

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: KAJIAN TENTANG PENGGUNAAN STRUKTUR ORGAN PEMBIAKAN JANTAN DALAM IDENTIFIKASI RAMA-RAMA AMATA EGENARIA DAN AMATA PREPUNCTA (LEPIDOPTERA : ARCTIIDAE)

IJAZAH: IJAZAH SARJANA MUDA SAINS PERTANIAN (PENGELOARAN TANAMAN)

SAYA: ISAAC GREY DENIS SESI PENGAJIAN: 2006/2010
(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 institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/)

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

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

TIDAK TERHAD

J. Micheal
JAMIUN MICHEAL
LIBRARIAN
LIBRARY

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Disahkan Oleh:

S. Benedick
(TANDATANGAN PENYELIA)
DR. SUZAN BENEDICK
Pensyarah
Sekolah Pertanian Lestari
Universiti Malaysia Sabah

Isaac Grey Denis
(TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: D/A ENJILIN
KASAH, PETI SURAT 11201,
88813, KOTA KINABALU
SABAH

Tarikh: 21.04.2010

Tarikh: 20.04.2010

Catatan: - * Potong yang tidak berkenaan.

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

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



**KAJIAN TENTANG PENGGUNAAN STRUKTUR ORGAN PEMBIAKAN
JANTAN DALAM IDENTIFIKASI RAMA-RAMA AMATA EGENARIA
DAN A. PREPUNCTA (LEPIDOPTERA: ARCTIIDAE)**

ISAAC GREY DENIS

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


**PROGRAM PENGELUARAN TANAMAN
SEKOLAH PERTANIAN LESTARI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2010**



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya. Saya juga mengakui bahawa disertasi ini tidak pernah atau sedang dihantar untuk perolehi ijazah dari universiti ini atau mana universiti yang lain.




Isaac Grey Denis
HP2006-6542
12 April 2010

DIPERAKUKAN OLEH

1. Dr. Suzan Benedick
PENYELIA


DR. SUZAN BENEDICK
Pensyarah
Sekolah Pertanian Lestari
Universiti Malaysia Sabah

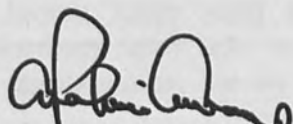
2. En. Januarius Gobilik
PENYELIA BERSAMA


JANUARIUS GOBILIK
Lecturer / Academic Advisor
School of Sustainable agriculture
Universiti Malaysia Sabah

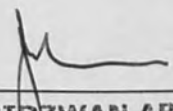
3. Pn. Rosmah Bt. Murdad
PEMERIKSA 1


ROSMAH MURDAD
Pensyarah Penasihat Akademik
Sekolah Pertanian Lestari
Universiti Malaysia Sabah

4. Dr. Abdul Rahim B. Awang
PEMERIKSA 2


DR ABDUL RAHIM BIN AWANG
Pensyarah / Penasihat Akademik
Sekolah Pertanian Lestari
Universiti Malaysia Sabah

5. Prof. Dr. Ridzwan B. Abdul Rahman
DEKAN
SEKOLAH PERTANIAN LESTARI


PROF. DR. RIDZWAN ABDUL RAHMAN
Dekan
Sekolah Pertanian Lestari
Universiti Malaysia Sabah

PENGHARGAAN

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan syukur kepada Tuhan kerana telah memberikan kekuatan kepada saya untuk menyiapkan disertasi ini. Saya juga ingin mengucapkan jutaan terima kasih kepada penyelia saya iaitu Dr. Suzan Benedick atas bimbingan beliau dari awal proses pemilihan tajuk disertasi sehingga proses membuat kesimpulan kajian. Terima kasih atas kesudian beliau untuk mengorbankan masa serta memberikan nasihat dan tunjuk ajar kepada saya sehinggalah saya berjaya menyiapkan disertasi ini.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada En. Januarius Gobilik selaku penyelia bersama bagi disertasi ini di atas kesudian beliau untuk memberikan nasihat dan tunjuk ajar terutamanya dalam cara penulisan disertasi yang berkesan. Tidak lupa juga, ucapan terima kasih kepada En. Assis Kamu atas pertolongannya dalam penganalisaan data dan En. Nasir Abdul Majid atas bantuan beliau dalam pengecaman rama-rama.

Seterusnya, ucapan terima kasih juga buat rakan-rakan seperjuangan saya iaitu Eric Ting Kok Siang, Norshazreen bt Sheh Abidin dan Faridah bt Yusof atas pertolongan mereka terutama dalam proses persampelan rama-rama. Tidak lupa juga kepada Pressley Abin atas nasihat yang diberikan semasa menganalisa data dan juga kepada Bavani Nandakumal atas pertolongannya dalam proses identifikasi rama-rama. Ucapan terima kasih juga buat keluarga saya yang telah menyokong saya sepanjang proses menyiapkan disertasi ini.

Saya akhiri penghargaan saya dengan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada semua orang atas sumbangan yang diberikan sama ada secara langsung atau tidak langsung. Semoga Tuhan memberkati kamu semua. Sekian saja dari saya. Terima kasih.

ABSTRAK

Objektif kajian ini adalah untuk mengecam rama-rama jantan *A. egenaria* dan *A. prepuncta* melalui pengukuran dan perbandingan pada struktur yang terdapat pada bahagian organ pembiakan jantan. Bagi tujuan aplikasi akan datang, kekunci dikotomi juga turut dibina untuk pengecaman spesies berdasarkan perbezaan pada morfologi luaran rama-rama ini. Persampelan rama-rama telah dibuat di Kampung Singgaron Baru dan Kampung Nalapak, Ranau. Perangkap Robinson telah digunakan untuk menangkap rama-rama tersebut dan hasil tangkapan telah dicam di Makmal Sekolah Pertanian Lestari 3. *Principal Component Analysis (PCA)* telah digunakan untuk mengekstrak data menggunakan ukuran pada struktur organ pembiakan rama-rama tersebut. *PCA* telah mengenalpasti tiga komponen variasi yang penting yang menerangkan sebanyak 82.53% dari kepelbagaian set data. Kajian mendapati bahawa struktur organ pembiakan jantan rama-rama yang penting untuk pengecaman adalah kepanjangan *aedaegus*, *valva*, *corona*, *vinculum* dan diameter *uncus*. Terdapat perbezaan bererti antara struktur organ pembiakan jantan bagi *A. egenaria* dan *A. prepuncta* dari segi saiz terutamanya pada bahagian *aedaegus*, *valva*, *corona*, *uncus*, dan *vinculum* (Ujian *t* tidak bersandar; $t_{2,14} = 7.55$, $P < 0.001$). Daripada dua spesies tersebut, kajian terhadap struktur morfologi luaran mendapati bahawa kedua-dua spesies ini dapat dibezakan melalui pembesaran pada bahagian *tornus* sayap belakang pada *A. egenaria* yang tidak terdapat pada *A. prepuncta*. Sebagai kesimpulannya, kajian ini secara signifikan menyokong teori terdahulu bahawa spesies ini dapat dibezakan melalui pembedahan pada organ pembiakan jantan. Kajian ini juga mendedahkan bahawa pembesaran pada bahagian *tornus* sayap belakang dan corak tompok pada sayap *A. egenaria* dapat digunakan untuk membezakan spesies ini dari *A. prepuncta*.

**THE STUDY OF MALE GENITALIA FOR THE IDENTIFICATION OF
AMATA EGENARIA AND AMATA PREPUNCTA MOTH
(LEPIDOPTERA: ARCTIIDAE)**

ABSTRACT

The objective of this study was to identify the male *A. egenaria* and *A. prepuncta* moth by measuring and comparing the structures of their genitalia. For future application, dichotomous keys to identify the species were also constructed based on the differences in the external morphology of both the species. The species were sampled in Kampung Singgaron Baru and Kampung Nalapak, Ranau. Robinson trap was used to trap these moths and the specimens collected were identified in Laboratory no. 3 of the School of Sustainable Agriculture (SSA). Principal component analysis (PCA) was performed on the genitalia measurements of the moths. The PCA indicated three components of variations that were important which explained 82.53% of the data set. The moth's genitalia structures were found to be important for identification of the species were the length of *aedaegus*, *valva*, *corona*, *vinculum* and *uncus* diameter. There was a significant difference between the *aedaegus*, *valva*, *corona*, *uncus* and the *vinculum* sizes (Independent *t* test; $t_{2,14} = 7.55$, $P < 0.001$). Of the two species, a study of the external morphology suggested that the species could also be differentiated by the excess growth of the tornus area of the hind wing of the *A. egenaria*, a growth that was absent in *A. prepuncta*. As a conclusion, this study contributed significantly in supporting the existing theories that these species can be differentiated through male genitalia dissection. The results of this study also revealed that the excess growth of the tornus area of the hind wing and the shape of the blotch on the wings of *A. egenaria* can be used to differentiate this species from *A. prepuncta*.

ISI KANDUNGAN

Kandungan	Muka surat
PENGAKUAN	ii
DIPERAKUKAN OLEH	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
ISI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	ix
SENARAI RAJAH	x
SENARAI SIMBOLS, UNIT, DAN SINGKATAN	xi
BAB 1 PENGENALAN	1
1.1 Pengecaman serangga	1
1.2 Justifikasi kajian	2
1.3 Objektif	2
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	3
2.1 Pengelasan Lepidoptera	3
2.1.1 Famili Arctiidae	4
2.2 Kepentingan organ pembiakan jantan dalam pengecaman	5
2.3 Morfologi rama-rama yang penting untuk pengecaman	6
2.3.1 Morfologi luaran rama-rama	7
a. Kepala	7
b. Toraks	8
c. Sayap	9
d. Kaki	10
e. Abdomen	10
2.3.2 Morfologi dalaman rama-rama	11
a. Organ pembiakan jantan	11
b. Organ pembiakan betina	14
BAB 3 METODOLOGI	16
3.1 Lokasi kajian	16
3.2 Tempoh kajian	18
3.3 Persampelan rama-rama	18
3.4 Hasil tangkapan <i>A. egenaria</i> dan <i>A. prepuncta</i>	19
3.5 Pembedahan organ pembiakan <i>Amata</i> spp.	20
3.6 Pengepinaan rama-rama	22
3.7 Pengecaman dan pelabelan spesimen rama-rama	22
3.8 Analisis data	23
BAB 4 KEPUTUSAN	24
4.1 Data struktur organ pembiakan rama-rama jantan	24
4.2 Perbezaan struktur organ pembiakan jantan antara <i>A. egenaria</i> dan <i>A. prepuncta</i>	27
4.2.1 Kepentingan struktur organ pembiakan jantan dalam pengecaman rama-rama	28
4.3 Kekunci dikotomi berdasarkan kepada struktur morfologi luaran <i>A. egenaria</i> dan <i>A. prepuncta</i>	29

BAB 5	PERBINCANGAN	30
5.1	Perbezaan struktur organ pembiakan <i>A. egenaria</i> dan <i>A. prepuncta</i>	30
5.2	Penggunaan kekunci dikotomi bagi membezakan <i>A. egenaria</i> dan <i>A. prepuncta</i>	32
5.3	Perbezaan morfologi luaran dan dalaman rama-rama spesies <i>A. egenaria</i> dan <i>A. prepuncta</i>	32
BAB 6	KESIMPULAN	34
6.1	Pengecaman rama-rama menggunakan struktur organ pembiakan jantan dan morfologi luaran	34
6.2	Cadangan kajian	35
RUJUKAN		36

SENARAI JADUAL

Jadual	Muka surat
4.1 Ukuran lapan struktur organ pembiakan rama-rama spesies <i>A. egenaria</i> dan <i>A. prepuncta</i>	24
4.2 Min dan sisihan piawai (SDs) bagi pembolehubah berkaitan dengan struktur organ pembiakan dan analisis <i>PCA</i> faktor 1, faktor 2 dan faktor 3 bagi <i>A. egenaria</i> dan <i>A. prepuncta</i>	27
4.3 Faktor- faktor daripada analisis <i>PCA</i> terhadap struktur organ pembiakan	27
4.4 Sumbangan oleh pembolehubah struktur organ pembiakan terhadap tiga faktor analisis <i>PCA</i>	28

SENARAI RAJAH

Rajah	Muka surat
2.1 Bahagian hadapan kepala Lepidoptera	7
2.2 Anatomi rama-rama (<i>Ditrysi</i>)	8
2.3 Organ pembiakan jantan (<i>Totriciidae</i>)	11
2.4 Organ pembiakan rama-rama betina (<i>Ditrysi</i>)	14
3.1 Kawasan ladang koko Kg. Singgaron Baru, Ranau.	17
3.2 Kawasan ladang koko Kg. Nalapak, Ranau.	17
3.3 Perangkap Robinson	19
3.4 Morfologi luaran <i>A. egenaria</i> dan <i>A. prepuncta</i>	20
4.1 Struktur organ pembiakan jantan rama-rama <i>Amata</i> spp.	26

SENARAI SIMBOL, UNIT DAN SINGKATAN

%	Peratus
'	Minit
μm	Mikrometer
$^{\circ}$	Darjah
$^{\circ}\text{C}$	Darjah Celsius
Cm^2	Sentimeter per segi
En	Encik
Ha	Hektar
Kg	Kampung
M	Meter
Mg	Milligram
ml	Millilitre
Mm	Millimeter
SPL	Sekolah Pertanian Lestari
Spp	Spesies
<i>SPSS</i>	<i>Statistical Package of Social Science</i>
T	Timur
U	Utara
W	Watt

BAB 1

Pengenalan

1.1 Pengecaman serangga

Prinsip asas pengecaman serangga adalah sama dengan prinsip pengecaman haiwan lain iaitu pengecaman pada bahagian anatomi badan. Ini termasuklah bahagian kepala, abdomen, kaki, sayap dan morfologi dalaman (Ross, 2000). Proses pengecaman sesuatu organisma yang kriptik adalah sangat sukar dan ia selalunya memiliki struktur morfologi luaran yang serupa seperti saiz tubuh, sayap, kaki dan sebagainya yang sama. Contohnya, rama-rama dari genus *Lophoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) yang mempunyai tiga puluh spesies yang berlainan tetapi memiliki warna, sayap, saiz dan bentuk tubuh yang hampir sama (Holloway, 1985).

Walaupun bagaimanapun, semua organisma termasuklah serangga yang bersifat kriptik boleh dibezakan melalui kaedah pengecaman struktur organ pembiakan jantan atau menggunakan kaedah genetik molekul iaitu melalui asid deoksiribonukleik (DNA). Dalam kaedah ini, urutan pasangan bes satu atau lebih gen digunakan sebagai kriteria utama untuk pengecaman spesies (Gullen dan Cranston, 2010).

Namun itu, kedua-dua kaedah pengecaman ini mempunyai kelemahan dan kelebihan masing-masing. Setakat ini, pengecaman organisma kriptik menggunakan kaedah molekul DNA adalah yang paling tepat tetapi ia selalunya melibatkan kos yang tinggi, masa yang panjang dan kekurangan kepakaran saintifik (Monin *et al.*, 2004). Manakala kaedah pengecaman menggunakan kaedah struktur organ pembiakan jantan juga adalah tepat dan paling cepat tetapi kaedah ini hanya terbatas kepada organisma jantan sahaja (Holloway, 1985).



Selain itu, cara lain untuk membuat pengecaman ialah menyerahkan organisma tersebut kepada pakar untuk dicam seperti Muzium Natural History of London (United Kingdom), Muzium Bogor (Indonesia), Jabatan Pertanian dan lain-lain muzium yang mempunyai koleksi yang lengkap. Serangga ini akan dibandingkan dengan spesimen dalam koleksi serangga yang telah lengkap dilabel dan dicam. Serangga tersebut juga akan dicam menggunakan gambar atau huraian pada buku. Cara yang lain adalah seperti penggunaan kekunci dikotomi. Kekunci dikotomi yang lengkap dengan gambar adalah amat berguna kepada golongan pakar dan amatur (Cedric, 2005).

1.2 Justifikasi kajian

Kebanyakan spesies *Amata* seperti *A. egenaria* dan *A. prepuncta* adalah endemik iaitu spesies yang hanya terdapat di Borneo (Holloway, 1988). Serangga yang endemik kepada Borneo termasuklah rama-rama adalah sangat sensitif terhadap perubahan persekitaran dan mempunyai keperluan habitat dan pemakanan yang spesifik (Horner-Devine *et al.*, 2003) dan oleh itu, sangat penting untuk dikaji kerana ia mempunyai nilai-nilai pemuliharaan yang tinggi.

Kajian ini memfokuskan kepada *A. egenaria* dan *A. prepuncta* kerana kedua-dua spesies ini paling banyak dijumpai di ladang koko tetapi ia sangat sukar untuk dikenalpasti kerana kedua-duanya mempunyai morfologi luaran seperti saiz tubuh dan corak sayap yang hampir sama. Oleh itu, proses identifikasi rama-rama ini hanya dapat dilakukan secara tepat dengan mengkaji struktur organ pembiakan jantan rama-rama tersebut. Kajian ini juga dijalankan untuk mengecam spesies kriptik, *A. egenaria* dan *A. prepuncta* menggunakan struktur organ pembiakan jantan dan kekunci dikotomi berasaskan kepada struktur morfologi luaran.

1.3 Objektif

- i. Mengkaji perbezaan struktur organ pembiakan jantan antara *A. egenaria* dan *A. prepuncta*
- ii. Menulis kekunci dikotomi rama-rama untuk membezakan *A. egenaria* dan *A. prepuncta*

BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 Pengelasan Lepidoptera

Order Lepidoptera termasuk kupu-kupu dan rama-rama termasuk dalam kelas *Insecta* iaitu kelas yang terbesar di dunia. Dalam kelas ini, order Lepidoptera membentuk lebih daripada 165, 000 spesies (Robinson *et al.*, 1994). Dalam proses pengelasan, kupu-kupu dan rama-rama diatur dengan menggunakan sistem Linnean. Sistem ini telah diperkenalkan oleh seorang saintis Sweden yang bernama Carl Von Linne'.

Semasa penerbangan normal, sayap depan dan belakang Lepidoptera boleh dibahagikan kepada *Jugatae* dimana sayap serangga tersebut bersambung melalui unjuran dari sayap hadapan (*Jugum*) dan *Frenatae* dengan syarat terdapatnya organ yang dikhususkan untuk memasukkan sayap depan dan sayap belakang dengan tepat; pada bahagian sisi sayap belakang terdapatnya satu atau lebih bulu pendek dan keras (*frenulum*) yang dimasukkan ke dalam lobus atau setae yang keras (*retinakulum*) pada bahagian bawah sayap hadapan (Ivo dan Frantisek, 1980).

Ciri-ciri lain yang digunakan untuk mengelaskan Lepidoptera adalah dengan melihat pada sayapnya. Vena sayap hadapan dan belakang mungkin mempunyai bilangan yang sama dan sayapnya mungkin mempunyai bentuk yang sama (*Homoneura*); ataupun bentuk yang berbeza (*Heteroneura*). Seseengah famili Lepidoptera boleh dikelaskan mengikut bilangan duktus seksual betina iaitu kepada *Monotrysia* (mempunyai satu duktus seksual) dan *Ditrysia* (mempunyai dua duktus seksual) (Ivo dan Frantisek, 1980).



Lepidoptera turut dibahagikan kepada dua kumpulan iaitu Rhopalocera (kupu-kupu) dan Heterocera (rama-rama). Heterocera terbahagi kepada makrolepidoptera iaitu rama-rama bersaiz besar dan mikrolepidoptera iaitu rama-rama bersaiz kecil. Makrolepidoptera merupakan kumpulan yang lebih dikenali berbanding dengan mikrolepidoptera. Satu per empat daripada 165, 000 spesies rama-rama adalah dari kumpulan mikrolepidoptera. Mikrolepidoptera merangkumi famili seperti Pyraloidea, Tineoidea, Gelechioidea dan Tortricoidea. Terdapat 42 famili mikrolepidoptera yang telah dikenalpasti di Asia Tenggara (Robinson *et al.*, 1994).

Menurut Holloway (2005), rama-rama diklasifikasikan kepada 25 famili; Noctuidae, Cossidae, Metabelidae, Dudgeoneidae, Arctiidae, Lithosiinae, Geometridae, Ennominae, Noctuidae, Nolinae, Sarrothripinae, Catocalinae, Ophiderinae, Hypeninae dan juga sub familinya (Holloway, 1988). Walaubagaimanapun, kajian ini hanya akan membincangkan tentang spesies *Amata* dari famili Arctiidae kerana ia adalah kumpulan genus yang paling banyak didapati di ladang koko.

2.1.1 Famili Arctiidae

Arctiidae merangkumi daripada 11,000 spesies yang mana 50 peratus daripadanya terdapat di kawasan Neotropik (Watson dan Goodger, 1986). Di Borneo, Arctiidae dibahagikan kepada empat subfamili utama iaitu Syntominae, Euchromiinae, Aganainae dan Arctiinae (Holloway, 1988). Banyak spesies dalam famili Arctiidae yang mempunyai warna yang cerah. Ini adalah satu daripada mekanisma perlindungan yang berfungsi sebagai amaran kepada pemangsa bahawa spesies tersebut tidak sesuai untuk dimakan.

Kebanyakan Arctiidae menghasilkan bahan kimia beracun seperti *histamines*, *pyrazines*, *acetylcholine* dan *cajin* yang digunakan sebagai perlindungan. Bahan kimia ini dihasilkan apabila larva memakan tumbuhan perumah (Weller *et al.*, 1999). Tumbuhan perumah ini selalunya mengandungi bahan-bahan kimia seperti *alkaloid pyrolizidine*, *glycoside cardiac* dan *iridoid glycosides*.

Terdapat spesies dalam famili Arctiidae yang beradaptasi dengan melakukan mimikri ke atas serangga seperti kupu-kupu beracun, kumbang, lipas dan juga

tebuan. Mimikri ini banyak berlaku pada subfamili *Euchromiini*. Sesetengah dari spesies *Euchromiini* ini hampir serupa dengan tebuan yang dimimikinya (Simmon dan Weller, 2002). Mimikri ini jelas kelihatan terutamanya pada bahagian abdomen serangga tersebut seperti warna gelang pada bahagian segmen abdomen (Weller *et al.*, 2000).

Arctiidae mempunyai banyak spesies yang dianggap sebagai serangga perosak yang penting kepada tanaman seperti koko (Sunshine *et al.*, 2007). Terdapat sekurang-kurangnya enam spesies dari genus *Diacrisia*. Tiga genus yang utama adalah *Diacrisia auriantica*, *Diacrisia maculosa* dan *Diacrisia ratrayi*. Serangga ini menyerang daun muda pada pokok koko pada peringkat larva.

2.2 Kepentingan organ pembiakan jantan dalam pengecaman

Pengecaman melalui struktur organ pembiakan serangga sudah lama digunakan dalam proses pengelasan spesies terutamanya dalam bidang sistematik. Pengecaman melalui ciri-ciri yang terdapat pada organ pembiakan telah digunakan secara meluas di seluruh dunia kerana selalunya setiap spesies yang dicam mempunyai struktur organ pembiakan jantan yang unik dan berbeza antara satu spesies dengan spesies yang lain (Arnqvist dan Danielson, 1999; Nice dan Shapiro, 1999; Hosken dan Stockley, 2004).

Menurut Muttanen *et al.* (2007), pengecaman serangga dari spesies yang sama dari segi morfologi luarannya selalunya bergantung kepada pembedahan bahagian organ pembiakan untuk membezakan spesies tersebut menjadikan organ pembiakan satu aset yang penting dalam kajian taksonomi.

Variasi pada morfologi organ pembiakan sering dibincangkan dalam kajian taksonomi dan biasanya lebih banyak analisis secara subjektif dan bukannya kuantitatif dilakukan dan selalunya ukuran-ukuran saiz lebih banyak diambil berbanding maklumat seperti bentuk morfologi organ tersebut (Zelditch *et al.*, 2004). Saiz merupakan satu ciri yang penting terutama pada saiz organ pembiakan dimana kajian telah membuktikan terdapat variasi yang kurang pada organ pembiakan berbanding saiz badan serangga (Eberhard *et al.*, 1998).

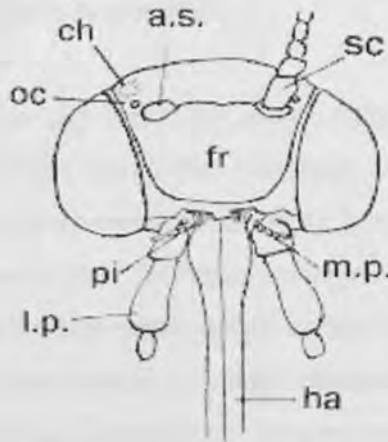
2.3 Morfologi rama-rama yang penting untuk pengecaman

Terdapat dua kaedah pengecaman rama-rama yang telah digunakan oleh para penyelidik iaitu penggunaan kekunci dikotomi dan struktur organ pembiakan jantan (Holloway 1985, 1999, 2005). Proses pengecaman rama-rama menggunakan kaedah kekunci dikotomi dibina berasaskan kepada struktur morfologi luaran sesuatu spesies tersebut. Kekunci dikotomi wujud dalam bentuk cabang yang berpasangan. Setiap cabang mempunyai pernyataan yang berlawanan. Contohnya, cabang pertama; 1a. mempunyai sayap dan cabang kedua; 1b. tidak mempunyai sayap. Pilihan akan dibuat berdasarkan ciri-ciri apakah yang paling sesuai untuk menggambarkan spesies tersebut. Cabang-cabang ini akan berterusan sehinggalah spesies yang ingin dicam akan dapat ditemui (Gary, 1996).

Morfologi luaran rama-rama yang sering digunakan untuk membina kekunci dikotomi ialah warna dan bentuk kepala, warna dan bentuk toraks, corak dan ciri sayap, panjang kaki dan corak pada abdomen. Ciri-ciri ini amat penting untuk dijadikan sebagai kekunci yang dapat digunakan untuk membezakan serangga terutamanya serangga dari famili dan genus yang sama (Cedrick, 2005). Contohnya, rama-rama *Targala albiceps* mempunyai corak sayap yang sama dengan *T. duplicilinea* tetapi kedua-dua spesies ini dapat dibezakan melalui titik putih yang terdapat pada bahagian hadapan dan *post-reniform cevron* sayap (Holloway, 1985). Proses pengecaman rama-rama menggunakan organ pembiakan jantan selalunya melibatkan penelitian terhadap struktur dalaman seperti kepanjangan *uncus*, *tegument*, *gnathos*, *transtilla*, *valve*, *sacculus*, *vinculum*, *aedaegus* dan sebagainya. Struktur organ pembiakan jantan sering digunakan sebagai sumber kajian filogeni terutamanya pada peringkat *taxa* (Kitching, 2002; Sihvonen dan Kaila, 2004).

2.3.1 Morfologi luaran rama-rama

a. Kepala



Rajah 2.1 Bahagian hadapan kepala Lepidoptera; label: ch, *chaemosmata*; oc, *ocellus*; a.s., *antennal sockets*; sc, *scapes*; fr, *frons*; pi, *pilifres*; m.p., *maxillary palpus*; l.p., *labial palpus*; ha, *haustellum*
Sumber: Resh dan Carde, 2003

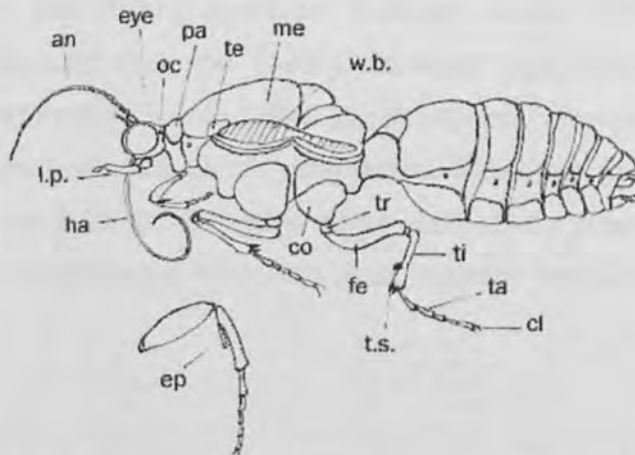
Bahagian kepala rama-rama dewasa mempunyai bentuk *ovoid*. Ia juga mempunyai warna yang berbeza-beza mengikut spesies. Bahagian mulut rama-rama turut terletak di kepala yang mengandungi pelbagai organ deria di atas dan pada mulut serangga tersebut (Cedric, 2005). Bahagian belakang kepala terdapatnya *occipital foramen* dimana kebanyakan organ dalaman bersambung dengan bahagian toraks dan abdomen rama-rama. Kepala rama-rama selalunya diliputi dengan sisik-sisik halus yang nipis tetapi terdapat juga sebilangan daripada sisik-sisik halus ini mempunyai bentuk seperti rambut halus ataupun berbentuk jambul (Common, 1990).

Organ yang paling mudah dilihat pada kepala adalah bahagian mata dan antenna. Mata rama-rama terdiri daripada bentuk-bentuk heksagon yang kecil ataupun *ommatidia*. Antena juga terletak di bahagian kepala. Struktur asas antena terbahagi kepada tiga iaitu bahagian tapak (*scape*) yang bersambung dengan permukaan kepala, bahagian *pedicel* dan bahagian *flagellum* (Chapman, 1998). Bahagian ini juga mempunyai *sensilla* yang juga dikenali sebagai organ Johnston dan *flagellum*. *Sensilla* berfungsi untuk mengesan bau. Bahagian *flagellum* selalunya panjang dan berbentuk cincin. Kepelbagaian *sensilla* antena berkait rapat dengan kepelbagaian ekosistem dimana rama-rama ini tinggal dan berpotensi untuk dijadikan maklumat untuk kajian

filogeni (Faucheux *et al.*, 2006). *Flagellum* pada rama-rama jantan selalunya lebih kompleks berbanding dengan *flagellum* pada rama-rama betina. Menurut Kukulova (1992), bahagian tapak, *pedicel* dan *flagellum* adalah bersifat homolog dengan bahagian *subcoxa*, *coxa* pada bahagian kaki.

Bentuk paling ringkas bagi sesungut adalah dalam bentuk *monoliform* dimana bahagian segmen ini berbentuk *ovoid* dan bahagian di antara segmen adalah rapat (Common, 1990). Antena rama-rama betina lebih kerap mempunyai bentuk *filiform* berbanding rama-rama jantan dan terdapat bahagian *setae sensor* atau *cilia* pada antena. Bahagian *flagellum* rama-rama jantan dalam kumpulan lain mempunyai *cilia* yang lebih panjang. Rama-rama jantan selalunya mempunyai *flagellum* yang berbentuk *pectinate* dengan setiap segmen mempunyai satu sehingga empat cabang. Selalunya bahagian *flagellum* yang sering kali dimodifikasi. Contohnya, pada sesetengah rama-rama jantan dan kumbang bahagian *flagellum* adalah berbentuk *plumose* dan *flabellate* (Cedric, 2005).

b. Toraks



Rajah 2.2 Anatomi rama-rama (*Ditrysiyan*). Label: an, *antenna*; eye, *compound eye*; oc, *ocellus*; l.p, *labial palpus*; ha, *haustelum (Proboscis)*; pa, *patagium*; te, *tegula*; me, *mesoscutum*; w.b, *wing base*; co, *coxa*; tr, *trochanter*; fe., *femur*; ti, *tibia*; t.s, *tibial spurs*; ta, *tarsomeres*; cl, *tarsal claws*; ep, *epiphysis*.

Sumber: Resh dan Carde, 2003

Rama-rama mempunyai bentuk dan saiz toraks yang berbeza mengikut famili dan spesies. Struktur toraks digunakan dalam pengelasan taxa dan pada pengecaman genera famili Noctuidae (Ross, 2000). Bahagian toraks dibahagikan kepada tiga bahagian iaitu protoraks, mesotoraks dan metatoraks. Ketiga-tiga bahagian ini bercantum dengan rapat dan tidak mudah untuk dicam antara satu sama lain. Setiap bahagian membawa sepasang kaki (Barlow, 1982).

Bahagian protoraks mempunyai saiz yang kecil. Pada sesetengah kumpulan primitif rama-rama saiz metatoraks adalah hanya kecil sedikit berbanding dengan metatoraks. Mesotoraks adalah segmen yang paling besar pada toraks. Dalam mesotoraks rama-rama dari famili Noctuidae, Notodontiidae, Arctiidae dan Lymantriidae mempunyai struktur tympanum yang digunakan untuk mengesan bunyi ultrasonik yang dikeluarkan oleh kelawar (Ross, 2000). Sotoraks membawa sepasang *dorsal plate* yang bersambungan, bahagian *tegulae* sekali sekala mempunyai sisik atau bulu halus dan mempunyai warna berlainan yang ketara berbanding dengan toraks (Barlow, 1982).

Dinding toraks terdiri daripada lapisan *sclerotized plates* yang bersambungan diantara satu sama lain melalui membran. Bahagian dorsal setiap segmen dikenali sebagai *notum*. Menurut Common (1990), terdapat tiga *notum* iaitu *pronotum*, *mesonotum* dan *metanotum*. Toraks selalunya dilitupi oleh sisik yang berlapis-lapis dan selalunya sisik toraks berbentuk filifom yang lateral. Kehadiran sisik-sisik pada rama-rama memberikan perlindungan terhadap faktor alam sekitar seperti suhu yang sejuk dan membolehkan penerbangan dilakukan pada kawasan beriklim sejuk (Kristensen, 1984).

c. Sayap

Warna dan corak pada sayap boleh digunakan sebagai maklumat untuk membuat pengelasan rama-rama. Bahagian sayap adalah bermembran dan selalunya dipenuhi dengan sisik pada bahagian atas dan bawahnya tetapi pada sesetengah spesies seperti *Sphingid cephonodes hylas*, sisik tersebut digugurkan semasa kali pertama rama-rama tersebut terbang (Barlow, 1982). Bahagian vena ataupun urat pada sayap merupakan salah satu ciri penting yang digunakan dalam proses pengelasan rama-rama.

Rama-rama primitif seperti kumpulan Microptegridae, Agathiphagidae, Lophocoronidae dan Exoporia di mana urat pada bahagian sayap hadapan dan sayap belakang adalah sama dan keadaan ini dikenali sebagai *Homoneurous*. Kumpulan rama-rama yang lebih maju mempunyai vena yang lebih banyak pada bahagian sayap hadapan berbanding sayap belakang dan keadaan ini dikenali sebagai *Heteroneurous* (Common, 1990). Bahagian utama yang menyokong membran sayap diperolehi dari vena yang terdapat di sepanjang sayap tersebut. Vena ini boleh membentuk cabang-cabang yang tertentu. Menurut Wootton dan Ennos (1989), bentuk cabang-cabang ini boleh digunakan untuk pengecaman dan pengelasan serangga.

d. Kaki

Sepasang kaki terlekat pada setiap tiga bahagian toraks. Bahagian kaki dibahagikan kepada lima segmen iaitu *coxa*, *trochanter*, *femur*, *tibia*, *tarsus*, dan *pretarsus*. *Tarsus* mempunyai lima bahagian segment. *Pretarsus* mempunyai tapak yang mempunyai dua kuku. *Femur* atau *tibia* selalunya adalah bahagian segmen yang terpanjang. Perbezaan morfologi antara famili dapat dilihat pada bahagian kaki sebagai contoh kaki hadapan nymphalids adalah pendek. Pyralidae pula mempunyai kaki belakang yang panjang. Bahagian cangkuk pada kaki juga mempunyai perbezaan mengikut famili dan spesies rama-rama dari segi bentuk dan bilangan. Terdapat juga lepidoptera yang lansung tidak mempunyai ciri-ciri ini. Perbezaan morfologi ini dapat digunakan untuk membezakan genera dan famili lepidoptera (Barlow, 1982).

e. Abdomen

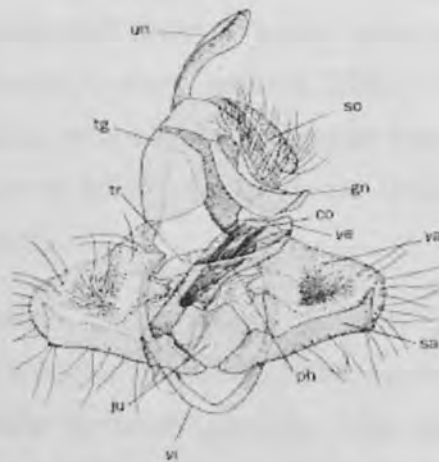
Bahagian abdomen dibahagikan kepada sepuluh segmen yang dapat dialihkan atau dipindahkan dimana segmen yang pertama dikecilkan. Bahagian yang ketujuh dan kelapan diubahsuai untuk menampung organ pembiakan. Bahagian abdomen kesembilan dan kesepuluh bercantum dan diubahsuai untuk membentuk organ pembiakan. Bahagian *sternum* segmen pertama pada famili *homoneurous* adalah kecil dan tidak wujud pada famili lepidoptera yang lain. Artikulasi pada *toraks* dan bahagian abdomen dicapai melalui cantuman otot pada bahagian *apodemes* yang terkeluar daripada *sternite* (Resh dan Carde, 2003).

Terdapat sepasang organ timpanal pada bahagian bawah abdomen pada Pyraloidae dan Geometroidae. Terdapat banyak bahagian kelenjar yang berkaitan dengan proses mengawan pada rama-rama jantan. Ciri-ciri ini selalunya dalam bentuk rerambut yang boleh mengembang ataupun sebagai kantung yang boleh dimasukkan keluar dan ke dalam (coremata) yang berasal dari bahagian membran *intersegmental* pada bahagian bawah organ pembiakan dan pada segmen lain (Resh dan Carde, 2003).

Kebanyakan Noctuoidea membawa sepasang organ *tympanal* yang digunakan untuk mengesan bunyi. Masing-masing terletak pada bahagian bukaan lateral pada abdomen. Pada Arctiidae bahagian *metepisternum*, iaitu sklerit lateral pada bahagian hadapan organ timpanal mempunyai alunan yang dikenali sebagai mikrotimbals. Otot yang bersambung dengan bahagian dalam sklerit menyebabkan mikrotimbals digerakkan dalam urutan tertentu yang menyebabkan bunyi klik ultrasonik (Common, 1990). Abdomen turut membawa organ penghadaman, respirasi, organ perkumuhan, dan gonad dibentuk pada rama-rama betina untuk penghasilan telur (Barlow, 1982).

2.3.2 Morfologi dalaman rama-rama

a. Organ pembiakan jantan



Rajah 2.3 Organ pembiakan rama-rama jantan (*Tortricidae*), Label: un, *uncus*; tg, *tegument*; so, *socii*; gn, *gnathos*; tr, *transtilla*; ju, *juxta*; va, *valve*; sa, *sacculus*; vi, *vinculum*; ph, *phallus* (aedeagus); ve, *vesica*; co, *cornuti*.

Sumber: Resh dan Carde, 2003

Organ pembiakan terdiri daripada dua struktur utama iaitu struktur asas dan struktur khas. Struktur asas terdapat pada semua serangga namun dalam bentuk yang berbeza-beza. Struktur kedua pula merupakan struktur yang hanya terdapat pada sesuatu kumpulan ataupun spesies serangga tersebut dan ciri-ciri ini dapat digunakan untuk pengecaman spesies (Cedric, 2005).

Kajian perbandingan menunjukkan bahawa pada semua serangga struktur asas organ pembiakan serangga terdiri daripada sepasang *phallic lobes primer* dan cabang *ectodermal* pada segmen kesepuluh abdomen. Namun, pada *Ephemeroptera* ia kekal sebagai dua lobus yang berasingan. Menurut Holloway (1988), kehadiran sepasang salur pada bahagian atas dan bawah lobus *ovipositor* merupakan satu ciri unik yang berpotensi untuk digunakan untuk pengelasan Arctiidae.

Organ pembiakan merupakan bahagian pada serangga dewasa yang berfungsi dalam proses pembiakan dan selalunya terletak daripada segmen ketujuh dan segmen kesepuluh pada abdomen. Bahagian ini adalah penting untuk tujuan pengecaman spesies dan untuk tujuan klasifikasi. Pada organ pembiakan jantan, segmen kesembilan membentuk bahagian dorsal yang berbentuk tudung dikenali sebagai *tegumen* yang bersambungan dengan bahagian *ventral* berbentuk U yang dikenali sebagai *vinculum* (Common, 1990).

Bahagian *saccus* pula adalah bahagian yang berbentuk *cylindrical* selalunya terjulur ke hadapan daripada bahagian *vinculum* ke bahagian kaviti abdomen. Bahagian yang terjulur keluar pada bahagian dorsal tengah pada *tegumen* dikenali sebagai *uncus* yang mempunyai bentuk yang berlainan samada *bifid*, *trifid*, pengurangan atau tiada langsung *uncus* (Common, 1990). *Uncus* mewakili kesemua bahagian organ yang terdapat pada segmen kesepuluh atau sebagai apendaj segmen tersebut. Bahagian atas *uncus* boleh wujud dalam keadaan sedikit bengkok dan membentuk *furca* (Ross, 2000).

Pada bahagian bawah *uncus* adalah *gnathos* yang terbentuk daripada sambungan *tegumen* pada bahagian bawah dan selalunya bersambung pada bahagian tengah. Pada bahagian lateral terdapat sepasang *valva* pada bahagian bawah yang bersambungan dengan *vinculum* dan *tegumen*. *Valva* merupakan organ yang berfungsi untuk memegang organ pembiakan serangga betina sewaktu proses mengawan (Mutanen, 2006).

RUJUKAN

- Arnqvist G. dan Danielson I. 1999. Copulatory Behavior, Genital Morphology and Male Fertilization Success in Water Striders. *Evolution*. **53**: 147-156
- Barlow H. S. 1982. *An Introduction to the Moths of Southeast Asia*. Malayan Nature Society. Kuala Lumpur. 6-56
- Beck J. dan Chey, V. K. 2007. Beta Diversity of Geometrid Moths from Northern Borneo: Effect Of Habitat, Time and Space. *Journal of Animal Ecology*. **70**: 230-237
- Beljaev, E. A. 2009. Phylogenetic Relationships of the Geometroid Lepidoptera (Lepidoptera: Cimeliidae, Epicopeiidae, Sematuridae, Drepanidae, Uraniidae. 134-136 in: Hausmann, A. (Ed.): *Proceedings of the Fifth Forum Herbulot 2008. Global Strategies For Plotting Geometrid Biodiversity in Web-Based Databases (Munich, ZSM, 24-28 June 2008)*. – *Spixiana*. **32**. 134-136
- Cedrick G. 2005. *Entomology*. Springer Publication. 3rd edition. New York. 24-97
- Chapman R.F. 1998. *The Insects: Structure and Function*. 4th Edition. Cambridge University Press, Cambridge. United Kingdom. 770
- Common, I.F.B. 1990. *Moths of Australia*. Melbourne University Press. Melbourne. 5-156
- Dubatolov, V.V. and Holloway, J. 2007. A New Species of the *Cretonotos Transiens*-Group (Lepidoptera: Arctiidae) from Sulawesi, Indonesia. *Bonner Zoologische Heftreihe*. **55**: 113-121
- Eberhard W.G., Huber B.A., Rodriguez R.L.S., Briceno R.D., Salas I. dan Rodriguez V. 1998. One Size Fits All? Relationships Between the Size and Degree of Variation in Genitalia and Other Body Parts in Twenty Species of Insects and Spiders. *Evolution*. **52**: 415-431.
- Faucheux, M. J., Kristensen, N.P. dan Yen, S.H. 2006. The Antennae Of Neopseustid Moths: Morphology and Phylogenetic Implications, With Special Reference to the sensilla (Insecta, Lepidoptera, Neopseustidae). *Zoologischer Anzeiger*. **245**: 131-142
- Gary P. Dunn. 1996. *Insect of the Great Lakes Region*. University Of Michigan Press. United States of America. 41-47
- Gilligan, T. M. dan Wenzel, J. W. 2008. Extreme Intraspecific Variation in *Hystriophora* (Lepidoptera: Tortricidae) Genitalia — Questioning The Lock-And-Key Hypothesis. *Ann. Zool. Fennici*. **45**: 465-477.
- Gullen P.J dan P. S Cranston. 2010. *The Insect: an Outline of Entomology*. 4th edition. Blackwell Publishers. Oxford. 459-467
- Hamon C. dan Chauvin G. 1992. Ultrastructural Analysis of Spermatozoa of *Korscheltellus Lupulinus* L. (Lepidoptera: Hepialidae) and *Micropterix calthella* L. (Lepidoptera : Micropterigidae). *Int. J. Insect Morphol. Embryol*. **21**. 149-160.
- Holloway, J.D. 1983. The Moths of Borneo: Family Notodontidae. Part 4. *Malayan Nature Journal*. **37**: 1-107.
- Holloway, J.D. 1985. The Moths Of Borneo: Family Noctuidae: Subfamilies *Euteliinae*, *Stictepterinae*, *Plusiinae*, *Pantheinae*. *Malayan Nature Journal*. **38**. 157-317
- Holloway J. D, Bradley D.J, Carter dan Retts C. R. Betts. 1987. IIE Guides to Insect of Importance to Man. *Lepidoptera* , Vol. 1. International Institute Of Entomology. London. 1-6
- Holloway, J.D. 1988. The Moths of Borneo: Family Arctiidae, Subfamilies *Syntominae*, *Euchromiinae*, *Arctiinae*; *Noctuidae* Misplaced in Arctiidae (*Camptoloma*, *Aganainae*). Part 6. *Malayan Nature Journal*. Kuala Lumpur: 1-107
- Holloway, J.D. 1999. The Moths of Borneo: Lymantriidae. Part 5. *Malayan Nature Journal* . **53**: 1-188.



- Holloway, J.D. 2005. The Moths Of Borneo: Family Noctuidae, Subfamily *Catocalinae*. *Malayan Nature Journal*. **58**: 1-529.
- Horak, M., with Contributions by F. Komai. 2006. *Olethreutine* Moths of Australia (Lepidoptera: *Tortricidae*), in Horak, M. (Ed.), *Monographs on Australian Lepidoptera*. CSIRO Publishing. **10**: 522.
- Horner-Devine, M.C., Daily, G.C Ehrlich, P.R. and Boggs, C. L. 2003. Countryside Biography of Tropical Butterflies. *Conservation Biology* .**17**: 168-177
- Hosken, D. dan Stockley P. 2004. Sexual Selection and Genital Evolution. *Trends in Ecology and Evolution* .**19**: 87-93.
- Ivo Novak dan Frantisek Severa. 1980. *A Field Guide To Butterflies And Moth*. Octopus Book Limited. London. 1-50
- Kitching, I. J. 2002. The Phylogenetic Relationships of Morgan's Sphinx, *Xanthopan Morganii* (Walker), The Tribe *Acherontiini*, and Allied Long-Tongued Hawkmoths (Lepidoptera: Sphingidae, Sphinginae). *Zoological Journal of the Linnean Society*. **135**: 471-527.
- Kristensen N.P. 2003. *Lepidoptera, Moths and Butterflies. Evolution, Systematics, and Biogeography*. Volume 1. Walter De Gruyter. Berlin. 7-25.
- Kukalova-Peck, J.1992. The "Uniramia" Do Not Exist: The Ground Plan of the Pterygota as Revealed by Permian Diaphanopteroidea from Russia (Insecta: *Palaeodictyopteroidea*), *Can. J. Zool.*, **70**: 236-255
- Mikkola K. 2007. The Rise Of Eversion Technique in Lepidopteran Taxonomy (Insecta: Lepidoptera) *SHILAP Revta. Lepid.* **35. (139)**: 335-345
- Mohamed Salleh Mohamed Said. 1983. *Pengantar Entomologi*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur.
- Monin S., Henderson S., Fabrick J.A., Yves C., Timothy J.D., Brown K. J dan Tabasmit B. E. 2004. *DNA Based Detection of Bt Resistance Alleles in Pink Bollworm. Insect Biochemical Molecular Biology. Elsevier. University Of Arizona.* **34**: 1225-1233
- Mutanen M. 2006. Genital Variation in Moths-Evolutionary and Systematic Perspectives. ACTA. Universitatis Ouluensis. *A Scientific Rerum Naturalium*. Finland. 459.
- Mutanen, M., Rytkonen, S, Linden, J. dan Sinkkonen, J. 2007. Male Genitalia Variation in Moth *Pammene Inedersiana* (Lepidoptera: Totricidae), *European Journal of Entomology*. **104**: 259-265
- Nice C.C dan Shapiro A.M. 1999. Molecular and Morphological Divergence In The Butterfly Genus *Lycaeides* (Lepidoptera: Lycaenidae) In North America: Evidence Of Recent Speciation. *Journal Of Evolutionary Biology* . **12**: 936-950.
- Sihvonen P. dan Lauri Kaila. 2004. Phylogeny and Tribal Classification Of Sterrhinae With Emphasis On Delimiting Scopulini (Lepidoptera: Geometridae). *Systematic Entomology*. **29**: 324-358
- Resh, V.H. dan R.T. Carde. 2003. *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, San Diego. 1st ed. 156-1266
- Robinson, G.S., Tuck, K.R. dan Shaffer, M. 1994. *A Field Guide to the Smaller Moths of South-East Asia*. Malaysian Nature Society. Kuala Lumpur. 309
- Ross H. Amett, Jr. 2000. *American Insects: A Handbook of the Insects of America North of Mexico*. 2nd Edition. United States of America. 636-641
- Scoble M.J. 1995. *The Lepidoptera: Form, Function And Diversity*. Oxford University Press, Oxford. 404
- Sheridan J. Coakes dan Lyndall G. Steed. 2006. *SPSS Version 14.0 For Windows: Analysis Without Anguish*. John Wiley and Sons Australia Publisher. Australia. 64-70

- Sihvonen P. dan Kaila L. 2004. Phylogeny and Tribal Classification Of *Sterrhinae* With Emphasis On Delimiting Scopulini. *Syst. Entomol.* **29**: 324–358.
- Simmons, R.B., dan S.J. Weller. 2002. Do Müllerian Mimics Exist in Nature? A Phylogenetic Test In Tiger Moths (Lepidoptera: Arctiidae: Euchromiini). *Proceedings Of The Royal Society Of London-Series B: Biological Sciences.* **269**. 983-990
- Sonenschein M. dan Hauser C.L. 1990. Presence of Only Eupyrene Spermatozoa in Adult Males of the Genus *Micropterix* hubner and Its Phylogenetic Significance (Lepidoptera:Zeugloptera, Micropterigidae).*Int. J. Insect Morphol. Embryol.* **19**: 269–276
- Sunshine A. Van Bael, Peter Bichier dan Russell Greenberg. 2007. Bird Predation on Insects Reduces Damage to the Foliage of Cocoa Trees (*Theobroma Cacao*) in Western Panama. *Journal Of Tropical Ecology.* **23**: 715-719
- Tarman, G. M. 2004. *Zygaenid Moth of Australia. A Revision Of The Australian Zygaenidae (Procridinae: Artonini) Monographs On Australian Lepidoptera.* Volume 9. CSIRO Publishing, Victoria: 248
- Watson dan Goodger. 1986. Catalogue Of the Neotropical Tigermoths *Occ. Papers On Syst. Entomology* .**1**: 1-71
- Weller S.J, Jacobsen N.L, Conner W.E. 1999.The evolution of chemical defenses and mating systems in tiger moths (Lepidoptera: Arctiidae). *Biol J. Linnean Society.* **68**: 557–578.
- Weller, S.J., R.B. Simmons, R. Boada, dan W.E. Conner. 2000. Abdominal Modifications Occurring in Wasp Mimics of the Ctenuchine-Euchromiine Clade (Lepidoptera: Arctiidae). *Annals Of The Entomological Society Of America.* **93**: 920-928
- Wootton R. J. dan Ennos A. R. 1989. The Implications Of Function On The Origin and Homologies Of The Dipterous Wing. *Systematic Entomology.* **14**: 507-520.
- Yata, O. 1989. A Revision Of The Old World Species Of The Genus *Eurema* Hübner (Lepidoptera, Pieridae). Part I. Phylogeny and Zoogeography Of The Subgenus *Terias* Swainson And Description Of The Subgenus *Eurema* Hübner. *Bulletin Of The Kitakyushu Museum Of Natural History.* **9**: 1-103.
- Zelditch M.L., D.L. Swiderski, H.D. Sheets dan W.L. Fink. 2004. *Geometric Morphometrics for Biologist: A Primer.* Elsevier Academic Press. London: 443