KELAKUAN MAKAN SEMUT `PHARAOH', *MONOMORIUM PHARAONIS* (L.) (HYMENOPTERA : FORMICIDAE): PENGREKRUTAN, PEMILIHAN DAN PENGAGIHAN MAKANAN

oleh

CHONG SHU CHIEN @ ALEXANDER

Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi Ijazah Sarjana Sains

Jun 1997

MIKROFIS
4627

PENGHARGAAN

Kerja menyiapkan tesis sebegini tidak mungkin disiapkan dengan usaha seorang sahaja. Di sini, saya ingin mengambil peluang untuk mengucapkan terima kasih kepada individu-individu yang telah banyak membantu saya.

Saya menghargai segala bantuan yang telah dibekalkan oleh penyelia utama saya, Prof. Madya Dr. Chong Ngo Long yang banyak memberikan nasihat yang matang dan bermakna. Ucapan terima kasih juga kepada Prof. Yap Han Heng yang selaku penyelia bersama telah membuka peluang kepada saya untuk kajian ini dan telah memberikan sumbangan dari segi kemudahan ruang, teknikal dan kewangan di Unit Penyelidikan dan Kawalan Vektor, Universiti Sains Malaysia. Kedua-dua penyelia saya juga telah banyak membantu saya untuk berdikari.

Bantuan dan nasihat Dekan Pusat Pengajian Sains Kajihayat, Universiti Sains Malaysia juga dihargai. Saya juga terhutang kepada Dr. Lee Chow Yang kerana sentiasa sudi memberikan saya masa dan nasihat bermutu tinggi untuk meneruskan projek dari awal sampai pada peringkat penyediaan tesis.

Ucapan terima kasih juga dikhaskan kepada rakan-rakan saya di Unit Penyelidikan Kawalan Vektor dan Pusat Pengajian Sains Kajihayat termasuk Adanan, Ong, Malik, Sam, Zamri, Rahim, Fauzi, Yaw, Emi, Hamid, Chooi Lin, Aida, Chong PK, Puan Jenny, Cik Jamilah, Siew Hong dan Kwai Ling atas usaha mereka untuk membantu saya.

Tesis ini juga merupakan hasil usaha isteri dikasihi saya, Chia Ying, atas kesabaran dan persefahamannya. Akhir sekali, saya paling bersyukur kepada Tuhan , atas segala kurnia berkat hikmat dan kekuatanNya untuk saya.

JADUAL KANDUNGAN

		MUKA SURAT
Penghargaan		ii
Jadual Kandungan		iii
Senarai Jadual		vii
Senarai Rajah		x
Senarai Plat		xii
Abstrak		xiii
Abstract		xvi
BAB 1.	**PENGENALAN**	
1.1	Am	1
1.2	Tinjauan Bahan Bacaan	3
	1.2.1 Semut secara am	3
	1.2.2 Semut sebagai serangga sosial	3
	1.2.3 Kewujudan kasta dalam semut	4
	1.2.4 Pemakanan semut	5
	1.2.5 Semut isi rumah sebagai perosak	9
	1.2.6 Penyebaran spesies semut perosak	10
	1.2.7 Masalah disebabkan semut perosak isirumah	11
	1.2.8 Semut `Pharaoh' (*Monomorium pharaonis*) sebagai perosak isi rumah	12
	1.2.9 Biologi semut `Pharaoh'	13
	1.2.10 Kaedah-kaedah kawalan semut `Pharaoh'	17
	1.2.11 Kawalan semut `Pharaoh' dengan umpan beracun	18
1.3	Objektif Kajian	20

MUKA SURAT

BAB 2. BAHAN DAN KAEDAH

2.1 Serangga kajian (koloni makmal semut `Pharaoh') 21

2.1.1 Koloni eksperimen 23

2.2 Kajian kelakuan pengrekrutan massa (mass recruitment) pekerja semut `Pharaoh' 24

2.2.1 Pengrekrutan massa pekerja *M. pharaonis* secara am 24

2.2.2 Pengrekrutan massa pekerja *M. pharaonis* pada kualiti makanan serta tahap kelaparan yang berbeza 26

2.3 Kajian kelakuan pemilihan jenis makanan pada jenis koloni berlainan semut `Pharaoh' 27

2.3.1 Perubahan dalam pemilihan jenis-jenis makanan berlainan oleh tiga jenis koloni *M. pharaonis* yang berlainan. 27

2.4 Kajian kelakuan pengagihan dan penukaran makanan di antara pekerja semut `Pharaoh' 29

2.4.1 Pengagihan dan penukaran makanan dengan kualiti makanan berlainan 29

2.4.2 Pengagihan dan penukaran makanan dengan jenis makanan berlainan dan tahap kelaparan berlainan 30

2.5 Kajian kelakuan pengagihan makanan dalam larva semut `Pharaoh' 30

2.5.1 Pengagihan jenis makanan berbeza kepada peringkat larva berlainan oleh pekerja *M. pharaonis* pada tahap kelaparan berlainan 30

2.5.2 Pengagihan air kepada peringkat larva berlainan oleh pekerja *M. pharaonis* pada tahap kelaparan berlainan 32

2.5.3 Pengagihan makanan kepada peringkat larva berlainan oleh larva daripada koloni lain menerusi pekerja pada tahap kelaparan berlainan 32

2.6 Kajian morfologi luar peringkat hidup semut `Pharaoh' berlainan dengan mikroskop elektron penskanan (SEM) 33

MUKA SURAT

2.7 Analisis data 34

BAB 3 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

3.1 Kelakuan pengrekrutan massa pekerja semut `Pharaoh' 35

3.1.1 Pengrekrutan massa pekerja *M. pharaonis* secara am 35

3.1.2 Pengrekrutan massa pekerja *M. pharaonis* pada kualiti makanan serta tahap kelaparan berbeza 39

3.2 Kelakuan pemilihan jenis makanan pada jenis koloni berlainan semut `Pharaoh' 48

3.2.1 Perubahan dalam pemilihan jenis-jenis makanan berlainan oleh tiga jenis koloni *M. pharaonis* yang berlainan. 48

3.3 Kelakuan pengagihan dan penukaran makanan di antara pekerja semut `Pharaoh' 56

3.3.1 Pengagihan dan penukaran makanan pada kualiti makanan berlainan 56

3.3.2 Pengagihan dan penukaran makanan dengan jenis makanan berlainan dan tahap kelaparan berlainan 65

3.4 Kelakuan pengagihan makanan dalam larva semut `Pharaoh' 82

3.4.1 Pengagihan jenis makanan berbeza kepada peringkat larva berlainan oleh pekerja *M. pharaonis* pada tahap kelaparan berlainan 82

3.4.2 Pengagihan air kepada peringkat larva berlainan oleh pekerja *M. pharaonis* pada tahap kelaparan berlainan 92

3.4.3 Pengagihan makanan kepada peringkat larva berlainan oleh larva daripada koloni lain menerusi pekerja pada tahap kelaparan berlainan 97

3.5 Pemerhatian morfologi luar peringkat larva semut `Pharaoh' berlainan dengan mikroskop elektron penskanan (SEM) 106

MUKA SURAT

BAB 4	**KESIMPULAN DAN CADANGAN**	
4.1	Kesimpulan kajian	111
	4.1.1 Pemakanan semut `Pharaoh'	111
	4.1.2 Implikasi keputusan ke atas kawalan semut `Pharaoh'	113
4.2	Cadangan	116
BAB 5	**BIBLIOGRAFI**	118
VITA		129

SENARAI JADUAL

JADUAL		MUKA SURAT
3.1	Kesan utama dan interaksi nilai-nilai ANOVA (nilai F, darjah kebebasan [df], kebarangkalian [P]) untuk bilangan semut masuk kawasan umpan, bilangan semut keluar kawasan umpan dan bilangan semut memakan umpan pada keadaan kualiti makanan dan tahap kelaparan berbeza	40
3.2	Kesan utama dan interaksi nilai-nilai ANOVA (nilai F, darjah kebebasan [df], kebarangkalian [P]) untuk jenis makanan dan minggu selepas pengasingan koloni bagi tiga jenis koloni berlainan	49
3.3	Kesan utama dan interaksi nilai-nilai ANOVA (nilai F, darjah kebebasan [df], kebarangkalian [P]) untuk saiz kumpulan trofolaksis berlainan, jumlah kumpulan trofolaksis, jumlah bilangan semut terlibat dalam trofolaksis serta jumlah semut yang memakan umpan pada keadaan kualiti makanan berbeza	57
3.4	Kesan utama dan interaksi nilai-nilai ANOVA (nilai F, darjah kebebasan [df], kebarangkalian [P]) untuk saiz kumpulan trofolaksis berlainan, jumlah kumpulan trofolaksis, jumlah bilangan semut terlibat dalam trofolaksis serta jumlah semut yang memakan umpan dengan pemberian umpan larutan sukrosa	66
3.5	Kesan utama dan interaksi nilai-nilai ANOVA (nilai F, darjah kebebasan [df], kebarangkalian [P]) untuk saiz kumpulan trofolaksis berlainan, jumlah kumpulan trofolaksis, jumlah bilangan semut terlibat dalam trofolaksis serta jumlah semut yang memakan umpan dengan pemberian umpan minyak jagung	67
3.6	Kesan utama dan interaksi nilai-nilai ANOVA (nilai F, darjah kebebasan [df], kebarangkalian [P]) untuk saiz kumpulan trofolaksis berlainan, jumlah kumpulan trofolaksis, jumlah bilangan semut terlibat dalam trofolaksis serta jumlah semut yang memakan umpan dengan pemberian umpan kuning telur	68
3.7	Kesan utama dan interaksi nilai-nilai ANOVA (nilai F, darjah kebebasan [df], kebarangkalian [P]) untuk peringkat larva, masa selepas pemberian umpan dan tahap kelaparan berlainan dengan pemberian umpan tiga jenis makanan berlainan	83
3.8	Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas pemberian umpan larutan sukrosa (perbandingan tahap kelaparan)	84
3.9	Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas pemberian umpan larutan sukrosa (perbandingan peringkat larva)	85

MUKA SURAT

3.10 Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas pemberian umpan minyak jagung (perbandingan tahap kelaparan) 87

3.11 Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas pemberian umpan minyak jagung (perbandingan peringkat larva) 88

3.12 Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas pemberian umpan kuning telur (perbandingan tahap kelaparan) 89

3.13 Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas pemberian umpan kuning telur (perbandingan peringkat larva) 90

3.14 Kesan utama dan interaksi nilai-nilai ANOVA (nilai F, darjah kebebasan [df], kebarangkalian [P]) untuk peringkat larva, masa selepas pemberian air dan tahap kelaparan (air dan makanan) berlainan dengan pemberian air 93

3.15 Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas pemberian air (perbandingan tahap kelaparan) 95

3.16 Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas pemberian air (perbandingan peringkat larva) 96

3.17 Kesan utama dan interaksi nilai-nilai ANOVA (nilai F, darjah kebebasan [df], kebarangkalian [P]) untuk peringkat larva, masa selepas pemberian air dan tahap kelaparan berlainan pada peringkat larva penderma berlainan selepas pemberian umpan larutan sekaya 98

3.18 Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas perletakkan penderma larva peringkat I (perbandingan tahap kelaparan) 99

3.19 Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas perletakkan penderma larva peringkat II (perbandingan tahap kelaparan) 100

3.20 Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas perletakkan penderma larva peringkat II (perbandingan peringkat larva penerima) 101

3.21 Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas perletakkan penderma larva peringkat III (perbandingan tahap kelaparan) 103

MUKA SURAT

3.22 Purata peratus bilangan larva dicelup perwarna pada tahap kelaparan dan peringkat larva berlainan selepas perletakkan penderma larva peringkat III (perbandingan peringkat larva penerima) 104

SENARAI RAJAH

RAJAH		MUKA SURAT
2.1a	Penyediaan alatan untuk pemerhatian aktiviti pengrekrutan pekerja *M. pharaonis*	25
2.1b	Perincian titian jalur kertas dengan kedudukan penanda	25
3.1	Aktiviti pergerakan pekerja *M. pharaonis* semasa pengrekrutan massa ke umpan larutan sukrosa 10% pada masa-masa berlainan dalam eksperimen	36
3.2	Purata bilangan pekerja *M. pharaonis* memasuki kawasan umpan semasa pengrekrutan dengan umpan berlainan kualiti pada tahap kelaparan berbeza	41
3.3	Purata bilangan pekerja *M. pharaonis* keluar dari kawasan umpan semasa pengrekrutan dengan umpan sekaya berlainan kualiti pada tahap kelaparan berbeza	43
3.4	Purata bilangan pekerja *M. pharaonis* memakan umpan semasa pengrekrutan dengan umpan sekaya berlainan kualiti pada tahap kelaparan berbeza	45
3.5	Purata jumlah pekerja *M. pharaonis* dari koloni kawalan memakan umpan berbeza pada minggu berlainan (perbandingan umpan berlainan dan minggu berlainan)	50
3.6	Purata jumlah pekerja *M. pharaonis* dari koloni permaisuri dan pekerja, memakan umpan berbeza pada minggu berlainan (perbandingan umpan berlainan dan minggu berlainan)	52
3.7	Purata jumlah pekerja *M. pharaonis*, dari koloni peringkat tak matang/pekerja, memakan umpan berbeza pada minggu berlainan (perbandingan umpan berlainan dan minggu berlainan)	53
3.8	Purata bilangan kumpulan trofolaksis berlainan saiz pekerja *M. pharaonis* yang dibentuk selepas pemberian umpan larutan sekaya berlainan kualiti	60
3.9	Purata jumlah bilangan kumpulan trofolaksis yang dibentuk pekerja *M. pharaonis* selepas pemberian umpan larutan sekaya sekaya berlainan kualiti	61
3.10	Purata jumlah bilangan pekerja *M. pharaonis* terlibat dalam aktiviti trofolaksis selepas pemberian umpan larutan sekaya berlainan kualiti	62
3.11	Purata bilangan kumpulan trofolaksis bersaiz dua pekerja *M. pharaonis* pada tahap kelaparan berlainan selepas pemberian jenis-jenis umpan berbeza	69

MUKA SURAT

3.12 Purata bilangan kumpulan trofolaksis bersaiz tiga pekerja *M. pharaonis* pada tahap kelaparan berlainan selepas pemberian jenis-jenis umpan berbeza 71

3.13 Purata bilangan kumpulan trofolaksis bersaiz empat pekerja *M. pharaonis* pada tahap kelaparan berlainan selepas pemberian jenis-jenis umpan berbeza 72

3.14 Purata bilangan kumpulan trofolaksis bersaiz lima atau lebih pekerja *M. pharaonis* pada tahap kelaparan berlainan selepas pemberian jenis-jenis umpan berbeza 73

3.15 Purata jumlah kumpulan trofolaksis yang dibentuk pekerja *M. pharaonis* pada tahap kelaparan berlainan selepas pemberian jenis-jenis umpan berbeza 74

3.16 Purata jumlah bilangan pekerja *M. pharaonis* pada tahap kelaparan berlainan terlibat dalam aktiviti trofolaksis selepas pemberian jenis-jenis umpan berbeza 75

3.17 Purata jumlah bilangan pekerja *M. pharaonis* pada tahap kelaparan berlainan yang sedang memakan di kawasan umpan selepas pemberian jenis-jenis umpan berbeza 76

SENARAI PLAT

PLAT		MUKA SURAT
3.1a	Aktiviti trofolaksis antara pekerja-pekerja *M. pharaonis* dalam sarang koloni kulturan makmal sewaktu pengumpanan dengan larutan sekaya (bersaiz dua pekerja)	58
3.1b	Aktiviti trofolaksis antara pekerja-pekerja *M. pharaonis* dalam sarang koloni kulturan makmal sewaktu pengumpanan dengan larutan sekaya (bersaiz empat pekerja)	58
3.2	Badan larva *M. pharaonis* berumur 1-5 hari (mikroskop elektron penskanan)	107
3.3	Badan larva *M. pharaonis* berumur 6-10 hari (mikroskop elektron penskanan)	107
3.4	Badan larva *M. pharaonis* berumur 11-15 hari (mikroskop elektron penskanan)	108

ABSTRAK

Kajian ini telah bertumpu kepada beberapa aspek perlakuan pemakanan semut 'Pharaoh', *Monomorium pharaonis* (L.), iaitu pengrekrutan massa, pemilihan makanan dan pengagihan makanan antara ahli koloni.

Semasa pengrekrutan, pekerja semut 'Pharaoh' berperanan sebagai pengakap kembali ke sarang dan menarik pekerja ke sumber makanan yang baru dijumpai. Keputusan eksperimen menunjukkan bahawa proses pengrekrutan pekerja adalah proses dinamik yang boleh berubah mengikut keadaan seperti kualiti (kekayaan) umpan dan juga tahap kelaparan koloni. Dalam kehadiran umpan berkualiti tinggi, lebih banyak pekerja direkrut untuk memakan berbanding dengan umpan kurang berkualiti. Pengrekrutan adalah tertinggi apabila koloni mengalami kelaparan yang lama diberikan umpan paling berkualiti.

Perlakuan pemilihan makanan dalam beberapa jenis koloni yang berlainan juga dikaji. Koloni kawalan, dengan pekerja, permaisuri dan peringkat tidak matang, mempunyai tarikan yang bergilir-gilir di antara makanan berkarbohidrat dan berprotein. Koloni dengan permaisuri dan pekerja sahaja memilih umpan berprotein hanya 3 minggu selepas permulaan kajian, di mana peringkat larva telah kelihatan. Koloni dengan peringkat tak matang dan pekerja sahaja didapati mempunyai kecenderungan yang tinggi untuk memilih umpan kuning telur sepanjang tempoh eksperimen sehingga kehadiran kasta pemaisuri 6 minggu kemudian. Kajian ini menunjukkan pemilihan makanan yang berubah oleh semut mengikut keperluan nutrisi koloni.

Perlakuan trofolaksis antara pekerja semut juga dikaji dengan keadaan pengumpanan berlainan. Aktiviti trofolaksis meningkat apabila umpan adalah

berkualiti di mana lebih banyak pekerja akan mengambil bahagian dalam pengkongsian makanan dan lebih banyak kumpulan trofolaksis juga dibentuk. Dari segi jenis makanan, pengumpanan dengan larutan sukrosa mengakibatkan pekerja lebih aktif berkongsi makanan, berbanding dengan umpan minyak jagung dan kuning telur dan ini menunjukkan bahawa pekerja semut `Pharaoh' lebih kerap dan cepat mengagih karbohidrat berbentuk cecair di antara satu sama lain. Trofolaksis juga bertambah apabila koloni dalam tahap kelaparan 3 hari atau lebih.

Kajian perlakuan pengagihan makanan oleh pekerja kepada peringkat larva mendapati lebih banyak daripada larva peringkat matang (11-15 hari selepas penetasan), menerima umpan kuning telur terutamanya apabila koloni mengalami kelaparan bila dibanding dengan peringkat larva lebih muda (1-5 hari selepas penetasan). Corak serupa juga didapati dengan pengumpanan sukrosa dan minyak. Air juga diagih oleh pekerja kepada larva, terutamanya apabila koloni dibiarkan satu tempoh tanpa diberikan air dan makanan. Dalam keadaan kelaparan tinggi, pekerja *M. pharaonis* juga menerima nutrisi daripada larva kenyang dan mengagihkannya kepada larva mengalami kekurangan makanan.

Kajian juga dijalankan buat ke atas morfologi luar peringkat larva berumur berlainan *M. pharaonis* dengan pemerhatian di bawah mikroskop elektron penskanan (SEM) untuk menglihat pengadaptasian dari segi morfologi pemakanan larva *M. pharaonis*.

ABSTRACT

Feeding behaviour of the Pharaoh ant *Monomorium pharaonis* (L.) (Hymenoptera: Formicidae): Recruitment, food selection and distribution.

This study focused on some aspects of the feeding behaviour of the Pharaoh ant *Monomorium pharaonis* (L.), i.e., mass recruitment of workers towards food, selection and preference of food, and distribution of food between colony members..

During recruitment, Pharaoh ant workers acting as scouts return to the nest and attract other workers towards newly discovered food source. This study showed that the recruitment of workers is a dynamic process which can be altered by different conditions such as the quality (richness) of baits given and starvation levels of the foraging colonies. In the presence of high quality baits, more workers are recruited to collect food as compared with lesser ones. The combination of high quality food and longer starvation period caused the highest level of recruitment activities.

Food selection in different kinds of colonies were also studied. Control colonies, with workers, queens and brood, alternate their preferences for carbohydrate and protein enriched food. Colonies with only queens and workers showed preferences towards proteinaceous bait 3 weeks after colony separation when the larval stages were first observed. Colonies containing only workers and brood showed a high preference towards protein-rich baits throughout the experiment period until the development of queens 6 weeks later. These study showed changes in food selection by workers in accordance to the nutrient needs of the colony.

Trophollatic behaviour between worker ants was observed under different bait conditions. Higher trophollatic activities occurred with richer bait, where more workers participated in food sharing and a greater number of trophollatic groups were formed. In terms of food type, sucrose bait provided more frequent food sharing among ants, as compared to corn-oil and hard boiled egg yolk indicating the rapid and greater distribution of liquid carbohydrate among Pharaoh ant workers. Trophollaxis also increased after starvation period of 3 days and above.

Studies on food distribution of food workers to the brood stages showed that more of the older larval stage (11-15 days after hatching) received egg yolk, especially after a long period of starvation as compared to younger larval stages (1-5 days after hatching). Similar trends were observed with sucrose and corn oil feeding. Water was also distributed to the brood stages, with a higher distribution occurring after a period without food and water. After a lengthened starving period, *M. pharaonis* workers also obtained nutrient from well-fed larvae and distributed them to starved larvae.

The external morphology of different larval stages in terms of adaptation to their feeding behaviour were also studied using the scanning electron microscope (SEM).

1.0 PENGENALAN

1.1 AM

Proses urbanisasi beserta peningkatan populasi manusia merupakan sesuatu yang tidak dapat dielakkan dalam negara-negara yang sedang pesat membangun. Watson (1993), menganggarkan pada awal tahun 1990, hampir 45% daripada jumlah populasi dunia menetap dalam kawasan bandar. Angka ini dijangka meningkat sehingga 51.1% dalam tahun 2000. Dalam masa 20 tahun yang akan datang, Asia Timur pula dijangka akan mengalami pertumbuhan paling tinggi dalam populasi masyarakat perbandarannya dengan kadar penumbuhan sehingga 10% setiap 10 tahun. Peningkatan populasi sebegini akan menyebabkan pembinaan lebih banyak bangunan-bangunan untuk tujuan penetapan, perniagaan, rekreasi dan lain-lain lagi.

Perancangan pembinaan yang tidak teratur dan selaras dengan penambahan populasi telah membawa kepada masalah kesesakan, kekurangan kemudahan asas seperti sistem pembuangan najis dan sampah yang sempurna, sistem parit yang tidak teratur dan lain-lain lagi. Faktor-faktor di atas pula akan membentuk habitat-habitat yang sesuai untuk pembiakan berbagai serangga perosak. Serangga perosak isi rumah ditakrifkan sebagai serangga-serangga yang telah menceroboh ke dalam kehidupan harian manusia di mana mereka melakukan aktiviti seperti membina sarang, membiak dan mencari makanan di ataupun berdekatan dengan tempat penempatan manusia. Di antara serangga perosak yang paling utama ialah nyamuk, lipas, semut, lalat, anai-anai dan pijat.

Semut isi rumah telah lama hadir sebagai satu serangga perosak dalam hidup manusia di seluruh dunia. Kebolehan semut menyesuaikan diri kepada

persekitaran, dengan mempunyai kadar pembiakan tinggi dan kecekapan mencari makanan telah menjadikan semut satu perosak yang sentiasa dijumpai dalam habitat manusia.

Semut 'Pharaoh', *Monomorium pharaonis* (L.) merupakan spesies semut perosak isi rumah yang utama di dunia (Edwards, 1991; Hedges, 1991). Kewujudan beberapa ciri biologi yang unik membolehkannya hidup bertanding dengan manusia dan juga haiwan lain dalam usahanya untuk membentuk koloni-koloni di merata tempat. Terdapat beberapa kaedah kawalan yang digunakan untuk mengurangkan kadar infestasi dan juga penghapusan koloni. Kebanyakan kaedah ini melibatkan penggunaan insektisid. Kaedah yang paling banyak mendapat perhatian untuk kawalan semut 'Pharaoh' adalah dengan menggunakan umpan beracun. Kaedah kawalan ini bergantung kepada pengetahuan yang lebih mendalam tentang perlakuan spesies semut ini terutama dari segi perlakuan pemakanannya. Oleh kerana tujuan pengumpanan juga adalah untuk peracunan seluruh koloni, maka pemakanan semut harus difahami bukan sahaja pada tahap semut sebagai individu tetapi juga pada tahap kemasyarakatan yang melibatkan interaksi dengan individu lain dalam koloni

1.2 TINJAUAN BAHAN BACAAN

1.2.1 Semut secara am

Menurut anggaran Holldobler dan Wilson (1994), terdapat lebih kurang 9,500 spesies semut di dunia yang telah dikenalpasti oleh manusia sementara terdapat lebih dua kali dari bilangan spesies ini yang masih belum dikelaskan. Kesemua spesies semut adalah tergolong di bawah famili Formicidae dalam order Hymenoptera (Sudd, 1967). Wheeler (1910) menganggap kejayaan semut menjadi haiwan yang dominan di bumi adalah kerana kebolehannya untuk hidup di berbagai jenis habitat di dunia, dari kawasan Artik ke negara-negara tropika.

Walaupun semut sering dianggap sebagai perosak, terdapat laporan tentang kegunaan semut kepada manusia (Haack & Granovsky, 1990; Olkowski *et al.*, 1991). Ini termasuk dalam situasi di mana sesetengah spesies semut berfungsi sebagai agen pendebungaan dan membantu dalam pengudaraan tanah melalui aktiviti penggalian bawah tanah. Beberapa spesies semut pemangsa dilaporkan berperanan sebagai agen kawalan biologi bagi beberapa serangga perosak tanaman di ladang tanaman jagung, koko dan buah sitrus (Perfecto, 1991; Way & Khoo, 1991; See & Khoo, 1996). Pemakanan berbagai spesies semut juga merupakan satu komponen penting yang menjadi pengimbang kepada siratan makanan di hutan-hutan hujan tropika (Holldobler & Wilson, 1990).

1.2.2 Semut sebagai serangga sosial.

Serangga sosial adalah serangga yang hidup sebagai satu organisasi berkoloni dan mereka melakukan aktiviti harian seperti mencari dan mengumpul makanan, menyerang dan mempertahankan diri dari pemangsa, membina dan memindah sarang serta membiak sebagai satu unit yang terdiri daripada beribu

hingga berjuta individu. Ini menyebabkan satu koloni serangga sosial kadangkala dianggap sebagai satu 'super-organisma' yang menunjukkan banyak ciri fisiologi yang terdapat dalam tisu dan organ haiwan peringkat tinggi (Holldobler & Wilson, 1994). Di antara serangga sosial yang umum dan penting dari segi ekonomi kepada manusia adalah semut serta lebah (Hymenoptera), dan anai-anai (Isoptera). Semut pula merupakan serangga sosial yang paling luas taburan, terbesar dalam bilangan dan menunjukkan diversiti dalam peringkat genus dan spesies yang paling luas di antara serangga sosial (Wilson, 1971).

1.2.3 Kewujudan kasta dalam semut

Kesemua serangga sosial termasuk semut mempunyai pembahagian kepada kasta-kasta di dalam koloni. Oster dan Wilson (1978) menakrifkan kasta serangga sosial sebagai sekumpulan individu yang menjalankan tugas-tugas yang khusus dalam koloni untuk satu masa tertentu. Kehadiran kasta disifatkan sebagai satu mekanisme bertujuan untuk membahagikan tugas-tugas penting seperti pencarian pemakanan, pengangkutan, pertahanan sarang dan pembiakan kepada individu-individu sesuai yang mempunyai adaptasian secara morfologi, fisiologi dan kelakuan untuk tugas-tugas tersebut. Secara umum, kasta-kasta semut boleh dibahagikan kepada dua bentuk, iaitu bentuk reproduktif yang terlibat dalam proses persenyawaan serta penghasilan telur dan bentuk tak reproduktif yang menjalankan kerja-kerja am di dalam dan luar koloni. Kasta reproduktif termasuk kasta jantan dan kasta permaisuri. Bergantung kepada jenis spesies, kasta jantan akan mengawan dengan permaisuri pada musim dan habitat tertentu sebelum permaisuri mula membina sarang untuk pembentukan koloni yang baru. Kasta-kasta tak reproduktif pula merupakan bahagian terbesar dalam koloni semut. Kasta-kasta ini boleh dibahagikan kepada dua bentuk, iaitu

pekerja am dan soldadu. Pada sesetengah spesies, kasta pekerja boleh dibahagikan kepada beberapa peringkat lagi, bergantung kepada saiz, umur dan peranannya.

1.2.4 Pemakanan semut

Boleh diandaikan bahawa sejumlah besar pekerja semut akan menghabiskan masanya di luar sarang mencari dan mengumpul makanan sementara pekerja di dalam sarang pula bertanggungjawab untuk mengagihkan makanan kepada larva dan pekerja yang lain (Holldobler & Wilson, 1990). Semut memakan untuk tujuan umum seperti tumbesaran dan pembiakan. Namun, pemakanan semut adalah unik kerana semut memakan bukan sebagai satu individu tetapi sebagai sebahagian daripada satu koloni kompleks yang besar (Sudd, 1967).

Secara am, semut mempunyai julat pemakanan yang luas. Kebanyakan spesies semut bersifat omnivorus, di mana mereka menunjukkan kombinasi pemakanan melalui pemungutan komponen vegetasi, pemangsaan dan pencarian bangkai. Terdapat juga spesies yang merupakan pemakan primer yang utama dalam persekitaran seperti semut pemotong daun *Atta sp.* yang mengambil biomassa daun yang besar untuk pengkulturan kulat sebagai pemakanan. Spesies pengguna primer lain pula bergantung kepada sap cecair dan bijirin tumbuhan untuk nutrisi mereka. Spesies pengguna sekunder pula biasanya menjadi pemangsa untuk mendapatkan bentuk makanan seperti protein dan lipid. Biasanya, pengguna aras trofik ini mengumpulkan makanan dalam bentuk tak terhadam untuk dibawa balik ke sarang untuk disimpan (Abott, 1978).. Beberapa penyelidik menganggap peranan semut sebagai pemangsa karnivorus dan pebangkai (scavenger) adalah lebih penting daripada peranannya sebagai

pengguna primer (Holldobler & Wilson, 1990; Tobin, 1994). Hampir semua spesies perosak isi rumah adalah pemangsa atau pebangkai dan memakan bangkai serangga dan binatang lain serta sampah sarap buangan manusia (Hedges, 1991).

Keseluruhan proses pemakanan semut boleh dibahagikan kepada beberapa peringkat termasuk:

I. Proses pencarian dan pengesanan

Semut mempunyai deria bau yang kuat di mana sel-sel deria yang padat terdapat pada bahagian antena dan juga pada bulu-bulu toraks dan abdomen. Deria sebegini dapat mengesan ransangan dari molekul organik seperti aldehid, alkana, alkohol, ester, CO_2 dan lain-lain bau dalam kepekatan yang amat rendah (Regnier & Wilson, 1968; Wilson, 1971).

Kebanyakan spesies semut juga menunjukkan sifat berpengakap (scouting) di mana pekerja semut tertentu akan `dilantik' untuk mencari makanan dengan meliputi satu kawasan yang luas. Aktiviti ini boleh melibatkan sebahagian kecil atau sebahagian besar daripada jumlah pekerja sarang; bergantung kepada spesies (Sudd, 1967). Stradling (1978) berpendapat bahawa faktor-faktor persekitaran seperti suhu, kelembapan dan kala-foto boleh mempengaruhi aktiviti pencarian makanan semut. Semut pemotong daun *Atta cephaloides* misalnya didapati keluar mencari makanan pada waktu-waktu berlainan di lokasi berlainan bersesuaian dengan parameter cuaca persekitaran tempat tersebut (Lewis *et al.*, 1973)

II. Proses pengrekrutan massa

Untuk membolehkan pengambilan kuantiti nutrien yang besar bagi memenuhi keperluan koloninya, semut akan menggunakan tenaga kerja yang besar untuk mengangkut makanan kembali ke sarang. Untuk tujuan ini, isyarat tertentu digunakan di mana setiap individu dalam koloni boleh mengeluar,

menerima dan mengenal isyarat tersebut untuk membolehkan aktiviti pengumpulan makanan dijalankan dengan teratur dan seimbang. Ini bermakna semut pengakap yang telah menjumpai sumber makanan harus kembali ke sarang dan memindahkan maklumat berbentuk isyarat ini kepada semut lain. Selain daripada itu, pekerja di dalam sarang juga harus `dirangsang' untuk turut keluar mengambil sumber makanan. Proses sebegini ditakrifkan sebagai pengrekrutan massa ("mass recruitment"), organisasi massa ("mass organization") atau pencarian makanan massa ("mass-foraging") oleh beberapa penyelidik (Sudd, 1957; Wilson, 1961; Jaffe & Howse, 1979).

Kelakuan pengrekrutan semut merupakan satu bidang yang telah banyak mendapat perhatian. Kajian ke atas proses pengrekrutan massa untuk aktiviti pengangkutan makanan untuk beberapa spesies semut pemotong daun (*Atta* sp.) telah dilaporkan (Lewis *et al.*, 1973; Jafee & Howse, 1979; Cosens & Toussaint, 1986). Sudd (1957; 1960) juga telah membuat penyelidikan asas tentang proses pencarian makanan dan pengrekrutan massa pada semut `Pharaoh' (*Monomorium pharaonis*). Penggunaan bahan kimia rembesan oleh pekerja semut api *Solenopsis* sp. sebagai isyarat untuk memimpin pekerja semut ke makanan juga telah dibuktikan oleh Wilson (1961). Kajian tempatan ke atas kelakuan mencari makanan beramai-ramai dalam *Pheidologeton silenus*, spesies semut hutan yang banyak dijumpai di Semenanjung Malaysia dan Kepulauan Borneo juga telah dilaporkan (Moffett, 1988).

III. Proses pengangkutan makanan kembali ke sarang

Biasanya, makanan yang dijumpai di luar sarang akan diangkut ke sarang melalui dua proses, iaitu pengangkutan luaran di mana cebisan makanan diangkut dengan menggunakan struktur mandibel dan pengangkutan dalaman dan pekerja menelan makanan tersebut dan menyimpannya dalam bahagian

tembolok untuk diangkut balik ke sarang. Proses pengangkutan luaran biasanya melibatkan makanan bersaiz besar dan berbentuk pepejal sementara proses pengangkutan dalaman digunakan untuk makanan berbentuk cecair atau separa cecair (Sudd, 1967; Stradling, 1978).

IV. Proses pengagihan dan penyimpanan makanan.

Apabila sampai ke sarang, makanan berbentuk pepejal seperti bahagian tumbuhan, bangkai serangga dan lain-lain biasanya disimpan di dalam sarang untuk kegunaan masa depan. Namun demikian, sejumlah besar daripada makanan ini juga boleh diagihkan kepada peringkat hidup dan kasta berlainan. McMahan (1963) berpendapat bahawa proses penukaran pemakanan di antara individu koloni serangga sosial merupakan mekanisme integrasi yang utama. Perlakuan penukaran dan perkongsian makanan didapati dalam kebanyakan serangga sosial seperti lebah, tebuan, anai-anai dan terutamanya semut (Wilson, 1971). Nutrisi yang diambil dari luar akan diagih kepada berbagai peringkat hidup dan kasta dalam koloni, bergantung kepada keadaan persekitaran luaran dan juga keperluan koloni itu. Wakil-wakil kasta berlainan seperti pekerja dan bentuk seks juga boleh mengubah nutrisi yang diambil untuk pengawalaturan tumbesaran dan penambahan kasta mereka sendiri (Wheeler, 1994).

Pengagihan makanan berbentuk cecair dalam semut merupakan proses digelar trofolaksis ("trophollaxis"). Gejala trofolaksis biasa berlaku dalam semut kerana kebolehan pekerja menyimpan makanan di dalam struktur perut khas iaitu tembolok tanpa penghadaman yang kadangkala juga dianggap sebagai `perut sosial'. Terdapat dua jenis trofolaksis iaitu trofolaksis mulut yang melibatkan regurgitasi ("regurgitation") keluar makanan daripada mulut penderma yang diterima oleh mulut semut penerima sementara trofolaksis dubur

merupakan proses di mana makanan keluar melalui rektum ke bahagian dubur penderma dan diterima oleh penerima.

Walaupun kajian pengagihan dan penyebaran nutrien dalam semut api (*Solenopsis* sp.) telah dibuat, proses pengagihan dan kitaran nutrien spesies-spesies semut yang lain terutamanya spesies perosak isi rumah merupakan proses kompleks yang masih perlu mendapat pemerhatian (Vinson, 1968; Howard & Tschinkel, 1981a; Sorensen *et al.*, 1985).

1.2.5 Semut isi rumah sebagai perosak.

Sifat semut sebagai mahkluk sosial telah memberikan beberapa kelebihan kepadanya untuk berjaya dalam persaingan penaklukan nic habitatnya. Sebilangan spesies semut pula telah menyesuaikan diri kepada persekitaran di mana manusia menetap dan oleh itu, menceroboh kehidupan manusia sebagai serangga perosak. Faktor-faktor seperti kemudahan membina sarang, kehadiran sumber makanan yang banyak, keadaan persekitaran yang tetap dan jarang berubah dan ketiadaan haiwan pemangsa atau penanding lain di struktur-struktur binaan manusia merupakan antara sebab-sebab bagi kehadiran semut sebagai serangga perosak (Olkowski *et al.*, 1991)

Walaupun terdapat jumlah spesies semut yang banyak dalam dunia, hanya sejumlah kecil sahaja yang didapati menjadi perosak isi rumah. Seperti nyamuk, lalat, lipas dan anai-anai, semut isi rumah merupakan perosak yang penting dari segi ekonomi dan peranannya sebagai perosak perumah telah mendapat perhatian di seluruh dunia. Knight dan Rust (1990) telah melaporkan bahawa lebih kurang 20 spesies semut dari 12 genus mendapat perhatian sebagai perosak isi rumah utama di Amerika Syarikat. Di Afrika Selatan, 16 spesies semut daripada lebih dari 600 spesies semut telah dikenalpasti sebagai perosak isi rumah dan tanaman

(Prins *et al.*, 1990). Yap dan Foo (1984) melaporkan bahawa semut mendapat perhatian sebagai perosak isi rumah setaraf dengan nyamuk, lipas dan lalat oleh masyarakat di Pulau Pinang, Malaysia. Tinjauan di Pulau Pinang, Malaysia juga telah menyenaraikan 14 spesies semut yang menjadi perosak bangunan di kawasan bandar, sub-bandar, dan luar bandar (Yap & Lee, 1994). Cornwell (1978) melaporkan bahawa kebanyakan rumah sub-bandar di Britain mengalami masalah infestasi semut. Di sesetengah tempat, semut isi rumah mendatangkan lebih masalah sebagai perosak berbanding dengan perosak lain yang umum seperti lipas (Smith & Lyon, 1989).

1.2.6 Penyebaran spesies semut perosak

Kebanyakan masalah semut sebagai perosak isi rumah berpunca daripada spesies-spesies bukan endemik yang dibawa masuk melalui aktiviti harian manusia seperti perdagangan. Spesies-spesies ini, bila dipindah dengan tidak sengaja ke satu tempat di mana halangan biologi mereka tidak wujud ataupun berkurangan, akan berkembang menjadi perosak yang penting. Semut api (*Solenopsis invicta*) misalnya, yang dibawa dengan tidak sengaja ke benua Amerika Utara telah berkembang menjadi perosak selepas beberapa dekad (Wilson, 1986). Spesies ini tidak merupakan perosak yang umum di tempat asal mereka di Amerika Selatan tetapi menjadi masalah besar di kawasan selatan benua Amerika Utara (Lofgren, 1986). Lewis *et al.* (1976) mendapati bahawa semut hitam gula ("crazy") (*Paratrechina longicornis*) yang dibawa masuk ke Kepulauan Seychelles telah berkembang menjadi semut perosak yang paling penting selepas beberapa tahun. Tinjauan di California pula mendapati spesies-spesies semut bukan endemik yang dibawa dari luar seperti *Monomorium*

pharaonis, *Solenopsis invicta* dan *Iridomyrmex humilis* didapati tertabur dengan luas di kebanyakan kawasan perumahan (Knight & Rust, 1990).

1.2.7 Masalah disebabkan semut perosak isi rumah

Secara umum, semut isi rumah mendatangkan berbagai jenis masalah yang berlainan kepada manusia. Setengah spesies seperti semut 'carpenter' (*Camponotus* sp) mengakibatkan kerosakan di struktur bangunan yang diperbuat kayu dan juga pada pokok-pokok di kawasan pembalakan disebabkan aktiviti pembinaan sarang mereka (Hansen & Akre, 1993). Pekerja semut api (*Solenopsis invicta*) pula gemar berkumpul di sekitar kawasan bermedan elektrik berdekatan alat elektrik aktif dan kegiatan mereka boleh mengakibatkan litar-pintas, kerosakan dawai dan bahan penebat serta kesukaran pengaliran kuasa (Slowik *et al.*, 1996). Vinson dan Mackay (1990) telah melaporkan kerosakan pada berbagai alat elektronik komersial termasuk alat penghawa dingin dan pengawal lampu-trafik lebuhraya akibat infestasi oleh spesies ini. Lewis *et al.* (1976) menyenaraikan masalah akibat kehadiran *Paratrechina longicornis* yang termasuk infestasi bangunan tumpuan manusia seperti hotel dan hospital, kerosakan tanaman, serangan haiwan ternakan dan pengancaman kepupusan beberapa spesies flora dan fauna endemik di Kepulauan Seychelles. Tinjauan juga mendapati bahawa kebanyakan daripada serangga endemik Kepulauan Hawaii telah samada pupus atau dalam keadaan tekanan kepupusan akibat kehadiran beberapa spesies semut yang dibawa masuk dengan tidak sengaja (Reimer *et al.*, 1990). Semut api *S. invicta*, selepas dibawa dengan tidak sengaja oleh manusia dari Amerika Selatan ke kawasan tenggara Amerika Utara didapati menyesarkan tiga spesies semut api lain iaitu *S. richteri*, *S. germinata* dan *S. xyloni* yang menduduki nic yang serupa (Porter *et al.*, 1988).

1.2.8 Semut 'Pharaoh' (*Monomorium pharaonis)* sebagai perosak isi rumah

Semut 'Pharaoh' (*Monomorium pharaonis*) mula-mula dikenalpasti oleh Linnaeus dalam 1758 di Mesir dan ini mungkin memberikan namanya sebagai semut 'Pharaoh' (Thompson, 1990). Spesies ini dipercayai berasal dari kawasan Afrika Utara-Timur Tengah dan pada masa kini telah merebak ke seluruh dunia melalui aktiviti perdagangan dan pengangkutan (Wheeler, 1910; Edwards, 1986a).

M. pharaonis telah dilaporkan sebagai perosak penting di Amerika Syarikat (Knight & Rust, 1990; Thompson, 1990). Smith (1965) menganggapnya sebagai perosak isi rumah yang paling kerap dan boleh dijumpai di semua bandar di Amerika Syarikat. Tinjauan Sudd (1960) mendapati bahawa semut ini merupakan semut isi rumah paling kerap dijumpai di premis penetapan di Nigeria. Reimer *et al.* (1990) juga melaporkan status semut ini sebagai semut perosak isi rumah yang utama di Hawaii. Semut ini juga menjadi perosak isi rumah yang penting di Australia Barat (Van Schagen, 1994). Secara umum, semut ini biasanya lebih dikenali sebagai 'semut merah kecil' atau 'semut gatal' di kalangan masyarakat Malaysia dan merupakan spesies semut perosak isi rumah yang utama di kawasan perbandaran dan sub-bandar di Pulau Pinang (Yap & Lee, 1994).

Salah satu masalah yang sering dibawa oleh semut *M. pharaonis* ialah kecenderungan spesies ini untuk menginfestasi hospital. Eichler (1990) mendapati lima faktor penting yang sering menyebabkan infestasi oleh *M. pharaonis* di hospital iaitu, keadaan persekitaran yang bersih dan tidak berubah sepanjang tahun, kehadiran banyak kawasan bersuhu tinggi untuk mencepatkan tumbesaran peringkat tidak matang, kehadiran berbagai 'bau' yang kuat yang

menarik perhatian pekerja semut dan juga kewujudan makanan yang banyak, Fowler *et al.* (1990) mendapati infestasi *M. pharaonis* merupakan masalah perosak yang sering dialami oleh hospital di Amerika Selatan. Pemerhatian Bueno dan Fowler (1994) mendapati *M. pharaonis* dijumpai di kebanyakan hospital bersama-sama dengan beberapa spesies semut isi rumah perosak yang umum di Brazil dan pengawalannya adalah sukar. Satu tinjauan di Britain pula mendapati 11.6% daripada hospital di situ mengalami masalah infestasi *M. pharaonis* (Edwards & Baker, 1981).

Walaupun *M. pharaonis* bukan merupakan vektor secara langsung untuk mentransmisikan penyakit, namun pekerja spesies ini secara mekanikal mampu mengangkut patogen merbahaya pada permukaan luar badannya. Beatson (1972) mendapati kehadiran beberapa jenis bakteria patogenik seperti *Salmonella, Pseudomonas* dan *Staphylococcus* di badan pekerja *M. pharaonis* yang dikumpul dari persekitaran hospital. Seringkali, semut ini juga didapati cuba masuk ke dalam balutan-balutan dan memakan dari kawasan luka yang teruk dan bernanah pada pesakit yang tinggal di hospital (Eichler, 1990). Bekalan perubatan yang telah disterilkan juga sering dicemari oleh pekerja *M. pharaonis* (Beatson, 1973).

1.2.9 Biologi semut `Pharaoh'

Semut `Pharaoh' mempunyai tiga kasta, dengan kasta permaisuri dan kasta jantan memainkan peranan pembiakan dan satu kasta tak reproduktif iaitu kasta pekerja. Istilah `monomorfik' digunakan untuk kasta pekerja spesies ini yang hanya terdiri daripada satu saiz sahaja, tanpa pembahagian kepada kasta lebih kompleks seperti semut soldaldu. Saiz pekerja dan semut jantan adalah lebih kurang 2 mm, dengan permaisurinya dalam lingkungan 3.5 - 4 mm

(Holldobler & Wilson, 1990). Warna badan pekerja adalah kuning atau jingga muda dengan bahagian abdomen berwarna perang kehitaman.

Jangkamasa hayat bagi seekor pekerja *M. pharaonis* adalah dalam lingkungan 9 - 10 minggu sementara untuk permaisuri, 39 minggu ataupun lebih (Hedges, 1991). Menurut Edwards (1986a), koloni *M. pharaonis* boleh mengandungi beratus-ratus permaisuri, dengan setiap permaisuri melahirkan sehingga 35 telur sehari atau lebih kurang 4,500 telur sepanjang hayatnya. Fekunditi permaisuri juga berubah mengikut umurnya. Di bawah keadaan tropika, inkubasi (pengeraman) telur semut `Pharaoh' mengambil masa 7-8 hari, diikuti peringkat larva selama 18-21 hari dan peringkat pupa yang mengambil masa lebih kurang 9 hari (Edwards, 1986b).

Walaupun mempunyai sayap, kedua-dua kasta permaisuri dan jantan tidak melakukan penerbangan. Pengawanan biasanya dilakukan di dalam sarang. Badan permaisuri dara mempunyai sayap yang akan digugur selepas pengawanan. Ini berbeza dari spesies semut lain seperti semut api (*Solenopsis* sp) di mana semut jantan dan permaisuri akan terbang ke satu tempat dalam jumlah yang besar, diikuti oleh proses pengawanan dan pembinaan sarang. Untuk *M. pharaonis,* koloni baru dibentuk melalui satu proses mudah digelar pertunasan ("budding") di mana sekumpulan kecil semut pekerja akan mengangkat peringkat tak matang ke lokasi baru untuk memulakan koloni yang baru. Kehadiran permaisuri tidak diperlukan untuk proses ini kerana pekerja boleh membentuk peringkat seks daripada peringkat tak matang tadi. Faktor-faktor yang menggalakkan pertunasan termasuk kekurangan air dan makanan, suhu yang ekstrim, kesesakan dan kehadiran tekanan insektisid (Edwards, 1986a).

Boase dan Rupes (1996) mendapati apabila satu kotak kecil bersaiz 100 x 80 x 20 mm diletakkan berdekatan dengan sarang mengandungi koloni *M.*

pharaonis yang sesak, ianya kemudian dimasuki oleh koloni kecil yang terdiri daripada 2 - 4 permaisuri, peringkat tak matang termasuk larva dan pupa serta 150 - 350 pekerja. Vail dan Williams (1994) mendapati peringkat tak matang *M. pharaonis* yang terdiri daripada 30 biji telur, 19 larva dan 3 pupa boleh memulakan satu koloni. Peacock *et al.* (1955) melaporkan bahawa dengan 100 ekor pekerja dan lebih kurang 100 peringkat tak matang (campuran telur, larva dan pupa), satu koloni yang berjaya dan mempunyai potensi untuk terus bertumbuh boleh dibentuk. Fowler *et al.* (1990) mendapati infestasi oleh *M. pharaonis* sering berlaku melalui pemindahan koloni-koloni yang telah bertunas dan berpindah ke kotak yang sering dipindahkan sewaktu aktiviti perdagangan seperti di pasar-gedung, pusat membeli-belah dan pejabat-pejabat.

Semut `Pharaoh' menggemari habitat bersuhu tinggi. Di kawasan temperat, *M. pharaonis* tidak dapat hidup tanpa alat pemanas bangunan. Ini bermakna semut ini banyak dijumpai di bangunan besar seperti pejabat, kilang dan gudang, tempat pemprosesan makanan dan hospital dengan sarangnya berhampiran ruang yang bersuhu tinggi. Short *et al.* (1993) pula melaporkan bahawa di premis perumahan, *M. pharaonis* dijumpai dengan banyak di bahagian rumah yang bersuhu dan berkelembapan tinggi seperti dapur dan ruang tamu. Di kawasan tropika, semut ini lebih bebas membina sarangnya samada di luar atau di dalam struktur bangunan. Tidak seperti sesetengah spesies semut yang membina sarang dengan mengumpulkan tanah dan bahagian dahan dan daun atau menggali lubang pada struktur kayu dan tanah, *M. pharaonis* mengembangkan koloninya secara bebas tanpa sebarang struktur tertentu di kawasan yang terlindung, gelap dan lembap.

Dalam bangunan, sarang *M. pharaonis* biasanya dijumpai di tempat yang sukar dicapai seperti lubang-lubang dinding, retak-retak pada bahagian siling dan

bumbung rumah, dinding, dan lantai yang lembap dan bersuhu tinggi (Vail & Williams, 1994). Semut ini juga didapati bersarang di tempat terlindung seperti celah buku-buku lama, suratkhabar, pakaian lama, almari, pasu bunga dan sampah sarap (Hedges, 1991). Pekerja-pekerja dari sarang yang berlainan juga tidak menunjukkan sifat agresif antara satu sama lain (Edwards, 1986a). Terdapat kes-kes di mana satu struktur bangunan diinfestasi oleh beberapa koloni yang bersarang di bahagian-bahagian berlainan bangunan tersebut (Oi *et al.*, 1994; Vail & Williams, 1994).

M. pharaonis merupakan pengumpul makanan yang aktif dan menunjukkan keupayaan mengambil berbagai jenis makanan. Ini memudahkan pencarian makanan untuk tumbesaran dan pekembangan koloninya. Sifat ini menyebabkan semut 'Pharaoh' menjadi satu masalah di tempat yang bergantung kepada aktiviti pemakanan dan penginapan seperti hotel, restoran dan tempat memproses berbagai jenis makanan. Sudd (1960) mendapati bahawa *M. pharaonis* mencari makanan dengan aktif di waktu siang. Semut pengakap *M. pharaonis* biasanya mencari makanan secara berasingan, samada mengikuti lintasan lama atau membentuk lintasan yang baru. Biasanya terdapat satu lintasan utama berpunca dari sarang di mana kesemua pekerja semut akan menggunakan lintasan ini. Jarak lintasan ini boleh mencapai sehingga 30 - 40 kaki dari sarang. Vail dan Williams (1994) mendapati pekerja semut 'Pharaoh' boleh mencari makanan sehingga jarak 45 m. dari sarangnya. Daripada lintasan utama ini, akan terbentuk lintasan-lintasan bercabang, menuju ke sumber makanan yang berlainan. Edwards (1986a) mendapati pekerja *M. pharaonis* mampu mencari makanan sepanjang hari dan tidak dihalang oleh cuaca panas. Eichler (1990) berpendapat yang semut ini gemarkan permukaan dinding yang bersih untuk memudahkannya mencari arahnya dan bergerak dan ini adalah satu

kemungkinan mengapa semut ini gemar menetap di hospital yang mempunyai keadaan persekitaran yang bersih.

1.2.10 Kaedah-kaedah kawalan semut `Pharaoh'

Walaupun terdapat kajian ke atas keberkesanan organisma seperti kulat (*Beauveria bassiana*), nematod (*Steinernema sp.*) dan protozoa (*Thelohania solenopsis*) dalam kawalan beberapa spesies semut api, namun setakat ini tidak ada laporan tentang kawalan biologi yang efektif ke atas semut `Pharaoh' (Jouvenaz *et al.*, 1990; Patterson & Briano, 1993). Bahan penolak yang biasa digunakan untuk mengurangkan gigitan nyamuk telah dilaporkan berkesan menolak semut api (Vander Meer *et al.*, 1993). Namun, kajian keberkesanan pengunaan bahan penolak ini ke atas *M. pharaonis* belum ada.

Setakat ini, kawalan semut `Pharaoh' banyak bergantung kepada penggunaan insektisid. Kaedah semburan residu digunakan di mana permukaan dinding dan lantai disembur dengan insektisid beresidu supaya pekerja yang merangkak di permukaan terawat akan tersentuh dengan racun dalam dos yang membawa maut (Hedges, 1991). Di antara insektisid yang biasa digunakan untuk kawalan cara ini ialah chlordane, dieldrin dan chlordecone. Namun, penggunaan insektisid hidrokarbon berklorin yang mempunyai kesan residu yang lama telah diharamkan di kebanyakan tempat kerana ancamannya kepada organisma bukan sasaran (Edwards & Clarke, 1978).

Satu masalah yang sering timbul dengan kawalan secara semburan insektisid ialah kegagalan menghapuskan seluruh koloni sasaran. Hedges (1991) menganggarkan hanya 5% daripada koloni semut `Pharaoh' sahaja yang dapat dihapuskan selepas rawatan dengan insektisid. Ini adalah kerana sifat semut *M. pharaonis* yang gemar bersarang di kawasan celahan dan retakan yang

tersembunyi dan tidak tercapai oleh insektisid. Kesan penolakan akibat dari bau insektisid juga menyebabkan pekerja boleh mengelak dari merangkak di atas permukaan yang telah dirawat. Jikalau semut pencari teracun dan tidak kembali ke sarang, lintasan yang dibuatnya itu tidak akan diikuti oleh pekerja lain dan ini menjadi satu tanda amaran yang menghalang peracunan oleh insektisid ke atas seluruh koloni.

Koloni yang mengalami kehilangan sebilangan pekerja akibat keracunan pula boleh menghasilkan kembali jumlah yang sama dalam masa yang singkat disebabkan oleh aktiviti pembiakan yang tinggi. Beberapa penyelidik juga berpendapat bahawa koloni *M. pharaonis* yang telah mengalami kehilangan pekerjanya akan bertindakbalas dengan proses pertunasan di mana sebahagian daripada koloni itu akan berpindah mencari tempat bersarang yang baru dan ini pula akan mengakibatkan penyebaran infestasi yang lebih meluas (Edwards & Clarke, 1978; Vail & Williams, 1995)

1.2.11 Kawalan semut `Pharaoh' dengan umpan beracun

Setakat ini, kaedah kawalan semut `Pharaoh' yang paling berjaya dan digemari adalah dengan pengunaan umpan beracun (Williams & Vail, 1990). Di dalam proses ini, pekerja semut diberikan umpan makanan mengandungi racun tindakan lambat, yang akan di bawa balik ke sarang dan diagih kepada seluruh bahagian koloni itu. Tindakan insektisid sedemikian memastikan sebahagian besar bahagian koloni akan menerima racun tersebut sebelum ianya bertindak.

Terdapat banyak laporan tentang keberkesanan berbagai insektisid yang diguna dalam umpan. Penggunaan stesen umpan beracun dengan hydramethylnon, sejenis racun tindakan lambat, dilaporkan mengakibatkan penurunan sebanyak 94% dalam aktiviti populasi *M. pharaonis* di sekitar

bangunan yang telah diinfestasi (Oi *et al.*, 1994). Short *et al.* (1993) mendapati seluruh koloni *M. pharaonis* termasuk pekerja, peringkat tak matang dan permaisuri dihapuskan dalam jangkamasa 21 hari apabila diberikan umpan mengandungi sulfluramid. Kajian lapangan dengan umpan mengandungi sulfluramid mendapati infestasi ke atas bangunan dapat dikurangkan sehingga 100 % selepas 100 hari (Boase & Rupes, 1996). Asid borik, sejenis racun perut dalam kepekatan 5 % (w/w) didapati membunuh kesemua peringkat tak matang dalam masa lima minggu (Newton & Coombes, 1987).

Beberapa jenis analog hormon juvena juga digunakan dalam umpan untuk kawalan *M. pharaonis*. Edwards dan Clarke (1978) mendapati rawatan dengan methoprene ke atas kawasan infestasi seluas 15,000 m^2 menghapuskan hampir seluruh koloni selepas 18 minggu. Analog hormon lain yang didapati berkesan adalah fenoxycarb dan pyriproxyfen (Williams & Vail, 1990; Vail & Williams, 1995).

Walaupun penggunaan umpan beracun merupakan kaedah utama mengawal semut `Pharaoh', namun terdapat masalah yang timbul akibat daripada perlakuan makanan spesies ini. Keperluan dan perlakuan pemakanan dalam pekerja dan peringkat tak matang *M. pharaonis* yang sentiasa berubah dari masa ke semasa serta peranan mereka dalam pengagihan nutrien harus diberikan lebih perhatian untuk benar-benar memahami pengumpanan. Kesan menggunakan umpan makanan yang berlainan juga belum benar-benar difahami. Edwards dan Abraham (1990) mendapati bahawa semut *M. pharaonis* dalam keadaan makmal mempunyai pilihan dan kegemaran makanan yang berubah-ubah. Justeru itu untuk memperbaiki kaedah kawalan dengan umpan makanan, adalah penting untuk memahami dengan lebih mendalam akan sifat dan kelakuan pemakanan *M. pharaonis*.

1.3 OBJEKTIF KAJIAN

Untuk mengetahui dengan lebih mendalam beberapa aspek kelakuan pemakanan semut `Pharaoh', kajian berbentuk makmal telah dilakukan dengan objektif-objektif yang berikut:

a. Mengkaji perlakuan pengrekrutan massa dalam semut `Pharaoh' dalam makmal pada keadaan-keadaan tertentu seperti kehadiran umpan berlainan kualiti dan tahap kelaparan koloni yang berbeza.

b. Mengkaji proses perkongsian dan pengagihan makanan (trofolaksis) di antara pekerja semut `Pharaoh' pada keadaan-keadaan tertentu seperti pemberian umpan berlainan jenis dan kualiti dan tahap kelaparan yang berbeza.

c. Mengkaji proses pengagihan pemakanan dalam peringkat larva (dari pekerja ke larva dan larva ke larva) semut `Pharaoh' pada keadaan tertentu seperti pemberian umpan dan tahap kelaparan berbeza.

d. Mengkaji struktur morfologi luar peringkat larva *M. pharaonis* untuk melihat pengadaptasian terhadap pemakanan.

2.0 BAHAN DAN KAEDAH

2.1 SERANGGA KAJIAN (KOLONI MAKMAL SEMUT `PHARAOH')

Semua koloni yang digunakan dalam kajian ini berasal dari kultur *M. pharaonis* yang telah wujud semenjak tahun 1995 di Unit Penyelidikan Kawalan Vektor (UPKV). Kultur ini diperkembangkan daripada dua koloni berasingan yang dipungut di tempat pembuangan sampah Jelutong, Pulau Pinang dan juga kotak berisi peralatan komputer di Sg. Dua, Pulau Pinang. Dua koloni ini kemudian diperkembangkan mengikut teknik yang diubahsuai dari Haack dan Vinson (1990).

Koloni semut `Pharaoh' dikultur dalam bekas logam makanan (metal food tray) berukuran 24.0 x 38.0 x 8.0 cm. Satu kotak kayu berukuran 10.0 x 5.0 x 2.0 cm bertudung diletak di dalam bekas logam kultur tersebut. Pekerja *M. pharaonis* akan membentuk sarang di dalam kotak itu. Satu bikar berisi air ditelangkupkan di atas piring petri berdiameter 8.0 cm yang berisi kapas dan diletak dalam bekas logam kultur untuk tujuan pembekalan kelembapan.

Makanan berlainan diberikan kepada kultur setiap selang sehari secara *ad libitum*. Ini termasuk kuning telur masak, larva lalat rumah *Musca domestica*, nyamuk dewasa *Aedes aegypti* dan *Culex quinquefasciatus* yang dibekukan, serta makanan agar buatan makmal yang diubahsuai dari kaedah Bhatkar dan Whitcomb (1970). Untuk penyediaan media agar ini, sebanyak 1.0 mg serbuk agar-agar dimasak dalam 100.0 ml air sehingga mendidih. Sebanyak 50.0 g ekstrak daging (Merck®, Darmstadt, Germany), 50.0 g madu lebah (Capilano®, Diethelm, Malaysia) dan 100.0 ml air dicampurkan bersama dan dikisar selama 3 minit dalam pengisar. Campuran ini kemudiannya dimasukkan dalam larutan

agar mendidih dan dibiarkan menyejuk dalam suhu bilik. Pemberian nutrisi berlainan seperti ini memenuhi keperluan *M. pharaonis* yang mempunyai pilihan makanan yang sentiasa berubah mengikut keperluan koloninya.

Perkembangan koloni dilakukan dengan mengeluarkan semua permaisuri berserta lebih kurang lima ratus pekerja daripada koloni asal untuk dikultur di bekas berasingan. Koloni *M. pharaonis* telah dilaporkan berupaya mengawalatur perkembangan kasta reproduktif dalam koloninya (Edwards, 1986a). Pengawalturan sebegini perlu kerana dalam keadaan tertentu, adalah lebih menguntungkan koloni jika lebih kasta pekerja dihasilkan terutamanya apabila koloni mempunyai kasta reproduktif yang berlebihan. Menurut Edwards (1986b), telur yang dihasilkan oleh permaisuri akan menjadi `petanda' kepada pekerja bahawa permaisurinya masih berfungsi secara optimum dan pekerja hanya perlu membesarkan larva pekerja sahaja dan membunuh larva reproduktif. Kaedah permindahan permaisuri daripada koloni kultur secara langsung akan menyebabkan penghentian penghasilan telur yang kemudiannya akan mengakibatkan semut pekerja mula menjaga dan merawat larva reproduktif untuk penghasilan semula kasta permaisuri.

Permaisuri dan pekerja yang dipisahkan tadi dikultur dengan keadaan dan pemakanan seperti di atas dan dibiarkan berkembang menjadi koloni yang lengkap dengan kehadiran semua kasta. Proses pemisahan ini dilakukan setiap 50 hari, selaras dengan jangkamasa kitar hidup semut *M. pharaonis* dari peringkat telur ke dewasa (Edwards, 1991).

Semua koloni dikultur dalam bilik kultur yang bersuhu 26 $\pm$ 2°C, berkelembapan 72 $\pm$ 5% dan berkala-foto ("photoperiod") 12 jam terang.

2.1.1 Koloni eksperimen

Kajian-kajian makmal ini telah menggunakan koloni eksperimen yang dibentuk dengan proses pemisahan daripada kultur utama. Sejumlah 10 permaisuri, 1.0 gm peringkat tak matang (telur, larva, pupa) dan 1000 pekerja diambil untuk pembentukan koloni eksperimen ini. Pemisahan dilakukan di bawah mikroskop pembedahan dengan menggunakan pin pembedahan.

Koloni-koloni eksperimen ini dibela dalam bekas logam seperti koloni utama. Sebiji piring petri plastik berdiameter 8.0 cm dengan lubang di permukaan sisinya diletakkan terbalik pada hujung bekas logam tersebut. Pekerja *M. pharaonis* akan mengangkat peringkat tak matang dan mengiring permaisurinya ke dalam piring petri ini untuk memulakan sarang di situ. Penggunaan piring petri lutsinar sebegini juga memudahkan pemerhatian atas aktiviti pekerja di dalam sarang sewaktu eksperimen. Pemakanan seharian koloni eksperimen adalah serupa seperti koloni kultur asal kecuali dalam keadaan-keadaan eksperimen tertentu seperti yang dinyatakan. Bacaan-bacaan kesemua eksperimen diambil dalam keadaan makmal kultur seperti di atas dan pada waktu siang hari sahaja.

2.2 KAJIAN KELAKUAN PENGREKRUTAN MASSA (MASS RECRUITMENT) PEKERJA SEMUT `PHARAOH'

2.2.1 Pengrekrutan massa pekerja *M. pharaonis* secara am

Bagi kajian pengrekrutan, koloni eksperimen telah dibiarkan tanpa makanan selama sehari untuk meningkatkan keinginan mencari makanan. Untuk pemerhatian proses pengrekrutan, satu titian ("bridge") yang merupakan jalur kertas putih seluas 1.5 cm dan sepanjang 30.0 cm telah digunakan. Satu hujung jalur ini dilekatkan pada hujung bekas logam kultur bertentangan dengan piring petri tempat semut bersarang. Hujung jalur kertas yang satu lagi di lekat di luar bekas logam kultur, pada satu piring petri yang terletak di atas gelas yang terbalik. Ini membentuk satu lintasan untuk pekerja *M. pharaonis* dari sarangnya menuju ke piring petri terletak di luar bekas logam kultur itu. Satu penanda berupa satu garis lurus merentasi luas jalur kertas telah di lukis sejauh 2.0 cm dari hujung jalur yang terletak di atas piring petri di luar bekas logam kultur. Kaedah lintasan dan penanda ini juga digunakan dalam beberapa kajian pengrekrutan semut (Sudd, 1960; Wilson, 1961; Jaffe & Howse, 1979). Rajah 2.1a dan 2.1b menunjukkan penyediaan kajian ini.

Dalam eksperimen, sejumlah 1.5 ml larutan sukrosa 10 % diletakkan di atas piring petri sebagai umpan untuk menarik perhatian pekerja untuk mengrekrut. Tiga kiraan diambil iaitu :

i. jumlah semut melintasi penanda dari arah sarang ke piring petri mengandungi larutan sukrosa;

ii. jumlah semut melintasi penanda dalam perjalanan kembali dari piring petri menuju ke sarang;

iii. jumlah semut yang sedang memakan umpan larutan sukrosa