui ciptaan peralatan dan pemprosesan telah melahirkan suatu sistem yang bersifat tetap dan berkesan dari segi kos untuk mengolah bahan buangan organik secara besar-besaran. Penghasilan vermikas melalui teknologi vermikultur merupakan suatu sistem menghasilkan vermikas secara

berterusan. Rekabentuk sistem ini memaksimumkan biojisim cacing tanah dan menghapuskan keperluan mengasingkan cacing tanah daripada vermikas. Sistem vermikompos berteknologi tinggi mampu memproses 1000 tan metrik bahan buangan setahun (Edwards dan Steele, 1997).

Selain itu, vermireaktor merupakan satu lagi alat berteknologi tinggi yang mampu menghasilkan vermikas dalam skala yang besar (Jain *et al.*, 2003; Gajalakshmi *et al.*, 2001).

2.2.6 Tuaian Vermikas

Vermikas sedia dituai apabila hanya terdapat sedikit bahan organik tersisa di dalam bekas vermikultur. Cacing tanah mula mati sekiranya tidak dipindahkan ke batas makanan baru. Terdapat beberapa kaedah yang digunakan dalam penuaian vermikas, namun begitu kaedah migrasi, kaedah pencahayaan dan tapisan adalah kaedah yang sering digunapakai dalam penuaian vermikas. Kaedah penuaian adalah bergantung kepada skala penghasilan vermikas itu sendiri. Penghasilan vermikas dalam skala besar memerlukan penuai mekanikal manakala penghasilan vermikas dalam skala kecil dan sederhana boleh dilakukan secara manual atau menggunakan penuai kecil yang kini terdapat di pasaran di beberapa negara tertentu.

2.2.6.1 Kaedah migrasi

Satu batas baru mengandungi makanan baru diletakkan bersebelahan dengan batas lama yang telah menghasilkan vermikas dan dibiarkan beberapa hari (Cochran, 2007). Cacing tanah bergerak ke batas baru yang mengandungi makanan secara perlahan-lahan (Cochran, 2007; Dickerson, 2001). Batas lama dibiarkan di situ selama sebulan bagi membenarkan penetasan kokun dan anak

cacing tanah. Anak cacing tanah yang baru ini juga akan berhijrah ke batas yang mengandungi makanan. Selepas sebulan, vermikas yang terbentuk itu dikutip dan makanan baru bolehlah ditambah.

2.2.6.2 Kaedah pencahayaan

Sinaran cahaya boleh ditujukan sama ada secara terus ke dalam tong vermikultur atau ke atas vermikompos yang telah dipindahkan ke atas surat khabar atau hampan plastik besar. Cacing tanah sangat peka kepada cahaya dan akan menjauhi sumber cahaya dengan bergerak ke bahagian bawah timbunan vermikompos (Cochran, 2007; Dickerson, 2001). Sumber cahaya dibiarkan selama 10–15 minit, kemudian bahagian timbunan vermikompos lapisan paling atas dikutip (Cochran, 2007; Dickerson, 2001). Setiap kali lapisan atas dikeluarkan, cacing tanah akan terdedah kepada cahaya dan bergerak ke lapisan vermikompos yang lebih dalam (Cochran, 2007). Langkah ini perlu diulang sehingga cacing tanah berkumpul padat di bahagian paling bawah vermikompos (Dickerson, 2001).

2.2.6.3 Kaedah tapisan

Kaedah tapisan sesuai digunakan sekiranya sumber makanan yang dibekalkan terdiri daripada campuran bahan-bahan yang kasar dan keras seperti ranting kayu yang memerlukan masa yang lama untuk dikomposkan. Penapis yang mempunyai saiz jaring 3/16” sangat sesuai digunakan kerana vermikas tidak melekat pada jaring-jaring ini (Dickerson, 2001). Kaedah ini juga sesuai untuk mengasingkan cacing tanah dari vermikompos walaupun sebahagian besar kokun dan anak cacing tanah yang baru menetas akan hilang.

2.2.7 Faedah Vermikas

Proses vermikompos yang menghasilkan vermikas mampu mengurangkan kepadatan saiz bahan buangan dan populasi mikroorganisma patogenik. Proses vermikompos juga menurunkan kandungan terbiogradasi dan produk akhir yang terhasil iaitu vermikas mengandungi komponen seperti hormon yang merangsang pertumbuhan tanaman. Vermikas yang dihasilkan kaya dengan nutrien tersedia untuk pertumbuhan tumbuhan (Ismail, 2000). Vermikas berupaya mengurangkan kesan berbahaya kandungan ammonium daripada baja organik lain seperti najis ayam terhadap tumbuhan (Atiyeh *et al.*, 2000b).

Vermikas merupakan baja organik dengan rongga, pengudaraan, penyaliran dan pegangan kapasiti kelembapan yang baik. Vermikas merupakan baja organik dengan pH neutral (Hasnah, 2003). Vermikas digunakan sebagai baja organik dan boleh digunakan secara terus pada tanaman. Penambahan vermikas ke dalam media tanaman membantu tanah memerangkap molekul air dengan lebih lama dan membekalkan nutrien secukupnya kepada pokok (Ferris *et al.*, 2002). Ia juga sesuai digunakan untuk tanaman domestik seperti sayur-sayuran, buah-buahan dan pokok-pokok bunga.

Vermikas tahan disimpan lama tanpa kehilangan kualitinya. Vermikas membekalkan bahan-bahan mineral yang seimbang, memperbaiki keterdapatan nutrien dan bertindak sebagai butiran baja kompleks yang mengandungi semua unsur nutrien perlu (Benitez *et al.*, 2002; Dickerson, 2001). Vermikas sesuai digunakan untuk tanaman hiasan dalaman atau luaran dalam pasu. Bagi tanaman berpasu, hanya satu lapisan nipis vermikas yang diletakkan di atas permukaan media tanaman sudah memadai untuk mendapatkan pokok yang sihat (Cochran, 2007). Penggunaan vermikas untuk menggantikan baja kimia sangat menjimatkan kerana kos penghasilan yang lebih murah dan bersifat tahan lebih lama di dalam tanah.

Vermikas merupakan bahan penstabil tanah tanpa toksik hasil penguraian bahan-bahan buangan organik oleh cacing tanah, mempunyai nilai ekonomi tinggi serta kaya dengan bahan organik dan nutrien sebagai medium pertumbuhan tanaman (Martin *et al.*, 1999). Penggunaan vermikas sebagai bahan perapi tanah pula biasanya digunakan pada tanah yang masih terdedah. Biji benih dan anak pokok ditanam selepas vermikas dibekalkan kepada tanah (Recycled Organics Unit, 2001a). Bagi penggunaan vermikas pada kawasan yang kecil, vermikas boleh digaulkan ke dalam tanah dengan menggunakan penyodok (Ferris *et al.*, 2002).

Selain itu, vermikas juga boleh digunakan dalam bentuk cecair atau lebih dikenali sebagai teh vermikas. Produk ini boleh didapati dengan menakung air lebihan dari siraman vermikompos atau dengan merendamkan vermikas ke dalam air untuk suatu tempoh masa tertentu (Ferris *et al.*, 2002). Teh vermikas mengandungi nutrien organik dan takorganik serta mikroorganisma yang banyak termasuk bakteria dan fungi (Ferris *et al.*, 2002). Ia boleh disemburkan ke permukaan tanah atau pada daun (Ferris *et al.*, 2002). Teh vermikas merupakan racun serangga semulajadi yang baik kerana jika ia disembur pada daun tumbuhan, serangan fungus dapat dielakkan (Hasnah, 2003).

2.2.8 Nutrien Dalam Vermikas

Vermikas kaya dengan nitrogen dan fosforus, mempunyai struktur yang baik dan stabil, kandungan logam berat, keupayaan pengaliran elektrik yang rendah, kandungan asid humik yang tinggi (Kaushik dan Garg, 2004) serta boleh digunakan sebagai perapi tanah (Ferris *et al.*, 2002).

Nutrien yang terkandung di dalam vermikas adalah dalam bentuk tersedia (Atiyeh *et al.*, 2000b) seperti nitrat, fosforus (P) tertukar ganti serta kalium (K), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) terlarut (Edwards dan Burrows 1988; Orozco *et al.*, 1996). Kalsium diserap oleh tumbuhan dalam bentuk ion Ca^{2+} dan kandungannya di dalam tisu tumbuhan

adalah tinggi walaupun tumbuhan hanya memerlukannya dalam kuantiti yang sedikit (Hepler, 2005).

Kajian yang telah dilakukan oleh Atiyeh *et al.* (2000b) menunjukkan vermikas cenderung mempunyai pH yang rendah, nisbah kepekatan ammonium-nitrogen yang juga rendah dan nisbah kepekatan nitrat-nitrogen yang lebih tinggi berbanding kompos lain. Berbeza dengan tanah biasa, vermikas mengandungi 5 kali lebih kandungan nitrogen, 7 kali lebih kandungan fosforus dan 11 kali lebih kandungan kalium (Cochran, 2007; Dickerson, 2001). Vermikas mengandungi bahan organik yang tinggi terutama nutrien tumbuhan dan unsur surih dalam bentuk sedia diserap oleh tumbuhan (Lavelle dan Spain, 2001; Cavender *et al.*, 2003).

Sebahagian besar bahan humik dihasilkan semasa pengkomposan dan terdapat laporan yang mengatakan bahawa penghasilan bahan humik ini memberikan kesan positif terhadap pertumbuhan tumbuhan tanpa bergantung kepada ketersediaan nutrien yang cukup (Chen dan Aviad, 1990; Atiyeh *et al.*, 2002a). Tindakbalas pertumbuhan yang paling pesat dan hasil yang tinggi wujud apabila 10-40% daripada isipadu media tanaman digantikan dengan vermikas (Arancon *et al.*, 2003a). Namun begitu, penambahan vermikas yang lebih banyak ke dalam media pertumbuhan tidak memberikan kesan pertumbuhan yang lebih baik berbanding penambahan dalam jumlah kecil (Edwards dan Fletcher, 1988).

Terdapat banyak laporan yang menyatakan dengan jelas tentang faedah vermikas yang jauh lebih baik jika dibandingkan dengan kompos-kompos biasa (Gajalakshmi dan Abbasi, 2002; Gajalakshmi dan Abbasi, 2004; Chaoui *et al.*, 2003). Sifat-sifat lain yang menjadikan vermikas sangat berfaedah mungkin disebabkan kandungan hormon perangsang pertumbuhan yang dirembeskan oleh cacing tanah ke dalam vermikas (Atiyeh *et al.*, 2001; Atiyeh *et al.*, 2002a; Edwards, 1998; Doube *et al.*, 1997; Tomati dan Galli, 1995). Berbeza dengan baja kompos biasa, nutrien vermikas adalah dalam bentuk

tersedia (Dickerson, 2001) manakala nutrien dari baja kompos biasa yang dihasilkan secara anaerobik masih perlu menjalani proses penguraian oleh mikroorganisma tanah sebelum digunakan oleh tumbuhan.

Vermikultur yang mudah dan murah berpotensi menjadi salah satu kaedah pelupusan terhadap bahan buangan pepejal, rumpai dan sisa pertanian (Gajalakshmi *et al.*, 2005b). Kajian dalam bidang vermikultur diperluaskan lagi dengan menggunakan pelbagai bahan sisa pepejal untuk menghasilkan vermikas (Gajalakshmi dan Abbasi, 2004; Gajalakshmi *et al.*, 2001) dengan tujuan mengeksploitasikan sumber pengkomposan yang lebih luas (Gajalakshmi *et al.*, 2001).

2.2.9 Penggunaan Vermikas Pada Tumbuhan

Banyak kajian telah dilakukan untuk mengkaji pengaruh pertumbuhan tumbuhan hortikultur menggunakan vermikompos (Edwards dan Burrow, 1988; Wilson dan Carlie, 1989; Subler *et al.*, 1998; Atiyeh *et al.*, 1999; Atiyeh *et al.*, 2000a, d). Hasil kajian mendapati bahawa penambahan vermikas di dalam media tanaman hortikultur merangsang pertumbuhan anak benih tumbuhan ini secara signifikan (Atiyeh *et al.*, 2001). Vermikas juga mampu melawan serangan penyakit tumbuhan yang berpunca dari tanah (Slocum, 2002).

Dalam persekitaran makmal, vermikas telah terbukti secara berterusan menggalakkan aktiviti biologi yang boleh meningkatkan kemampuan tumbuhan untuk bercambah, berbunga, tumbuh dan memberikan hasil yang lebih baik daripada media tanaman komersial tanpa bergantung kepada ketersediaan nutrien lain (Atiyeh *et al.*, 2000a, d). Penggunaa vermikas dalam jumlah kecil dalam bekas media tanaman makmal menunjukkan peningkatan dalam percambahan, pertumbuhan anak benih dan pembungaan tanaman ornamental serta pertumbuhan dan hasil tanaman sayur-sayuran walaupun tanpa bekalan nutrien lain (Atiyeh *et al.*, 2000a, d, 2001). Kesan yang positif

daripada penggunaan vermikas terhadap pertumbuhan tanaman pertanian termasuk sayur-sayuran dan tumbuhan ornamental telah diuji di rumah hijau dan ladang (Atiyeh *et al.*, 1999; Atiyeh *et al.*, 2000a, b). Arancon *et al.* (2003b) pula melaporkan bahawa tidak ada perbezaan signifikan di antara hasil tuaian cili pada rawatan dengan 5 t /ha dengan 10 t/ha vermikas.

Sebagai contoh, penggantian sejumlah kecil vermikas iaitu sebanyak 5-30% daripada isipadu media tanaman berpasu (Metro-Mix 360), memberikan keputusan yang signifikan dalam meningkatkan percambahan dan pertumbuhan bunga marigold, tomato dan cili di dalam rumah hijau (Atiyeh *et al.*, 2000a, d; Atiyeh *et al.*, 2002b). Vermikompos dari najis babi juga meningkatkan kadar percambahan, pertumbuhan dan hasil tanaman tomato (Atiyeh *et al.*, 2000b), tanaman hortikultur seperti bunga marigold dan strawberi (Arancon *et al.*, 2004).

Vermikas juga mengandungi bahan humik yang tinggi (Senesi *et al.*, 1992; Mascidanaro *et al.*, 1997) dan sebahagian dari kesan yang ditunjukkan dalam pertumbuhan tumbuhan adalah sama dengan hormon perangsang pertumbuhan yang biasa digunakan (Muscolo *et al.*, 1999). Walaubagaimanapun, kebanyakan kajian yang dilakukan ke atas vermikas dilakukan di rumah hijau dan hanya sebahagian kecil pengkaji yang melaporkan kesan penggunaan vermikompos yang dijalankan di persekitaran ladang sebenar (Arancon *et al.*, 2004).

Bagi setiap eksperimen, Arancon *et al.* (2003a) mendapati kesan positif vermikas terhadap pertumbuhan pokok dan hasil tuaian adalah bukan berdasarkan kepada ketersediaan nutrien dalam vermikas tetapi adalah disebabkan oleh hormon perangsang pertumbuhan dan asid humik kesan daripada peningkatan populasi mikroba melalui aktiviti cacing tanah. Peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman lebih berdasarkan kepada penghasilan perangsang pertumbuhan tumbuhan oleh mikroorganisma atau kesan

daripada bahan-bahan humus (Canellas *et al.*, 2000) yang terdapat dalam vermikas (Arancon *et al.*, 2003a).

2.2.10 Pengurusan dan Masalah Vermikas

Masalah biasa dalam proses vermikompos ialah terhasilnya bau busuk yang kurang menyenangkan. Penghasilan bau busuk adalah disebabkan oleh terlalu banyak nitrogen yang bergabung dengan hidrogen lalu membentuk ammonia. Salah satu cara untuk meneutralkan bau adalah dengan menambahkan unsur karbon dari sumber serat dan daun-daun kering ke dalam bekalan makanan. Unsur karbon ini akan menyerap nitrogen dan membentuk suatu sebatian yang tidak berbau.

Selain itu, bau busuk yang terhasil boleh juga disebabkan oleh kekurangan oksigen dalam bekas vermikultur akibat terlebih bahan buangan organik sebagai makanan cacing tanah. Bau juga boleh dihilangkan dengan menghentikan penambahan bahan makanan sehingga cacing tanah dan mikroorganisma telah menguraikan bahan makanan yang sedia ada (Recycled Organics Unit, 2001b). Penambahan sumber makanan yang lebih kering serta amalan menggaulkan campuran secara kerap turut mengurangkan masalah bau busuk (Recycled Organics Unit, 2001b). Selain itu, saluran air juga perlu diperiksa agar tidak tersumbat. Air yang bertakung bukan sahaja boleh menyebabkan bau busuk malah akan membunuh cacing tanah (Ferris *et al.*, 2002).

Kehadiran serangga perosak juga merupakan salah satu masalah vermikultur. Lalat buah, tikus, semut dan hama boleh dielakkan di kawasan vermikultur dengan menutup permukaan tong dengan jaring (Elcock dan Martens, 1995). Namun begitu, kehadiran sesetengah organisma seperti ulat gonggok, springtail, sowbugs dan pill bugs membantu memecahkan bahan buangan organik yang terdapat di dalam tong vermikultur (Cochran, 2007).

2.2.11 Prospek Dan Masa Depan Vermikas

Beberapa tahun kebelakangan ini, penggunaan cacing tanah sebagai sistem yang mesra alam dalam pengurusan sistem pelupusan najis haiwan berkembang dengan begitu pesat (Atiyeh *et al.*, 2000a). Banyak kajian yang menunjukkan kemampuan cacing tanah untuk menggunakan pelbagai bahan buangan organik seperti sisa enap cemar, najis haiwan, sisa pertanian dan bahan buangan industri (Mitchell *et al.*, 1980; Chan dan Griffiths, 1988; Hartenstein dan Bisesi, 1989; Edwards, 1998). Maka, penghasilan vermikas melalui aktiviti penguraian bahan organik oleh cacing tanah dapat membantu mengurangkan masalah pelupusan sisa pepejal yang sedang dihadapi oleh negara kini.

Selain masalah pencemaran yang berlaku kepada ekosistem daratan, ekosistem akuatik juga menghadapi masalah yang sama. Masalah ekosistem akuatik adalah sebahagian besar disebabkan oleh kehadiran rumpai yang seringkali memenuhi permukaan air ekosistem tersebut (Greenfield *et al.*, 2007). Kehadiran pokok keladi bunting yang terlalu banyak dalam sesuatu sistem akuatik merupakan salah satu contoh masalah kepada ekosistem tersebut kerana rumpai ini tidak mampu dimusnahkan dengan bahan kimia atau secara pengawalan biologi (Greenfield *et al.*, 2007). Penggunaan tumbuhan ini sebagai makanan kepada cacing tanah dalam vermireaktor merupakan salah satu alternatif untuk mengurangkan masalah rumpai ini (Gajalakshmi *et al.*, 2001).

Selain itu, penghasilan vermikas juga dilihat dapat menyumbang kepada pendapatan kerana permintaan terhadap baja organik ini semakin meningkat selari dengan kesedaran orang ramai mengenai kelebihan menggunakan baja organik berbanding baja kimia. Vermikas mewakili satu lagi sumber penting bagi peluang perniagaan. Tiga pasaran primer bagi cacing tanah dan vermikas adalah pekebun, penjual seperti nurseri dan pengedar, dan peladang terutamanya penanam organik. Pasaran bagi vermikas adalah lebih bersifat setempat berbanding pasaran bagi cacing tanah disebabkan berat mempengaruhi kos pengangkutan. Maka ini merupakan kelebihan bagi

pekebun dan peniaga yang ingin menceburi bidang perniagaan vermikompos. Bidang perniagaan yang melibatkan vermikas masih baru dan perniagaan vermikas tidak akan mengalami pertindihan antara pasaran bagi setiap pemasar walaupun dengan perbezaan jarak 30–50 batu. Vermikas boleh dijual 2–3 kali ganda harganya yang lebih tinggi berbanding dengan kompos tempatan lain, atau 6–12 kali ganda daripada nilai harga najis mentah (Jensen, 1997).

2.3 MIKORIZA VESIKULAR-ARBUSKULAR (MVA)

2.3.1 Mikoriza Vesikular-Arbuskular (MVA) Secara Umum

Perkataan MVA asalnya diperkenalkan oleh Franck pada tahun 1885 membawa maksud “kulat akar” (Mukerji, 1996; Sieverding, 1991). Ia digunakan untuk menghuraikan perhubungan simbiosis di antara kulat (Greek=mikes) dan akar (Greek=rhiza) (Jackson dan Mason, 1984; Mukerji, 1996; Sieverding, 1991) tumbuhan peringkat tinggi (Mukerji, 1996). Hubungan simbiosis MVA telah berevolusi melalui penyesuaian perhubungan dua organisma berlainan sebagai perhubungan mutualistik (Mukerji, 1996; Redecker, 2005). Lebih daripada 80% tumbuhan hijau daratan (Harrison, 1997; Hirsch dan Kapulnik, 1998; Barker dan Tagu, 2000; Peterson dan Guinel, 2000; Vierheiling, 2004; Wang & Qiu, 2006) termasuk sebahagian besar tumbuhan tidak berkayu dan tumbuhan-tumbuhan tropika direkodkan bersimbiosis dengan kulat MVA ini (Read, 1991; Quilambo, 2003).

Kedua-dua iaitu tumbuhan perumah dan kulat memperoleh faedah dari hubungan simbiosis ini. Tumbuhan perumah membekalkan karbohidrat kepada kulat dan kulat pula membentuk sistem akar pokok untuk meningkatkan pengambilan nutrien (Redecker, 2005). Penemuan fosil menunjukkan spora kulat mikoriza vesikular-arbuskular (MVA) dari spesis *Glomus* telah wujud sejak 476 juta tahun dahulu (Redecker *et al.*, 2000a). Hal ini menunjukkan bahawa kemungkinan simbiosis MVA mula berevolusi sebelum bermula pendiversitian tumbuhan bervaskular (Kendrick dan Crane, 1997).

2.3.2 Taksonomi Dan Filogeni MVA

Kulat MVA berada dalam order *Glomales*, kumpulan Zygomycota (Linderman, 1994; Morton dan Benny, 1990) dan wujud dalam beberapa kategori (Linderman, 1994). Pengelasan kulat ini adalah berasaskan keupayaannya menembusi akar pokok, pembentukan lapisan pelindung luar serta pembentukan struktur interselular dan