

**TABURAN SEMUT DAUN SARAP DI BEBERAPA ALSTITUD KETINGGIAN
DI GUNUNG KINABALU DAN PERBEZAAN KOMUNITI SEMUT
SELEPAS 19 TAHUN**

LEE ZI SHANG

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**DISERTASIINI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT
MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN**

**PROGRAM BIOLOGI PEMULIHARAAN
FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

2015

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

09 AUG 2015

PERPUSTAKAAN
UMS

JUDUL: TABURAN SEMUT DAUN SARAP DI BEBERAPA ALTITUD KETINGGIAN DI GUNUNG KINABALU DAN PERBEZAAN KOMUNITI SEMUT SELEPAS 19 TAHUN

IJAZAH: Sm. Sn (KEP)

SAYA: LEE ZI SHANG
(HURUF BESAR)

SESI PENGAJIAN: 2014/2015

Mengaku membenarkan tesis *(LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

 SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di AKTA RATISIA RASMI 1972)

 TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana Penyelidikan dijalankan)

 TIDAK TERHAD

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

skt
(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat tetap: NO. 10, LORONG JAYA 12,
TAMAN AIR JAYA, 34000 TAIPING,
PERAK

NURULAIN BINTI ISMAIL

LIBRARIAN

Dra. Nurulain
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

KALSUM MOHD YUSRAH

NAMA PENYELIA

Tarikh: 22.6.2015

Tarikh: 22.6.2015

Catatan :-

- * Potong yang tidak berkenaan.
- * Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkaitan dengan menyatakan selali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.
- * Tesis dinaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).

PERPUSTAKAAN UMS



* 1000368644 *



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya akui bahawa karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali segala nukilan, ringkasan dan rujukan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.



LEE ZI SHANG

(BS12110286)

26 JUN 2015



PENGESAHAN

DIPERAKUKAN OLEH

TANDATANGAN

PENYELIA

(DR. KALSUM MOHD. YUSAH)



DR. KALSUM MOHD YUSAH
Penyayarah Kanan
Institut Biologi Tropika dan Pemuliharaan
Universiti Malaysia Sabah



PENGHARGAAN

Pertama sekali, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada penyelia saya, Dr. Kalsum Mohd. Yusah atas bimbingan dan nasihat sepanjang kajian ini dijalankan. Pada masa yang sama, saya juga ingin berterima kasih kepada pemeriksa saya, Dr. Bakthiar atas nasihat dan pandangan untuk penambahbaikan penulisan tesis ini. Saya juga ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Charles S.Vairappan atas kebenaran menjalankan kajian ini.

Selain itu, bantuan yang diberi oleh staf-staf IBTP dalam menyediakan keperluan bahan-bahan kajian serta pengangkutan amat saya hargai. Tidak lupa juga kepada pihak Taman Negara Kinabalu atas kebenaran menjalankan kajian di Gunung Kinabalu dan Poring. Begitu juga kepada Encik Nickson dan Encik Yusli dari Taman Negara Kinabalu yang telah membantu saya sepanjang pensampelan dilakukan.

Tidak lupa juga bantuan daripada rakan-rakan seperjuangan dan Dr. Tom Fayle atas khidmat kepakaran beliau dalam pengecaman beberapa spesimen semut. Sokongan dan galakan daripada ibu bapa dan ahli keluarga dalam menjalankan kajian ini juga amat saya hargai.

Tanpa bantuan semua pihak yang terlibat, kejayaan dalam menyiapkan tesis ini mungkin tidak dapat dicapai. Oleh itu, ribuan terima kasih saya ingin ucapkan sekali kepada semua pihak yang terlibat dalam kajian ini. Jasa tuan-tuan dan puan-puan amat saya hargai.

ABSTRAK

Kepelbagaian semut daun sarap dalam hutan primer yang beraltitud berlainan (560 m, 800 m, 1130 m, 1360 m, 2025 m, 2300 m, 2600 m d.a.l.) di Gunung Kinabalu telah dikaji dengan menggunakan perangkap lubang. Sebanyak 2185 individu semut yang terdiri daripada 137 morfospesies daripada 46 genera dan 10 subfamili telah direkodkan. Indeks kepelbagaian menunjukkan bahawa kawasan rendah (560 m, 800 m, 1130 m, 1360 m) mempunyai kepelbagaian semut yang lebih tinggi berbanding kawasan tinggi (2025 m, 2300 m, 2600 m). Kesamaan dalam komposisi spesies semut antara altitud juga agak rendah ($S_s = 0$ to 0.27) dalam kajian ini. Kepelbagaian semut berkurang secara signifikan dengan peningkatan altitud. Penurunan dalam kepelbagaian semut sama ada dari segi kekayaan spesies ataupun kelimpahan sepanjang altitud ketinggian adalah dipengaruhi oleh altitud. Walaubagaimanapun, ketebalan daun sarap tidak mempengaruhi kepelbagaian semut. Ini boleh dijelaskan dengan suhu yang rendah dan kelembapan yang tinggi pada altitud tinggi. Melalui perbanding data yang dikumpul oleh Brühl *et al.* pada 1999 yang menjalankan kajian pada tempat yang sama, didapati telah berlakunya pemindahan komuniti semut ke altitud yang lebih tinggi selepas 19 tahun. Hasil ini menunjukkan kemungkinan telah berlaku perubahan iklim di Gunung Kinabalu selepas 19 tahun.

Kata Kunci: semut, kepelbagaian, altitud, Gunung Kinabalu, pemindahan spesies

ABSTRACT

ALTITUDINAL DISTRIBUTION OF LEAF LITTER ANTS ON MOUNT KINABALU

Diversity of leaf litter ant in primary rain forest at different altitudes (560 m, 800 m, 1130 m, 1360 m, 2025 m, 2300 m, 2600 m d.a.l.) on Mount Kinabalu were studied by using pitfall traps. A total of 2185 individual of ants which comprised of 137 morphospecies from 46 genera and 10 subfamilies were recorded. The diversity index shows that ant diversity was higher at lower sites (560 m, 800 m, 1130 m, 1360 m) compared to higher sites (2025 m, 2300 m, 2600 m). The similarity in ant species composition between altitudes also was low ($S_s = 0$ to 0.27) in this research. The ant diversity decreased significantly with increasing altitude. Decline in ant diversity whether in term of species richness or abundance along the elevation gradient was influenced by the altitude (GLM: $F = 33.415$, $p < 0.001$) while the leaf litter thickness (GLM: $F = 0.345$, $p = 0.558$) does not give effect to the ant diversity. This can be explained by low temperature and high humidity at the higher altitude. Through compared data collected by Bruhl et al. in 1999 which was made at the same sites, there was a shift of ant communities to higher elevation occurred after 19 years. This result indicates that climate change might be occurring in Mount Kinabalu after 19 years.

Keywords: ants, diversity, altitude, Mount Kinabalu, shift of ant communities

SENARAI KANDUNGAN

	Halaman
TAJUK	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI FOTO	xi
SENARAI SIMBOL	xii
SENARAI SINGKATAN	xiii
SENARAI RUMUS	xiv
SENARAI UNIT	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Justifikasi Kajian	2
1.3 Skop Kajian	3
1.4 Objektif Kajian	3
1.5 Hipotesis	4
BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Pengenalan Kepada Semut	5
2.2 Kepelbagaian Dan Taburan Semut	6
2.2.1 Kepelbagaian Semut Di Dunia	6
2.2.2 Kepelbagaian Semut Di Borneo	7
2.3 Habitat	7
2.4 Faktor Mempengaruhi Taburan Semut	8
2.4.1 Faktor Biotik	8
2.4.2 Faktor Abiotik	8

2.5	Kepentingan Semut	10
2.6	Kesan Perubahan Iklim Terhadap Semut	12
BAB 3	METODOLOGI	13
3.1	Lokasi Kajian	13
3.1.1	Poring	13
3.1.2	Gunung Kinabalu	14
3.2	Kaedah Pensampelan	15
3.2.1	PerangkapLubang	15
3.2.2	Pengasingan	18
3.2.3	Pengecaman	18
3.3	Analisis Data	18
3.3.1	Indeks Kepelbagaian	18
3.3.2	Indeks Kesamaan Sørenson, S_s	20
3.3.3	<i>General Linear Model</i>	20
3.4	Perbandingan Data	21
BAB 4	KEPUTUSAN	22
4.1	Data Keseluruhan	22
4.2	Kepelbagaian Semut Di Gunung Kinabalu	25
4.3	Kesamaan Spesies Antara Altitud ang Berlainan Di Gunung Kinabalu	26
4.4	Kesan Altitud Dan Ketebalan Daun Sarap Terhadap Kekayaan Dan Kelimpahan Semut Di Gunung Kinabalu	26
4.5	Perubahan Komposisi Komuniti Semut Selepas 19 Tahun	29
BAB 5	PERBINCANGAN	32
5.1	Kepelbagaian Semut Di Gunung Kinabalu	32
5.2	Kesan Altitud Dan Ketebalan Daun SarapTerhadap Kekayaan Spesies Dan Kelimpahan Semut	33
5.3	Perubahan Komposisi Komuniti Semut Selepas 19 Tahun	34
BAB 6	KESIMPULAN	36
6.1	Kesimpulan	36
6.2	Cadangan	37
RUJUKAN		38
LAMPIRAN		

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
Jadual 4.1	Bilangan subfamily, genera, morfospesies dan individu semut yang diperangkap pada altitude berlainan	23
Jadual 4.2	Nilai indeks kepelbagaian semut pada altitud berlainan di Gunung Kinabalu	25
Jadual 4.3	Nilau indeks kesamaan Sørenson untuk semua spesies antara altitud di Gunung Kinabalu	26
Jadual 4.4	Kesan altitude dan ketebalan daun sarap terhadap kekayaan spesies semut	27
Jadual 4.5	Kesan altitude dan ketebalan daun sarap terhadap kelimpahan semut	28
Jadual 4.6	Bilangan genera dan morfospesies dalam setiap subfamili semut yang diperangkap di Gunung Kinabalu selepas menggabungkan data daripada kaedah winkler.	30

SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
Rajah 3.1	Lokasi tempat kajian.	14
Rajah 3.2	Reka bentuk pensampelan untuk perangkap lubang di setiap plot pensampelan.	17
Rajah 4.1	Carta peratusan spesies dalam setiap subfamili semut yang diperagkap di Gunung Kinabalu	23
Rajah 4.2	Bilangan individu semut mengikut subfamili pada altitud berlainan di Gunung Kinabalu	24
Rajah 4.3	Hubungan antara altitud dengan kekayaan spesies semut	27
Rajah 4.4	Hubungan antara altitud dengan kelimpahan semut	29
Rajah 4.5	Perbezaan dalam bilangan spesies semut pada altitud berlainan di Gunung Kinabalu pada tahun 1999 dan 2014	31

SENARAI FOTO

No. Foto		Halaman
Foto 3.1	Perangkap dipasang secara barisan dengan jarak 2 m antara satu sama lain.	16
Foto 3.2	Perangkap lubang yang diisi dengan 4% formalin.	16

SENARAI SIMBOL

◦ Darjah

’ Minit

“ Saat

SENARAI SINGKATAN

sp.	Spesies
N	<i>North</i>
E	<i>East</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GIS	<i>Geographic Information System</i>
SPSS	<i>Statistical package for the social sciences</i>
et al.	<i>and others</i>
d.a.l.	dari aras laut

SENARAI RUMUS

No. Rumus		Halaman
Rumus 3.1	Indeks Shannon-Weiner, H'	19
Rumus 3.2	Indeks Simpson, D	19
Rumus 3.3	Indeks Kesamaan Sørenson, S_s	20

SENARAI UNIT

%	Peratus
C	<i>Celsius</i>
m	Meter
cm	Sentimeter
mm	Milimeter
ml	Mililiter
F	Farenheit



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Perubahan iklim merupakan salah satu kesan negatif yang didorong oleh penambahan gas-gas rumah hijau dalam atmosfera. Fenomena ini telah memberikan impak yang jelas kepada biodiversiti dan ekosistem di bumi (Lawler & Mathias, 2007) dan kesannya boleh diketahui dengan mengkaji perubahan yang berlaku dalam taburan spesies ataupun kejadian ekologi (Walther *et al.*, 2002; Parmesan & Yohe, 2003; Pamersan, 2006). Perubahan iklim turut mempengaruhi komponen abiotic seperti suhu, musim, paras laut, kepekatan karbon dioksida dan hujan (Bellard *et al.*, 2012) sama ada secara tempatan ataupun secara global.

Purata suhu global telah naik sebanyak 0.7°C (1.3°F) berbanding abad dahulu dan dijangka akan naik lagi antara 1.1 hingga 6.4°C (2.0 sampai 11.5°F) pada tahun 2100 (*climatism.net*). Peningkatan suhu ini telah menyebabkan kebanyakan spesies yang tidak berupaya berteloransi dengan kepanasan memindahkan habitat mereka ke altitud yang lebih tinggi ataupun latitud yang jauh daripada ekuator (Lawler & Mathias, 2007). Oleh itu, terdapat banyak kajian telah dijalankan untuk mengetahui kesan perubahan iklim terhadap biodiversiti dan kajian-kajian ini biasanya melibatkan flora dan fauna yang sensitif terhadap perubahan dalam suhu (Tewksbury *et al.*, 2008; Condamine *et al.*, 2012). Sebagai contohnya, semut merupakan salah satu fauna yang sering digunakan untuk mengkaji kesan perubahan iklim berdasarkan perubahan dalam taburan mereka.

Semut merupakan fauna yang paling pelbagai dan kaya di dunia ini, terutamanya di kawasan beriklim tropikal (Stork, 1987; 1991). Menurut Fittkau dan

Klinge (1973), sebanyak 30 % daripada jumlah biojisim di hutan hujan tropika adalah disumbang oleh semut. Selain itu, semut turut memainkan beberapa peranan penting dalam ekosistem (Wilson, 1987) seperti agen pengurai, agen penyebaran biji benih, mempercepatkan kitaran nutrien dan sebagainya (Holldobler & Wilson, 1994). Semut mempunyai ciri termofilik (Holldobler & Wilson, 1990; Dunn *et al.*, 2007) di mana diversiti mereka akan semakin berkurang di kawasan yang mempunyai suhu rendah sama ada kawasan yang jauh daripada ekuator (Barnes & Hughes, 1999: 212) ataupun kawasan dengan altitud tinggi (Bruhl *et al.*, 1999). Ciri ini amat penting dalam menentukan taburan semut serta digunakan dalam kajian mengenai perubahan iklim.

Dalam kajian ini, perubahan dalam komuniti semut sepanjang altitud ketinggian di Gunung Kinabalu dikaji. Kajian yang sama juga telah dilakukan oleh dan Bruhl *et al.* (1999) dan Malsch *et al.* (2008) di Gunung Kinabalu dan mendapati hubungan negatif yang monotonik antara komuniti semut dengan altitud ketinggian. Manakala dalam kajian Fisher (1998) di Madagascar, beliau mendapati bahawa kekayaan spesies semut daun sarap adalah tertinggi pada altitud ketinggian pertengahan. Ini menunjukkan terdapat *mid-elevation peaks* dalam kekayaan spesies semut di Madagascar (Fisher, 1998).

1.2 Justifikasi Kajian

Serangga meliputi sebahagian besar daripada biodiversiti di dunia sama ada dari segi kepelbagaian spesies ataupun jisim biologi (McGeoch, 1998). Atas kitaran pergantian yang pendek, kumpulan organisma ini amat sensitif dan akan bertindak balas terhadap perubahan yang berlaku di persekitaran mereka dalam masa yang singkat (Wermelinger *et al.*, 2013). Ciri ini menjadikan mereka sesuai diguna sebagai penunjuk biologi terhadap perubahan yang berlaku dalam ekosistem seperti pencemaran, pemulihan, perubahan dan kemusnahan habitat, perubahan iklim dan sebagainya (McGeoch, 1998). Antara serangga yang biasa diguna sebagai penunjuk biologi dalam kajian termasuklah Odonata, Coleoptera, Hymenoptera dan Lepidoptera (McGeoch, 1998; Wermelinger *et al.*, 2013).

Dalam kajian ini, semut dipilih sebagai sampel disebabkan peranannya sebagai penunjuk biologi yang sensitif terhadap perubahan di persekitaran (Majer, 1983) serta taburannya yang luas (Stork, 1991). Kajian ini dijalankan di kawasan Taman Negara Kinabalu untuk mengkaji perubahan dalam kepelbagaian semut di altitud ketinggian yang berlainan. Selain itu, data yang diperolehi juga boleh diguna untuk menilai sama ada berlakunya pemindahan komuniti semut di kawasan tersebut dengan membandingkan data dengan kajian Bruhl *et al.* (1999) yang telah dilakukan 19 tahun dahulu. Sekiranya terdapat pemindahan komuniti semut ke altitud yang lebih tinggi selepas 19 tahun, maknanya kemungkinan telah berlakunya perubahan iklim di Gunung Kinabalu. Oleh itu, kajian ini amat penting dalam menyediakan maklumat tentang perubahan iklim supaya pendekatan pengurusan pemuliharaan yang sesuai boleh dilakukan.

1.3 Skop Kajian

Skop kajian ini tertumpu kepada kepelbagaian semut di altitud ketinggian yang berlainan di Gunung Kinabalu dengan menggunakan perangkap lubang sebagai teknik pensampelan. Faktor persekitaran yang boleh mempengaruhi kepelbagaian semut iaitu altitud dan ketebalan daun sarap diambil kira dalam kajian ini. Selain itu, data yang dikumpulkan dalam kajian ini juga diguna untuk membuat perbandingan dengan kajian dahulu (Bruhl *et al.*, 1999) untuk mengesan sama ada berlakunya pemindahan komuniti semut selepas 19 tahun.

1.4 Objektif Kajian

Objektif untuk kajian ini adalah:

1. Untuk merekodkan kepelbagaian semut yang terdapat di Gunung Kinabalu.
2. Untuk menilai hubungan antara altitud dan ketebalan daun sarap dengan kekayaan spesies dan kelimpahan semut.
3. Untuk mengkaji sama ada berlakunya pemindahan komuniti semut di Gunung Kinabalu selepas 19 tahun.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam kajian ini adalah kekayaan spesies dan kelimpahan semut dipengaruhi oleh altitud dan bukannya ketebalan daun sarap. Hipotesis yang seterusnya adalah telah berlakunya pemindahan komuniti semut di Gunung Kinabalu selepas 19 tahun.

BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Pengenalan Kepada Semut

Semut adalah organisma yang paling tinggi dengan kepelbagaian spesies dan kekayaan spesies di bumi (Stork, 1987; 1991). Semut terletak di bawah order Hymenoptera dengan famili tunggal iaitu Formicidae (Folgarait, 1998) dan merupakan serangga sosial seperti lebah dan tebuan.

Setiap sarang atau koloni semut mesti dibahagi kepada empat kasta yang terdiri daripada ratu, raja, askar dan pekerja. Ratu adalah semut betina yang fertil serta berkepak manakala raja adalah semut jantan yang fertil (Mohamed, 1997). Pekerja dan askar menduduki sebahagian besar dalam satu kelompok semut di mana kedua-duanya merupakan semut betina yang steril dan tidak bersayap (Mohamed, 1997). Setiap kasta semut ini mempunyai rupa bentuk yang berbeza dan memainkan peranan masing-masing dalam kelompak mereka. Askar biasanya mempunyai mandible yang membesar dan bersaiz badan lebih besar daripada pekerja atas peranannya dalam mempertahankan sarang mereka (Mohamed, 1997; Wilson, 2003). Selain itu, terdapat juga sesetengah spesies semut di mana askarnya berkepala besar (Mohamed, 1997). Sebagai contohnya, *Pheidole major workers* (Wilson, 2003). Askar turut berperanan sebagai pencari makanan (Mohamed, 1997). Pekerja pula berperanan dalam menjaga sarang serta mengangkut makanan (Mohamed, 1997; Wilson, 2003). Ratu dan raja pula berperanan sebagai kasta reproduktif dalam mengawan dan bertelur (Mohamed, 1997). Setiap sarang atau koloni baru dimulakan dengan satu ratu sahaja. Oleh itu, hanya terdapat satu ratu sahaja dalam setiap sarang atau koloni semut.

2.2 Kepelbagaian Dan Taburan Semut

Semut merupakan salah satu kumpulan serangga yang telah berkembang dengan berjaya semasa *Cretaceous* (Folgarait, 1998) dan terus hidup hingga hari ini. Mereka boleh didapati di apa-apa jenis habitat dari *Arctic Circle* hingga ke Ekuator (Brian, 1978) di mana kepelbagaian dan kekayaan semut semakin meningkat apabila berdekat dengan Ekuator (Fowler & Claver, 1991). Selain daripada latitud, kepelbagaian dan kekayaan semut di sesuatu kawasan turut boleh dipengaruhi oleh altitud dan kekeringan (Samson *et al.*, 1997; Fowler & Claver, 1991).

2.2.1 Kepelbagaian Dan Taburan Semut Di Dunia

Di dunia, terdapat sebanyak 12,500 spesies semut dari 307 genera dan 21 subfamili telah dikenalpasti (Guenard, 2013). Antara subfamili ini, terdapat beberapa subfamili yang hanya terdiri daripada spesies endemik menyebabkan subfamili tersebut menjadi subfamili yang endemik kepada kawasan atau negara tertentu sahaja (Mohamed, 2002). Sebagai contohnya, semut subfamili Ecitoninae yang mempunyai lima genera hanya boleh didapati di Amerika Selatan manakala semut subfamili Leptanilloidinae hanya boleh didapati di *New World tropics* (Mohamed, 2002).

Kepelbagaian semut didapati tinggi di kawasan beriklim tropika (Stork, 1987; Holldobler & Wilson, 1990). Menurut Bolton (1994), kekayaan semut mengikut genera semakin berkurang mengikut urutan dari IndoAustralian, Neotropical, Oriental, Australia, Afrika, Palearctic, Nearctic dan Malaysia. Dalam kawasan ini, Neotropical dan Afrika mempunyai genera endemik yang paling banyak manakala Nearctic dan Oriental mempunyai genera endemik yang paling kurang (Bolton, 1994). Kajian daripada Holldobler dan Wilson (1990) dan Groombridge (1992) telah merekodkan kepelbagaian semut di beberapa kawasan di dunia. Sebagai contohnya, di Afrika (*sub-saharan*), terdapat 2500 spesies semut telah dijumpai manakala di Asia terdapat 2080 spesies semut telah dijumpai (Holldobler & Wilson, 1990; Groombridge, 1992).

2.2.2 Kepelbagaian Dan Taburan Semut Di Malaysia

Di Malaysia, terdapat sebanyak 10 subfamili semut telah dikenal pasti antaranya termasuklah subfamili Amblyoponiane, Ectatomminae, Proceratiinae, Ponerinae, Dorylinae, Pseudomyrmecinae, Myrmecinae, Leptanillinae, Dolichoderinae dan Formicinae (antbase.net). Antara subfamili ini, semut subfamili Myrmicinae merupakan kumpulan semut yang terbesar sama seperti di seluruh dunia (Mohamed, 2002). Semut subfamili Dorylinae pula merupakan kumpulan semut yang terkecil di Malaysia (Mohamed, 2002). Sementara itu, semut subfamili Ponerinae merupakan kumpulan semut yang paling primitif manakala semut subfamili Formicinae merupakan kumpulan semut yang paling maju di Malaysia (Mohamed, 2002).

Di Borneo, terdapat 717 spesies semut dari 97 genera dan 12 subfamili telah diidentifikasi (Pfeiffer *et al.*, 2011). Menurut Mohamed (2002), terdapat beberapa genera semut seperti *Bredmatomyrma*, *Epelysidris*, *Ishakidris*, *Loweriella*, *Secostruma*, *Tetheamyrma* adalah spesies endemik yang berkemungkinan hanya boleh didapati di Borneo. Diversiti semut yang tinggi di Borneo adalah disebabkan Borneo mempunyai hutan hujan tropika yang luas serta kaya dengan pelbagai jenis flora (Mohamed, 2002).

2.3 Habitat

Semut boleh tinggal dan bersarang di pelbagai jenis habitat sama ada di atas kanopi pokok ataupun di bawah tanah. Selain itu, terdapat juga semut yang bersarang di pokok sama ada lubang pada batang pokok atau dalam batang pokok. Spesies semut yang berbeza bersarang di habitat yang berlainan dan ciri habitat semut boleh digunakan untuk membezakan semut kepada semut daun sarap dan semut kanopi. Sebagai contohnya, semut *Polyrhachis* sp. merupakan semut kanopi yang tinggal di kanopi pokok manakala semut *Diacamma rugosum* merupakan semut yang tinggal di dalam tanah (Mohamed, 1997).

2.4 Faktor Mempengaruhi Taburan Semut

2.4.1 Faktor Biotik

Faktor biotik merujuk kepada organisme hidup dalam sesuatu ekosistem. Faktor ini boleh dibahagi kepada tiga kumpulan utama iaitu tumbuh-tumbuhan, haiwan dan bakteria. Antara faktor-faktor ini, tumbuh-tumbuhan merupakan faktor biotik yang paling signifikan dalam mempengaruhi taburan semut atas hubungan mutualistik yang kuat antara dua organisme ini (Bronstein, 1998).

Menurut Stork (1991), tumbuh-tumbuhan terutamanya pokok-pokok berkanopi membekalkan habitat serta sumber makanan seperti nektar kepada pelbagai kumpulan serangga dan kebanyakan habitat ini didominasi oleh semut. Sebagai balasan, semut mempertahankan tumbuh-tumbuhan perumahannya daripada herbivor (Bentley, 1977) dan organisme lain seperti serangga perosak (Whittaker & Warrington, 1985).

2.4.2 Faktor Abiotik

Faktor abiotik merujuk kepada komponen tidak bernyawa dalam sesuatu ekosistem. Misalnya, suhu, kelembapan, altitud, cahaya, hujan dan sebagainya. Faktor abiotik mempengaruhi taburan semut dengan lebih berkesan berbanding dengan faktor biotik. Taburan semut biasanya dipengaruhi oleh suhu, curah hujan, kelembapan, altitud dan juga daun sarap.

Kawasan bersuhu tinggi biasanya mempunyai taburan semut yang lebih tinggi berbanding dengan kawasan bersuhu rendah. Ini disebabkan semut adalah serangga termofilik yang lebih aktif pada suhu tinggi (Holldobler & Wilson, 1990; Dunn *et al.*, 2007). Menurut Wehner *et al.* (1992), terdapat sejenis semut, *Cataglyphis* yang tinggal di gurun Sahara berkebolehan untuk mencari makanan dalam keadaan suhu badan melebihi 50°C serta suhu persekitaran 70°C. Suhu persekitaran yang terlalu rendah menghadkan pengembangan semut dari telur ke dewasa (Abril *et al.*, 2008) serta aktiviti mencari makanan (Jayatilaka *et al.*, 2011), seterusnya mengurangkan taburan semut.

Rujukan

- Abril S, Oliveras, J. & Gomez, C. 2008. Effect of temperature on the oviposition rate of Argentine ant queens (*Linepithema humile* Mayr) under monogynous and polygynous experimental conditions. *Journal of Insect Physiology*. **54**: 265-272.
- Andersen, A.N. & Morrison, S.C. 1998. Myrmecochory in Australia's seasonal tropics: effects of disturbance on distance dispersal. *Australian Journal of Ecology*. **23**: 483-91.
- Andersen, A.N. 1990. The use of ant communities to evaluate change in Australian terrestrial ecosystems: a review and a recipe. *Proc. Ecol. Soc. Aust.* **16**: 347-57.
- Anser, G.P., Anderson, C.B., Martin, R.E, Knapp, D.E., Tupayachi, R., Sinca, F. & Malhi, Y. 2014. Landscape-scale changes in forest structure and functional traits along an Andes-to-Amazon elevation gradient. *Biogeosciences*. **11**: 843-856.
- Antbase.net. 2015. *Ants of Southeast Asia*. At: <http://www.antbase.net/>. Accessed on 20 Oktober 2014
- Barnes, R.S.K. & Hughes, R.N. 1999. *An Introduction to Marine Ecology*. Australia, Blackwell Publishing company. Pp. 212.
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. & Courchamp, F. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*. **15**: 365-377.
- Bentley, B.L. 1977. Extrafloral nectaries and protection by pugnacious bodyguards. *Annual Review of Ecology and Systematics*. **8**: 407-428.
- Bolton, B. 1994. *Identification Guide to the ant Genera of the World*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Bolton, B. 1995. *A new general catalogue of the ants of the world*. Harvard University Press, Cambridge, MA. Pp. 504.

Brian, M.V. 1978. *Production Ecology of Ants and Termites*. IBP 13, Cambridge, UK, Cambridge University Press.

Bronstein, J.L. 1998. The contribution of ant plant protection studies to our understanding of mutualism. *Biotropica*. **30**: 150-161.

Brown, W.L. 1973. A comparison of the Hylean and Congo-West African rain forest ant faunas. In Meggers, B.J., Ayensu, E.S. & Duckworth, W.D. (eds). Tropical forest ecosystems in Africa and South America: A comparative review, pp. 161-185. Washington: Smithsonian Institution Press.

Bruhl, C.A., Mohamed, M. & Linsenmair, K.E. 1999. Altitudinal Distribution of Leaf Litter Ants Along a Transect in Primary Forests on Mount Kinabalu, Sabah, Malaysia. *Journal of Tropical Ecology*. **15** (3): 265-277.

Chen, I-C., Hill, J.K., Ohlemuller, R., Roy, D.B. & Thomas, C.D. 2011. Rapid Range Shifts of Species Associated with High Levels of Climate Warming. *Science*. **333**: 1024-1026.

Collins, N.M. 1980. The distribution of soil macrofauna on the west ridge of Gunung Mulu. *Oecologia*. **44**: 263-275.

Condamine, F.L., Sperling, F.A.H., Wahlberg, N., Rasplus, J.Y. & Kerfoot, G.J. 2012. What causes latitudinal gradients in species diversity? Evolutionary processes and ecological constraints on swallowtail biodiversity. *Ecology Letters*. **15** (3): 267-277.

Delsinne, T., Arias-Penna, T. & Leponce, M. 2013. Effect of rainfall exclusion on ant assemblages in montane rainforests of Ecuador. *Basic and Applied Ecology*. **14**: 357-365.

Dunn, R.R., Parker, C.R. & Sanders, N.J. 2007. Temporal patterns of biodiversity: assessing the biotic and abiotic controls on ant assemblages. *Biological Journal of the Linnean Society*. **91**: 191-201.

Ellison, A.M. 2012. Out of OZ: opportunities and challenges for using ants (Hymenoptera: Formicidae) as biological indicators in north-temperate cold biomes. *Myrmecological News*. **17**: 105-119.

Fayle, T. M., Yusah, K. M. & Hashimoto, Y. t. th. Key to the Ant Genera of Borneo in English and Malay.

Fiala, B. & Linsenmair, K.E. 1995. Distribution and abundance of plants with extrafloral nectaries in the woody flora of a lowland primary forest in Malaysia. *Biodiversity and Conservation*. **4**: 165-182.

Fisher, B.L. 1998. Ant diversity patterns along an elevational gradient in the Reserve Speciale d'Anjanajaribe-Sud and on the Western Masoala Peninsula, Madagascar. *Fieldiana Zoology*. **94**: 129-147.

Fisher, B.L. 2010. Biogeography. In Lach, L., Parr, C.L. & Abbott, K.L. (eds). *Ant Ecology*, pp. 18-31. Oxford: Oxford University Press.

Fittkau, E. J. & Klinge, H. 1973. On biomass and tropic structure of the Central Amazonian rain forest ecosystem. *Biotropica*. **5**:2-14.

Folgarait, P.J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation*. **7**:1221-1244.

Fowler, H.G. and Claver, S. 1991. Leaf-cutter ant assemblies: effects of latitude, vegetation, and behaviour. In *Ant-plant interactions* (C.R. Huxley and D.F. Cutler, eds.) pp. 51-59. New York, Oxford University Press.

Gordon, D.M., Dektar, K.N. & Pinter-Wollman, N. 2013. Harvester Ant Colony Variation in Foraging Activity and Response to Humidity. *PLOS ONE*. **8** (5): e63363.

Goreham, S. 2014. *Facts About Global Warming*. At: <http://www.climatism.net/facts-about-global-warming/>. Accessed on 30 Oktober 2014.

Gotwald, W. H. 1986. The beneficial economic role of ants. In Vinson, S.B. (ed). *Economic Impact and Control of Social Insects*, pp. 290-313. New York: Praeger.

Greenslade, P.J.M. & Greenslade, P. 1984. Invertebrates and environmental assessment. *Environ Planning*. **3**: 13-5.

Groombridge, B. 1992 *Global Biodiversity. Status of the Earth's Living Resources*. London: Chapman and Hall.

Guenard, B. 2013. *An Overview of the Species and Ecological Diversity of Ants*. Encyclopedia of Life Sciences. Chichester, John Wiley & Sons Ltd.

Guitian, P., Medrano, M. & Guitian, J. 2003. Seed dispersal in *Erythronium denscanis* L. (Liliaceae): variation among habitats in a myrmecochorous plant. *Plant Ecology*. **169**: 171–7.

Heithaus, E.R. & Humes, M. 2003. Variation in communities of seed-dispersing ants in habitats with different disturbance in Knox County, Ohio. *Ohio Journal of Science*. **103**: 89–97.

Heller, N.E., Sanders, N.J., Shors, J.W. & Gordon, D.M. 2007. Rainfall facilitates the spread, and time alters the impact, of the invasive Argentine ant. *Oecologia*.

Holldobler, B. & Wilson, E.O. 1990. *The Ants*. Harvard University Press, Cambridge, MA. Pp.733.

Holldobler, B. & Wilson, E.O. 1994. *Journey to the ants: a story of scientific exploration*. Harvard University Press, Cambridge.

Jayatilaka, P., Narendra, A., Reid, S.F., Cooper, P. & Zeil, J. 2011. Different effects of temperature on foraging activity schedules in sympatric *Myrmecia* ants. *The Journal of Experimental Biology*. **214**: 2730-2738.

Jones, C.G., Lawton, J.H. & Shachak, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*. **69**: 373-386.

Kaspari, M., O'Donnell, S. & Kercher, J.R. 2000. Energy, density, and constraints to species richness: ant assemblages along a productivity gradient. *The American Naturalist*. **155**: 280-293.

King, J.R., Andersen, A.N. & Cutter, A.D. 1998. Ants as bioindicators of habitat disturbance: validation of the functional group model for Australia's humid tropics. *Biodiversity and Conservation*. **7**: 1627-1638.

Kitayama, K. & Aiba, S.I. 2002. Ecosystem structure and productivity of tropical rain forests along altitudinal gradients with contrasting soil phosphorus pools on Mount Kinabalu, Borneo. *Journal of Ecology*. **90**: 37-51.

Kitayama, K. 1992. An altitudinal transect study of the vegetation on Mount Kinabalu. *Vegetatio.* **102**: 149–171.

Kwon, T.S. 2014. Change of ant faun in the Gwangneung forest: Test on influence of climatic warming. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity.* **7**: 219-224.

Lawler, J.J & Mathias, M. 2007. *Climate Change and the Future of Biodiversity in Washington*, Report prepared for the Washington Biodiversity Council.

Lieberman, D., Lieberman, M., Peralta, R. & Hartshorn, G. S. 1996. Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *J. Ecol.* **84**: 137–152.

Longino, J.T., Branstritter, M.G. & Colwell, R.K. 2014. How Ants Drop Out: Ant Abundance on Tropical Mountains. *PLOS ONE.* **9** (8): e104030.

Majer, J.D. 1983. Ants: bio-indicators of minesite rehabilitation, land-use, and land conservation. *Eng. Manage.* **7**: 375-85.

Makmal GIS, Institut Biologi Tropika dan Pemuliharaan, 2014. Peta Sabah. 1:50.

Malsch, A.K.F., Fiala, B., Maschwitz, U., Mohamed, M., Nais, J. & Linsenmair, K.E. 2008. An analysis of declining ant species richness with increasing elevation at Mount Kinabalu, Sabah, Borneo. *Asian Myrmecology.* **2**: 33-49.

McGeoch, M. A. 1998. The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society.* **73** (2): 181–201.

Mezger, D. & Pfeiffer, M. 2011. Partitioning the impact of abiotic factors and spatial patterns on species richness and community structure of ground ant assemblages in four Bornean Rainforests. *Ecography.* **34**: 39-48.

Mohamed, M. 1997. *Siri haiwan di persekitaran kita*. Percetakan Dewan Bahasa dan Pustaka, Malaysia.

Mohamed, M., Azizah, H. & Arbain, K. 1996. Terrestrial ants (Hymenoptera: Formicidae) of Poring, Kinabalu Park, Sabah. In Edwards, D.S., Booth, W.E. & Choy, S.C. (eds). *Tropical rainforest research – current issues*, pp. 117-123. London: Kluwer Academic Publishers.

Mohamed, M. 2002. Identification Guide To The Ant Subfamily Of Borneo. *Introductory Course to Entomology*.

Ness, J.H. 2004. Forest edges and fire ants alter the seed shadow of an ant-dispersed plant. *Oecologia*. **138**: 448–54.

Oliveira, P.S. & Brandao, C.R.F. 1991. The ant community associated with extrafloral nectaries in the Brazilian cerrados. In Huxley, C.R. & Cutler, D.F. (eds). *Ant-plant Interactions*. pp. 198-211. New York: Oxford University Press.

Paolucci, L.N., Solar, R.R.C. & Schoereder, J.H. 2010. Litter and associated ant fauna recovery dynamics after a complete clearance. *Sociobiology*. **55**: 133-144.

Parmesan, C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. **37**:637-669.

Parmesan, C., & Yohe, G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*. **421**:37-42.

Perfecto, I. & Castilleiras, A. 1998. Deployment of the predaceous ants and their conservation in agroecosystems. In Barbosa, P. (ed). Conservation Biological Control, pp. 269-289. Washington: Academic Press.

Philpott, S.M. & Armbrecht , I. 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology*. **31**: 369 – 377.

Pfeiffer, M., Mezger, D., Hosoihi, S., Yahya, B.E. & Kohout, R.J. 2011. The Formicidae of Borneo (Insecta: Hymenoptera): a preliminary species list. *Asian Myrmecology*. **4**: 9-58.

Rojas, P. & Fragoso, C. 2000. Composition, diversity, and distribution of a Chihuahuan desert ant community (Mapimi, Mexico). *Journal of Arid Environments*. **44** (2): 213– 227.

Samson, D.A., Rickart, E.A. and Gonzales, P.C. 1997 Ant diversity and abundance along an elevational gradient in the Philippines. *Biotropica*. **29**: 349-363.

Sayer, E.J., Sutcliffe, L.M.E, Ross, R.I.C. & Tanner, E.V.J. 2010. Arthropod abundance and diversity in a Lowland Tropical Forest loor in Panama: The role of habitat space vs. nutrient concentrations. *Biotropica*. **42**: 194-200.

Silman, M. R. 2006. Plant species diversity in Amazonian forests. In Bush, M. & Flenly, J. (eds). *Tropical rain forest responses to climate change*. London: Springer-Praxis.

Stork, N.E. 1987. Guild structure of arthropod fauna of Bornean lowland rain forest trees. *Ecol. Entomol.* **12**: 69-80.

Stork, N.E. 1991. The composition of arthropod fauna of Bornean lowland rain forest trees. *J. Trop. Ecol.* **7**:61-180.

Stork, N.E. 1996. Tropical forest dynamics: the faunal components. In Edwards, D.S., Booth, W.E. & Choy, S.C. (eds). *Tropical Rainforest Research - Current Issues*, pp. 1-20. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Tewksbury, J.J., Huey, R.B. & Deutsch, C.A. 2008. Putting the heat on tropical animals. *Science*. **320**: 1296-1297.

The California Academy and Sciences. 2014. *Borneo ants*. At: <http://www.antweb.org/taxonomicPage.do?rank=genus&project=borneoants&images=true/>. Accessed on 20 Oktober 2014.

Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J.C., Fromentin, J.M., Guldborg, O.H. & Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*. **416**:389-395.

Warren, R.J., McAfee, P. & Bahn, V. 2011b. Ecological differentiation among key plant mutualists from a cryptic ant guild. *Insectes Sociaux*. **58**: 505-512.

Warren II, R.J. & Chick, L. 2013. Upward ant distribution shift corresponds with minimum, not maximum, temperature tolerance. *Global Change Biology*. **19** (7): 2082-2088.

Way, M. & Khoo, K.C. 1992. Role of ants in pest management. *Annual Review of Entomology*. **37**: 479-503.

Wehner, R., Marsh, A. C. & Wehner, S. 1992. Desert ants on a thermal tightrope. *Nature*. **357**: 586-587.

Wenninger, E.J. & Inouye, R.S. 2008. Insect community response to plant diversity and productivity in a sagebrush-steppe ecosystem. *Journal of Arid Environments*. **72** (1): 24–33.

Wermelinger, B., Lachat, T., & Muller, J. 2013. Forest insects and their habitat requirements. In Kraus, D. & Krumm, F. (eds.). *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity*, pp. 152–157. Germany: European Forest Institut.

Whittaker, J.B. & Warrington, S. 1985. An experimental field study of different levels of insect herbivory induced by predation on sycamore (*Acer pseudoplatanus*) III. Effects on tree growth. *Journal of Applied Ecology*. **22**: 797-811.

Wilson, E.O 1987. Causes of ecological success: The case of the ants. *Journal of Animal Ecology*. **56**: 1-9.

Wilson, E.O. 2003. *Pheidole in the New World: a dominant, hyperdiverse ant genus*. Cambridge, Harvard University Press.

Yusah, K. M., Turner, E. C., Yahya, B. E. & Fayle, T. M. 2012. An elevational gradient in litter-dwelling ant communities in Imbak Canyon, Sabah, Malaysia. *Journal of Tropical Biology and Conservation*. **9**: 192-199.