

PERBANDINGAN SPESIES ANAI-ANAI DI ANTARA HUTAN
PRIMER DENGAN LADANG KELAPA SAWIT YANG
BERDEKATAN DI REZAB HIDUPAN LIAR TABIN, LAHAD
DATU, SABAH

AU CHEE HOE

DISERTASI INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI
IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM BIOLOGI PEMULIHARAAN
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2008



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Perbandingan Spesies Anai-anai Di Antara Hutan Primer Dengan Ladang Kepala Sawit Yang Berdekatan Di Rezab Hidupan Liar, Lahad Datu, Sabah
 IJAZAH: Sarjana Muda dengan Kejurian (Biologi Pemuliharaan)

SAYA AU CHEE HOE SESI PENGAJIAN: 05/06
 (HURUF BESAR)

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

1. Tesis adalah hakmilik 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 institutsi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

SULIT

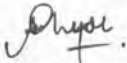
(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

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

TIDAK TERHAD

Disahkan Oleh



(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: A-3F, Jln Barn,
Taman Tacik Emas, 81900
Kempas, Perak

Nama Penyelia

Tarikh: 18/05/2008

Tarikh: _____

CATATAN:- *Potong yang tidak berkenaan.

**Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa /organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

@Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENAKUAN

Saya akui bahawa karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

13/05/2008

Tarikh

Au Chee Hoe

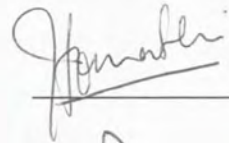
Au Chee Hoe
HS2005-2443



PENGESAHAN

Tandatangan

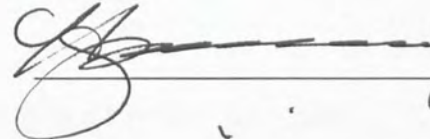
PENYELIA
Dr.Homathevi Rahman



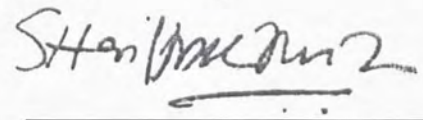
PEMERIKSA 1
Dr.Bakhtiar Effendi Yahya



PEMERIKSA 2
Dr.Henry Bernard



DEKAN
SUPT. (K) Prof Madya Dr. Shariff A.K.
Omang, ADK





PENGHARGAAN

Yang amat saya hormati, Dr. Homathevi Rahman selaku penyelia, setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih di atas segala tunjuk ajar, galakan, bimbingan, kerjasama dan segala pertolongan yang diberikan sepanjang penyelidikan dan penulisan tesis ini.

Kepada semua pensyarah UMS terutamanya dari Institut Biologi Tropika dan Pemuliharaan, ribuan terima kasih di atas segala ilmu dan bimbingan yang telah diberikan selama tiga tahun pengajian di kampus ini.

Kepada En. Nordin, Kak Doreen dan para pembantu makmal botani serta para pemandu, terima kasih atas segala pertolongan yang telah diberikan.

Rakaman penghargaan ini juga ditujukan kepada Jabatan Perhutanan Sandakan dan Jabatan Hidupan Liar Sabah yang telah memberikan kebenaran untuk menjalankan kajian di Hutan Rezab Hidupan Liar Tabin, terutamanya kepada En. David, En. Justine dan En. Herman.

Terima kasih juga diucapkan kepada pihak Ladang Permai (ladang kelapa sawit), terutamanya kepada Tuan Khalid yang telah memberikan kemudahan pengangkutan dan pembantu lapangan semasa di kawasan ladang.

Buat keluarga tersayang, ayah dan ibu, adik, Poh Yei, ribuan terima kasih di atas segala pengorbanan, kasih sayang, doa, bantuan dan didikan serta dorongan yang telah diberikan.

Akhir sekali, terima kasih kepada semua rakan-rakan seperjuangan, khususnya Wong. Tidak dilupakan juga saudara Robin Lim, Lim, Man Kee dan saudari Lee Min Yee yang telah banyak membantu dalam melakukan kerjalapangan projek ini.



ABSTRAK

Satu tinjauan fauna anai-anai telah dijalankan di hutan primer, ladang kelapa sawit muda (≤ 5 tahun) dan ladang kelapa sawit tua (≥ 10 tahun) (Ladang Permai) Lahad Datu, Sabah dari bulan Oktober 2007 sehingga November 2007. Objektif kajian ini adalah untuk menentukan kepelbagaian anai-anai di Hutan Rezab Hidupan Liar Tabin, membandingkan kepelbagaian anai-anai antara hutan primer dengan ladang kelapa sawit, dan menentukan pengaruh factor persekitaran terhadap kepelbagaian anai-anai. Persampelan anai-anai dilakukan menggunakan kaedah transek piawai 100m x 2m. Tiga transek piawai telah didirikan di setiap kawasan kajian. Sejumlah 23 spesies anai-anai telah direkodkan dalam kajian ini. Daripada jumlah tersebut, sejumlah 20 spesies dikumpulkan dari Hutan Rezab Hidupan Liar Tabin, dua spesies dari ladang kelapa sawit muda dan 10 spesies dari ladang kelapa sawit tua. Spesies anai-anai yang direkodkan adalah terdiri daripada dua famili iaitu Rhinotermitidae dan Termitidae. Hutan primer menunjukkan kekerapan yang tinggi bagi kedua-dua famili ini manakala ladang kelapa sawit tua mempunyai bilangan Rhinotermitidae yang terendah. Indeks kepelbagaian Shannon-Weiner dan ujian Kruskal-Wallis menunjukkan bahawa kepelbagaian anai-anai di ketiga-tiga lokasi kajian mempunyai perbezaan yang bererti ($p \leq 0.05$). Kumpulan taksonomi dan pemakanan anai-anai juga berbeza antara ketiga-tiga lokasi kajian. Tiga kumpulan pemakanan anai-anai ditemui di hutan primer dan ladang kelapa sawit tua. Ladang kelapa sawit muda hanya mempunyai pemakan kayu. Hasil kajian juga menunjukkan kepelbagaian spesies yang ditemui tidak mempunyai hubungan langsung yang bererti ($p \geq 0.05$) dengan pembolehubah persekitaran iaitu pH tanah, intensity cahaya, dan ketebalan sarap hutan di hutan primer manakala pH tanah dan ketebalan sarap mempunyai hubungan bererti dengan kepelbagaian spesies anai-anai di ladang kelapa sawit. Penukaran hutan primer kepada ladang kelapa sawit meningkatkan tahap intensity cahaya, keasidan (pH) tanah, ketebalan sarap hutan secara relatif, dan juga mengurangkan bekalan nutrisi (nutrisi tanah dan kayu mati). Ini menunjukkan bahawa penukaran habitat hutan primer kepada ladang kelapa sawit akan menurunkan kepelbagaian anai-anai.



ABSTRACT

A study of termite diversity was carried out from October 2007 to November 2007 at primary forest, young palm oil (≤ 5 years) and old palm oil plantation (≥ 10 years) in Lahad Datu, Sabah. The objectives of this study were to determine the termite diversity in Tabin Wildlife Reserve, to compare the termite diversity between primary forest and palm oil plantation, and also to determine how forest changes affect termite diversity. Standardized transect (100m x 2m) method was used for termite sampling. Three standardized transects were conducted on each sites. A total of 23 termite species were encountered in this study. There were 20 termite species encountered in primary forest, two species in young palm oil plantation and 10 species in old palm oil plantation. The termite species recorded are from family Rhinotermitidae and family Termitidae. Species of family Rhinotermitidae and Termitidae had high abundance in the primary forest while family Rhinotermitidae was less abundant in the old palm oil plantation. Shannon-Weiner diversity index and Kruskal-Wallis test showed there was significant difference ($p \leq 0.05$) in termite diversity at each sites. Termite assemblages and feeding group structure also differed significantly between the three sites. Three feeding groups of termite were collected in primary forest and old palm oil plantation. However, there was only one feeding group, wood-feeder, found in young palm oil plantation. The result of this study showed that there was no significant relationship ($p \geq 0.05$) between species encountered and environmental variables such as soil pH, light intensity and depth of litter fall in primary forest while soil pH and depth of litter fall showed significant relationship with species encountered in palm oil plantation. Conversion of primary forest into palm oil plantation relatively increased light intensity, soil pH, depth of litter fall, reduced food supply (soil nutrient and dead tree logs) and also intensely increased human disturbance. This suggested that conversion of primary forest to plantation tend to decrease termite diversity.



KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI FORMULA	xii
SENARAI SIMBOL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Justifikasi kajian	3
1.3 Objektif kajian	4
1.4 Hipotesis kajian	4
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	5
2.1 Pengenalan	5
2.2 Pengkelasan sistematik	6
2.2.1 Kalotermitidae	6
2.2.2 Rhinotermitidae	7
2.2.3 Termitidae	7
2.3 Biologi	9
2.3.1 Struktur koloni dan kitaran hidup	9
2.3.2 Kumpulan tabiat pemakan	11



2.4	Kepentingan anai-anai	13
2.4.1	Agen pengurai	13
2.4.2	Peranan dalam tanah	13
2.4.3	Kitar karbon	14
2.5	Anai-anai sebagai serangga perosak	15
2.6	Faktor-faktor yang mempengaruhi kepelbagaian anai-anai	16
2.6.1	Faktor persekitaran	16
2.6.2	Faktor tanah	17
2.6.3	Faktor manusia	18
BAB 3	BAHAN DAN KAEDAH	20
3.1	Lokasi kajian	20
3.2	Kaedah dan persampelan	22
3.3	Analisis tanah dan intensiti cahaya	24
3.4	Pengecaman spesimen	26
3.5	Analisis statistik	26
3.5.1	Kepelbagaian anai-anai	26
3.5.2	Pembolehkan persekitaran	28
BAB 4	HASIL	
4.1	Kepelbagaian spesies anai-anai	29
4.2	Kumpulan pemakanan anai-anai	33
4.3	Indeks kepelbagaian Shannon-Weiner dan Indeks Kesamarataan anai-anai	34
4.4	Pembolehkan persekitaran	37



BAB 5	PERBINCANGAN	
5.1	Fauna anai-anai	39
5.1.1	Kepelbagaian spesies anai-anai	40
5.1.2	Kelimpahan spesies anai-anai	41
5.1.3	Komposisi kumpulan taksonomi	43
5.1.4	Komposisi kumpulan pemakanan	44
5.2	Faktor-faktor mempengaruhi kepelbagaian dan kelimpahan anai-anai	45
5.2.1	Faktor persekitaran	46
5.2.2	Faktor manusia	48
5.3	Ancaman anai-anai terhadap ladang kelapa sawit	49
BAB 6	KESIMPULAN	51
RUJUKAN		53
LAMPIRAN		60



SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka surat
4.1 Senarai spesies anai-anai yang dikumpulkan di hutan primer, ladang kelapa sawit muda dan ladang kelapa sawit tua.	31
4.2 Bilangan ' <i>hits</i> ' dan peratusan kumpulan pemakanan anai-anai di setiap lokasi kajian.	33
4.3 Indeks Shannon-Weiner untuk pengiraan kepelbagaian spesies anai-anai di antara Hutan Lipad dengan ladang kelapa sawit.	35
4.4 Nilai bacaan purata sifat tanah, tahap intensiti cahaya dan ketebalan sarap hutan di tiga lokasi kajian.	37



SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka surat
3.1 Lokasi Rezab Hidupan Liar Tabin di Sabah, Malaysia (dipetik dari Maryati et al., 1999).	21
3.2 Lokasi kawasan kajian di Tabin (diubahsuai dari Homathevi, 1999).	21
3.3 Transek garisan piawai 100 x 2 meter digunakan untuk persampelan anai-anai.	23
4.1 Bilangan spesies anai-anai di setiap lokasi kajian.	32
4.2 Bilangan kekerapan anai-anai dijumpai di setiap lokasi kajian.	32
4.3 Status kelimpahan spesies di hutan primer.	35
4.4 Status kelimpahan spesies di ladang kelapa sawit muda.	36
4.5 Status kelimpahan spesies di ladang kelapa sawit tua.	36



SENARAI FORMULA

No. Formula	Muka surat
3.1 Kelembapan tanah	25
3.2 Indeks Shannon-Weiner	26
3.3 Kepelbagaian maksimum	27
3.4 Kelimpahan	27



SENARAI SIMBOL

%	peratus
°C	darjah Celcius
m	meter
mm	milimeter
gm	gram
yr	tahun
p	nilai bererti
pH	keasidan



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 PENGENALAN

Malaysia telah menjadi pengeluar kelapa sawit yang terbesar di dunia pada 1960-an dan 1970-an (Drabble, 2001). Sehingga kini, penanaman kelapa sawit di Malaysia meliputi kawasan seluas 3.4 juta hektar dan mengambil sebanyak 54 peratus daripada jumlah kawasan pertanian di Malaysia (Simeh & Ahmad, 2001). Seperti tanaman yang lain, tanaman kelapa sawit juga menghadapi ancaman dari serangga perosak. Salah satu daripadanya adalah anai-anai. Banyak penyelidikan telah dijalankan untuk mencari langkah pencegahan untuk anai-anai. Bagaimanapun, kajian mengenai kepelbagaian, kelimpahan, dan taburan anai-anai di kawasan ladang kelapa sawit kurang dijalankan.

Anai-anai adalah serangga dikelaskan dalam Order Isoptera dan selalunya dikenali sebagai semut putih. Anai-anai merupakan kumpulan yang agak besar dan mempunyai sebanyak 281 genera dan melebihi 2600 spesies yang telah dikenalpasti (Kambhampati & Eggleton, 2000). Isoptera mempunyai tujuh famili iaitu Mastotermitidae, Kalotermitidae, Hodotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae, Termopsidae dan



Termitidae. Taburan anai-anai di Malaysia diwakili oleh tiga famili iaitu Kalotermitidae, Rhinotermitidae dan Termitidae (Collin, 1984).

Secara amnya, lima kumpulan utama anai-anai telah dikenalpasti iaitu berdasarkan kepada cara pemakanannya. Kumpulan ini terdiri daripada pemakan kayu, pemakan tanah, pemakan tanah dan kayu, pemakan sarap hutan dan pemakan rumput (Bignell & Eggleton, 2000).

Thapa (1981) merupakan perintis bagi kajian anai-anai di Sabah pada tahun 1970-an dan beliau telah banyak memberi sumbangan dalam proses identifikasi anai-anai terutamanya di Sabah. Kajian kepelbagaian dan komposisi anai-anai di Sabah membuktikan Sabah mempunyai kepelbagaian anai-anai yang tinggi. Homathevi (1999) telah merekod sebanyak 38 spesies anai-anai di Lembah Danum, 26 spesies anai-anai di Hutan Rezab Hidupan Liar Tabin, 21 spesies anai-anai di Hutan Simpan Kabili-Sepilok, 14 spesies anai-anai di Hutan Simpan Gunung Rara, 16 spesies anai-anai di Serinsim dan 28 spesies anai-anai di Taman Bukit Tawau. Johnathen (2003) telah membuat perbandingan spesies anai-anai di Pulau-pulau Taman Tunku Abdul Rahman. Beliau mengumpul sebanyak 17 spesies di Pulau Manukan, lapan spesies di Pulau Mamutik, 16 spesies di Pulau Gaya, 15 spesies di Pulau Sulug dan 15 spesies di Pulau Sapi. Selain itu, Wong (2006) telah membuat perbandingan spesies anai-anai di antara Taman Bukit Tawau dan ladang koko yang bersebelahan. Beliau telah mengumpul sebanyak 23 spesies di Taman Bukit Tawau dan tiga spesies di ladang koko. Secara keseluruhannya, spesies



anai-anai yang dikumpulkan oleh Johnathen (2003) dan Wong (2006) adalah dari famili Rhinotermitidae dan Termitidae.

Kajian ini dijalankan untuk membuat penyelidikan mengenai kepelbagaian spesies dan populasi anai-anai di hutan primer dan juga ladang kelapa sawit. Selain itu, faktor-faktor persekitaran dan faktor kimia tanah yang mempengaruhi taburan anai-anai juga akan dikenalpasti.

1.2 JUSTIFIKASI KAJIAN

Kajian ini bertujuan menyediakan satu senarai inventori anai-anai yang terdapat di Hutan Rezas Hidupan Liar Tabin dan ladang kelapa sawit berdasarkan kaedah persampelan yang piawai. Selain itu, kajian ini juga dijalankan untuk membuat perbandingan kepelbagaian anai-anai di antara kawasan hutan semulajadi yang terganggu dan kawasan hutan semulajadi yang belum diganggu. Kajian ini dijalankan di hutan primer dan ladang kelapa sawit kerana kajian mengenai perbandingan ekologi di ladang kelapa sawit dengan hutan primer kurang dijalankan. Dalam kajian ini, hutan primer dikategorikan sebagai kawasan belum diganggu dan ladang kelapa sawit dikategorikan sebagai kawasan terganggu. Antara pembolehubah yang dikaji adalah pH tanah, kelembapan tanah, ketebalan sarap hutan dan intensiti cahaya. Kajian ini penting untuk mengenalpasti spesies anai-anai yang biasa boleh dijumpai di ladang kelapa sawit. Data yang diperoleh dalam kajian ini boleh digunakan untuk menjalankan kajian mengenai serangga perosak di ladang kelapa sawit pada masa hadapan.



1.3 OBJEKTIF

Objektif kajian ini adalah untuk:

- a) mengenalpasti kepelbagaian anai-anai di Hutan Rezab Hidupan Liar Tabin dan ladang kelapa sawit berdekatan.
- b) Membuat perbandingan kepelbagaian anai-anai di antara hutan primer dan ladang kelapa sawit.
- c) Menentukan faktor-faktor yang mempengaruhi kepelbagaian anai-anai di ketiga-tiga kawasan kajian.

1.4 HIPOTESIS

Hipotesis kajian ini terbahagi kepada dua iaitu penukaran dari hutan primer ke ladang kelapa sawit akan mengurangkan kepelbagaian spesies anai-anai, dan ladang kelapa sawit yang tua mempunyai kepelbagaian anai-anai yang tinggi berbanding dengan ladang kelapa sawit yang muda.



BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 PENGENALAN

Anai-anai adalah serangga sosial yang dikelaskan dalam Order Isoptera dan lebih dikenali sebagai semut putih. Kajian morfologi dan anatomi mengenai anai-anai menyokong teori yang menerangkan bahawa lipas dan anai-anai adalah berasal dari moyang yang sama (Khambhampati & Eggleton, 2000).

Anai-anai tersebar luas di kawasan tropika dengan kepelbagaian tertinggi di hutan tropika dan merupakan serangga pengurai yang penting dalam ekosistem (Eggleton & Tayasu, 2001). Sebanyak 323 spesies daripada 52 genera telah direkodkan di kawasan Indo-Malaya (Tho, 1992) dan sebanyak 104 spesies daripada 33 genera telah direkodkan di Sabah (Thapa, 1981).

Anai-anai berbeza dengan semut dari segi antena, kitaran hidup, dan koloni. Anai-anai mempunyai antena jenis *monoliform*, tidak mempunyai petiol, kitaran hidup jenis hemimetabolus, dan koloni terdiri daripada serangga jantan dan betina yang steril.



Berlainan dengan anai-anai, semut mempunyai antena jenis bersendi, mempunyai petiol, kitaran hidup jenis holometabolus, serta koloni yang terdiri daripada serangga betina yang steril. Anai-anai melalui proses metamorfosis yang tidak lengkap dalam kitaran hidupnya.

2.2 PENGKELASAN SISTEMATIK

Anai-anai merupakan kumpulan yang agak besar dan mempunyai, 281 genera dan melebihi 2,600 spesies yang telah dikenalpasti (Kambhampati & Eggleton, 2000). Isoptera mempunyai tujuh famili iaitu Mastotermitidae, Kalotermitidae, Holotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae, Termopsidea, dan Termitidae. Di Malaysia, hanya terdapat tiga daripada famili tersebut iaitu Kalotermitidae, Rhinotermitidae dan Termitidae (Tho, 1992).

2.2.1 Kalotermitidae

Kalotermitidae dikenali sebagai anai-anai kayu kering yang tertabur luas di dunia dan boleh dijumpai di hutan hujan tropika (Eggleton & Tayasu, 2001). Sebanyak 25 genera telah dikenalpasti dalam famili ini (Krishna, 1970). Famili ini dianggap sebagai satu famili yang agak primitif yang membina sarang dalam makanan iaitu pokok (Kambhampati & Eggleton, 2000). Contohnya, anai-anai dalam famili ini membina sarang di dalam pokok mati yang masih berdiri atau dalam pokok yang sudah tumbang. Anai-anai dari famili ini merupakan pemakan kayu terutamanya spesies dari genera *Cryptotermes* (Tho, 1992).



Menurut Tho (1992), *Glyptotermes*, *Neotermes* dan *Cryptotermes* merupakan genera yang direkodkan di Semenanjung Malaysia. Genus ini juga direkodkan di Sabah (Thapa, 1981; Homathevi, 1999). Anai-anai dari genera ini tertabur secara kosmopolitan dan banyak dijumpai di kawasan Indo-Malaya.

2.2.2 Rhinotermitidae

Anai-anai dari famili Rhinotermitidae dipercayai berevolusi dari famili Hodotermitidae yang telah pupus. Rhinotermitidae merupakan famili anai-anai pemakan kayu dan lebih dikenali sebagai anai-anai kayu lembap. Anai-anai dari famili ini dapat dijumpai pada batang yang masih berdiri atau yang sudah tumbang. Famili ini tertabur dengan luas di kawasan tropika, subtropika, dan kawasan dengan iklim yang sederhana (Eggleton, 2000). Famili ini terbahagi kepada enam subfamili iaitu *Coptotermitinae*, *Heterotermitinae*, *Psammotermitinae*, *Termitogetoninae*, *Stylotermitinae* and *Rhinotermitinae* (Krishna, 1970). *Coptotermitinae*, *Rhinotermitinae* dan *Termitogetoninae* adalah antara subfamili yang dapat dijumpai di Sabah (Eggleton *et al.*, 1997; Jones *et al.*, 1998; Homathevi, 1999).

2.2.3 Termitidae

Famili ini merupakan famili yang terbesar dalam pengkelasan sistematik anai-anai yang merangkumi sebanyak 85% genera yang telah direkodkan di dunia (Kambhampati & Eggleton, 2000). Famili ini mengandungi empat subfamili iaitu *Macrotermitinae*,



Apicotermitinae, Termitinae, dan Nasutermitinae. Keempat-empat subfamili ini dijumpai di Sabah (Homathevi, 1999).

Macrotermitinae adalah subfamili yang menggalakkan pertumbuhan fungi spesies *Termitomyces* yang bersimbiosis dalam proses penguraian bahan selulosa pada sesikat fungi yang dibina daripada bahan buangan dalam busut anai-anai (Homathevi, 2006). Genus yang dapat dijumpai di Sabah adalah *Macrotermes*, *Odontotermes* dan *Hypotermes* (Homathevi, 1999).

Apicotermitinae merupakan subfamili anai-anai pemakan tanah dan dibahagi kepada kumpulan *Apicotermes* dan kumpulan *Anoplotermes*. Kumpulan *Apicotermes* merupakan anai-anai pemakan tanah yang membuat sarang di dalam tanah atau pada sarang anai-anai yang lain. Kumpulan *Anoplotermes* adalah anai-anai pemakan tanah yang tidak mempunyai kasta askar (Bignell & Eggleton, 2000).

Subfamili Termitinae merangkumi anai-anai pemakan kayu dan pemakan tanah yang boleh dijumpai di ekosistem tropika. Subfamili ini mempunyai taburan yang luas di Semenanjung Malaysia dan juga di Borneo.

Nasutitermitinae merupakan subfamili anai-anai pemakan kayu dan pemakan tanah yang dapat dijumpai di hutan hujan tropika. Nasutermitinae adalah mudah dikenalpasti dengan berdasarkan kehadiran *nasus* di bahagian hadapan kepala pada anai-anai kasta askar. Genera yang direkodkan di Sabah adalah *Nasutitermes*,



Havilanditermes, *Bulbitermes*, *Hirtitermes*, *Lacessititermes*, *Longipeditermes*, *Hospitalitermes*, *Leucoptitermes*, *Proaciculitermes*, *Aciculioiditermes*, *Oriensubulitermes* dan *Subulioditermes* (Homathevi, 1999; Eggleton *et al.*, 1999).

2.3 BIOLOGI

2.3.1 Struktur Koloni dan Kitaran Hidup

Koloni anai-anai mempunyai tiga kasta yang utama iaitu pasangan reproduktif iaitu raja dan ratu, askar, dan pekerja. Setiap kasta berbeza dari segi morfologi disebabkan fungsi yang berlainan. Secara amnya, setiap kasta adalah bisex dan hanya organ pembiakan reproduktif anai-anai akan mengalami perkembangan yang lengkap (Roisin, 2000).

Kasta ratu dan raja adalah aktif dari segi reproduktif dalam koloni anai-anai. Morfologi raja tidak banyak berbeza dari kasta askar dan pekerja kecuali bersaiz besar. Fungsi utama raja dan ratu adalah untuk menghasilkan progeni. Ratu mempunyai morfologi yang lain berbanding dengan kasta yang lain. Ratu mempunyai abdomen yang besar berbanding dengan kepala dan toraks. Tugas utama ratu adalah menghasilkan telur. Telur yang menetas menjadi askar, pekerja, atau reproduktif kasta. Ratu menetap di satu tempat yang tetap dan tidak dapat bergerak. Kedua-dua ratu dan raja menetap di ruangan khas di sarang anai-anai yang dikenali sebagai kamar diraja.



Kasta askar adalah unik dari segi morfologi, perkembangan mandibel, dan tabiat. Askar mempunyai fungsi yang berbeza dengan pekerja. Askar tidak mencari dan menjaga kasta yang lain. Fungsi utama askar adalah melindungi sarang daripada diserang atau diganggu oleh musuh dan pemangsa. Perkembangan morfologi askar seperti mandibel yang besar dan kuat, serta perkembangan *nasus* yang menghasilkan rembesan bersifat racun kepada musuh, menjadi mekanisma pertahanan yang penting dalam kasta askar (Noirot & Darlington, 2000).

Kasta pekerja biasanya mempunyai saiz badan yang kecil dan mempunyai mandibel yang berfungsi untuk menggigit dan mengunyah. Fungsi utama pekerja adalah mencari, mengumpul, dan menyimpan makanan dalam sarang. Fungsi lain pekerja adalah membina, membaiki, dan membersihkan sarang, menjaga dan memberi makanan kepada nimfa, pasang reprodktif raja dan ratu, serta membawa ratu dari satu kawasan ke kawasan yang lain. Pekerja juga berfungsi melindungi sarang untuk famili anai-anai yang tidak mempunyai kasta askar (Noirot & Darlington, 2000).

Kelkatu adalah anai-anai yang mempunyai sayap. Kelkatu dewasa akan terbang keluar dari sarang dan kemudiannya mengawan untuk menghasilkan koloni yang baru. Pengkolonian baru oleh kelkatu biasanya ditentukan oleh cuaca (Lepage & Darlington, 2000). Selepas mengawan, ratu akan menghasilkan telur. Larva yang dihasilkan selepas telur menetas akan melalui beberapa proses sebelum menjadi nimfa. Nimfa kemudiannya akan menjadi askar atau pekerja yang steril. Kitaran hidup anai-anai adalah hemimetabolus.



RUJUKAN

- Bignell, D.E. dan Eggleton, P., 2000. Termites in Ecosystems. Dlm: Abe, T., Bignell, D.E. dan Higashi, M. (eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. 363-388.
- Black, H.I.J. dan Okwakol, M.J.N., 1997. Agricultural Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function in the Tropics: The Role of Termites. *Applied Soil Ecology*. **6**: 37-53.
- Brauman, A., Bignell, D.E. dan Tayasu, I., 2000. Soil-feeding Termites: Biology, Microbial Associations and Digestive Mechanisms. Dlm: Abe, T., Bignell, D.E. dan Higashi, M. (eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. 233-260.
- Collin, N.M., 1981. The Role of Termites in the Decomposition of Wood and Leaf Litter in the Southern Guinea Savanna of Nigeria. *Oecologia*. **51**: 389-399.
- Collin, N.M., 1984. The termites (Isoptera) of the Gunung Mulu National Park with a key to the known from Sarawak. *Sarawak Mus. J.***30**: 65-87.
- Dibog L., Eggleton, P. dan Forzi, F., 1998. Seasonality of Soil Termites in a Humid Tropical Forest, Mbalmayo, Southern Cameroon. *Journal of Tropical Ecology*. **14**: 841-850.
- Dibog, L., Eggleton, P., Norgrove, L., Bignell, D.E. dan Hauser, S., 1999. Impacts of Canopy Cover on Soil Termite Assemblages in an Agrisilvicultural System in Southern Cameroon. *Bulletin of Entomological Research*. **89**: 125-132.



- Donovan, S.E., Eggleton, P. dan Bignell, D.E., 2001a. Gut Content Analysis and a new Feeding Group Classification of Termites. *Ecological Entomology*. **26**: 356-366.
- Donovan, S.E., Eggleton, P., Dubbin, W.E., Batchelder, M. dan Dibog, L., 2001b. The Effect of a Soil-feeding Termite, *Cubitermes fungifaber* (Isoptera: Termitidae) on Soil Properties: Termites may be an Important Source of Soil Microhabitat Heterogeneity in Tropical Forest. *Pedobiologia*. **45**: 1-11.
- Donovan, S.E., Eggleton, P, dan Martin, A., 2002. Species Composition of Termites of the Nyika Plateau Forest, Northern Malawi, Over an Altitudinal Gradient. *Africa Journal Ecology*. **40**: 379-385.
- Donovan, S.E., Griffiths, G.J.K., Homathevi, R. dan Winder, L., 2007. The Spatial Pattern of Soil-dwelling Termites in Primary and Logged Forest in Sabah, Malaysia. *Ecological Entomology*. **32**: 1-10.
- Drabble, J., H., 2001. An Economic History of Malaysia, c.1800-1990: The Transition to Modern Economic Growth. EH.NET.
- Eggleton, P., 2000. Global Patterns of Termites Diversity. Dlm: Abe, T., Bignell, D.E. dan Higashi, M. (eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. 25-52.
- Eggleton, P., Bignell, D.E., Hauser, S., Dibog, L., Norgrove, L. dan Madong, B., 2002. Termite Diversity across an Anthropogenic Disturbance Gradient in the Humid Forest Zone of West Africa. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. **90**: 189-202.



- Eggleton, P., Homathevi, R., Jeeva, D., Jones, D.T., Davies, R.G. dan Maryati, M., 1997. The Species Richness dan Composition of Termites (Isoptera) In Primary and Regenerating Lowland Dipterocarp Forest in Sabah, East Malaysia. *Ecotropica* **3**: 119-128.
- Eggleton, P., Homathevi, R., Jones, D.T., MacDonald, J.A., Jeeva, D., Bignell, D.E., Davies, R.G. dan Maryati, M., 1999. Termites assemblages, Forest Disturbance and Greenhouse Gas Fluxes in Sabah, East Malaysia. *Phil. Trans. R. Soc. London. B.* **354**: 1791-1802.
- Eggleton P. dan Tayasu, I., 2001. Feeding Groups, Lifestyles and the Global Ecology of Termites. *Ecological Research.* **16**: 941-960.
- Eggleton, P. dan Tayasu, I., 2001. Feeding Groups, Lifestyles and the Global Ecology of Termites. *Ecological Research.* **16**: 941-960.
- Gathorne-Hardy, F.J., Jones, D.T. dan Syaukani, 2002. A Regional Perspective on the Effects of Human Disturbance on the Termites of Sundaland. *Biodiversity and Conservation.* **2**: 1991-2006.
- Gathorne-Hardy, F.J., Syaukani dan Eggleton, P., 2001. The Effects of Altitude and Rainfall on the Composition of the Termites (Isoptera) of the Leucer Ecosystem (Sumatra, Indonesia). *Journal of Tropical Ecology.* **17**: 379-393.
- Gathorne-Hardy, F.J., Syaukani, dan Inward, D.J.G., 2006. Recovery of Termite (Isoptera) Assemblage Structure from Shifting Cultivation in Barito Ulu, Kalimantan, Indonesia. *Journal of Tropical Ecology.* **22**: 605-608.



- Holt, J.A. dan Lepage, M., 2000. Termites and Soil Properties. Dlm: Abe, T., Bignell, D.E. dan Higashi, M. (eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. 389-408.
- Homathevi, R., 1999. Diversity and Ecology of Forest Termites (Isoptera) Population in Sabah, East Malaysia with Special References to the termes- Capritermes clade, Phd Dissertation, University Malaysia Sabah. 13-40.
- Homathevi, R., 2006. Isoptera. Dlm: Hashimoto, Y., Homathevi, R., Maryati, M. (eds). *Inventory and Collection: Total Protocol for Understanding of Biodiversity 2nd ed.* Institute for Tropical Biology and Conservation, Universiti Malaysia Sabah, and Japan International Cooperation (JICA). 155-166.
- Homathevi, R dan Bignell, D.E., 1999. A Preliminary Survey of Termites (Insecta: Isoptera) in Primary Forest Stand in the Tabin Wildlife Reserve, Eastern Sabah. Dlm: Maryati, M., Mahedi, A., Mohd. N.D dan Titol, P.M., 1999. Tabin Scientific Expedition. Universiti Malaysia Sabah. 121-128.
- Inward, D.J.G., Vogler, A.P. dan Eggleton, P., 2007. A Comprehensive Phylogenetic Analysis of Termites (Isoptera) Illuminates Key Aspects of their Evolutionary Biology. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. **44**. 953-967.
- Jiménez, J.J., Decaëns, T. dan Lavelle, P., 2006. Nutrient Spatial Variability in Biogenic Structures of *Nasutitermes* (Termitinae; Isoptera) in a Gallery Forest of the Colombian 'Llanos'. *Soil Biology & Biochemistry*. **38**: 1132-1138.
- Jonathen, A., 2003. *Anai-anai di Pulau-pulau Taman Tunku Abdul Rahman, Kota Kinabalu, Sabah*. Universiti Malaysia Sabah. Malaysia. 1-88.



- Jones, D.T., 1996. A Quatitative Survey of the Termites Assemblage and its Consumption of food in Lowland Mixed Dipterocarp Forest of Brunei Darussalam. 297-305.
- Jones, D.T., Jeffery, T. dan Bakhtiar Effendi Yahya, 1998. The Termites (Insecta: Isoptera) of Maliau Basin, Sabah. Dlm: Maryati, M. (eds). The Maliau Basin Expedition. Sabah. Universiti Malaysia Sabah. 96-110.
- Jones, D.T., Suxilo, F.X., Bignell, D.E., Hardiwinoto, S., Gillison, A.N. dan Eggleton, P., 2003. Termite Assemblage Collapse Along a land-use Intensification Gradient in Lowland Central Sumatra, Indonesia. *Journal of Applied Ecology*. **40**: 380-391.
- Kambhampati, S. dan Eggleton, P., 2000. Taxonomy and Phylogeny of Termites. Dlm: Abe, T., Bignell, D.E. dan Higashi, M. (eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. 1-23.
- Krishna, K., 1970. Taxonomy, Phylogeny and Distribution of Termites in Ecosystems. Dlm: Krishna, K. dan Weesner, F. M. (eds). *Biology of Termites*. **2**. Academic Press, 643 ms.
- Lavelle, P., 2001. Soil Ecology. Kluwer Academic Publisher. New York. 1-150.
- Lavelle, P., 2002. Functional Domains in Soil. *Ecol. Res.* **17**: 441-450.
- Lepage, M. dan Darlington, P.E.C., 2000. Population Dynamics of Termites. Dlm: Abe, T., Bignell, D.E. dan Higashi, M. (eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. 333-362.
- Maryati, M., Mahedi, A., Mohd. N.D. dan Titol, P.M., 1999. Tabin Scientific Expedition. Universiti Malaysia Sabah. 1-20.



- Noirot, C. dan Darlington, P.E.C., 2000. Termite Nest: Architecture, Regulation and Defence. Dlm: Abe, T., Bignell, D.E. dan Higashi, M. (eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. 121-140.
- Roisin, Y., 2000. Diversity and Evolution of Caste Patterns. Dlm: Abe, T., Bignell, D.E. dan Higashi, M. (eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. 95-120.
- Roisin, Y. dan Leponce, M., 2004. Characterizing Termite Assemblages in Fragmented Forest: A Test Case in the Argentinian Chaco. *Austral Ecology*. **29**: 637-646.
- Simeh, A. dan Ahmad, T. M. A. T., 2001. The Case Study on the Malaysian Palm Oil. Paper presented at Regional Workshop on Commodity Export Diversification and Poverty Reduction in South and South-East Asia. 15 ms.
- Simorangkir, D., Moore, P., Haase, N. dan Ng, G., 2002. Land Clearing on Degraded Lands for Plantation Development. Workshop report presented at a Workshop on Economics of Fire Use in Agriculture Forest Plantations, Kuching, 24-25 Oktober 2002 54 ms.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S. dan Denef, K., 2004. A History of Research on link between (micro)aggregates, Soil Biota, and Soil Organic Matter Dynamics. *Soil & Tillage Research*. **79**: 7-31.
- Sugimoto, A., Bignell, D.E. dan Macdonald, J.A., 2000. Global Impact of Termites on the Carbon Cycle and Atmospheric Trace Gases. Dlm: Abe, T., Bignell, D.E. dan Higashi, M. (eds). *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Kluwer Academic Publisher, Netherlands. 409-432.
- Thapa, Y. P., 1981. Termites of Sabah. Sabah Forest Record **12**: 1-374.



- Tho, Y. P., 1992. *Termites of Peninsular Malaysia*. Malayan Forest Record No, 36. Forest Research Institute Malaysia. 1-224.
- Wong, M. K., 2006. *Species Comparison of Termites (Isoptera) in Primary Forest of Tawau Hills Park, Sabah and Adjacent Cocoa Plantation Area*. Universiti Malaysia Sabah. Malaysia. 1-52.
- Wood, T.G., 1996. The Agricultural Importance of Termites in the Tropics. *Agricultural Zoological Reviews*. 7: 118-155.
- Zar, J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc, United States of America. 40-158.

