

KEPELBAGAIAN ODONATA DAN POTENSINYA SEBAGAI BIOINDIKATOR UNTUK KUALITI
AIR DI HUTAN SIMPAN HIDUPAN LIAR TABIN,
LAHAD DATU, SABAH.

LEE HUI KEE

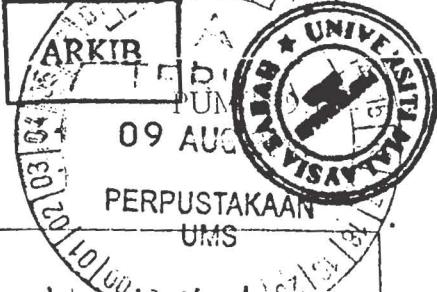
PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DISERTAI INI 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

263067



UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: Kegelbagaiannya Odonata dan Potensiannya Sebagai Biomonitor untuk
di Hutan Simpan Tidupan Liar Tabin, Lahad Datu, Sabah.

IJAZAH: S.M. (Kep.)

SAYA: IEE HU KEE
(IJAZAH BESAR)

SESSI PENGAJIAN:

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

1. Tesis adalah halamik 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 tandatangani (/)

SULIT

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

TERHAD

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

TIDAK TERHAD

(TANDATANGAN PENULIS)

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Disahkan oleh NURULAIN BINTI ISMAIL

LIBRARIAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

(TANDATANGAN PUSTAKAWANI)

Alamat tetap: NO. 7, JALAN TASEK 30
BANDAR SERI ARAK, 81750 MASAI, JOHOR.

Dr. Amran Hadi bin Mohamed @ Idris.
NAMA PENYELIA

Tarikh: 19/6/15

Tarikh: _____

Catatan :- * Potong yang tidak berkemas.

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

*Tesis dinakarukurkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (I.PSM)

PERPUSTAKAAN UMS



* 1000368772 *



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.



LEE HUI KEE
(BS12110273)

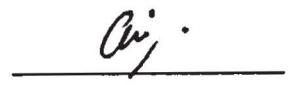
19 Jun 2015

DIPERAKUKAN OLEH

Tandatangan

1. PENYELIA

(DR. ARMAN HADI MOHMAD@FIKRI)



2. PEMERIKSA

(DR. SAHANA BINTI HARUN)



PENGHARGAAN

Saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada penyelia saya, Dr. Arman Hadi Mohmad@Fikri. Beliau banyak memberi tunjuk ajar, idea-idea yang bermas serta komen-komen yang membina sepanjang projek ini berlangsung. Segalanya bergerak lancar dengan jayanya atas bantuan dari beliau. Selain itu, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pemeriksa saya, Dr. Sahana Binti Harun yang banyak memberi cadangan dan mengajar saya cara-cara untuk menjalankan analisis.

Seterusnya, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada En. Faizul Hafizi dan pembantu penyelidik iaitu En. Alvinus. Mereka banyak membantu dan memberi nasihat semasa kerja lapangan dijalankan. Kepada staf ITBP, En. Hong Meng Chin dan En. Simon serta staf BORA di Tabin yang banyak membantu ketika persampelan dilakukan. Selain itu, tidak dilupakan juga kepada sahabat-sahabat yang banyak menolong dan memberi tunjuk ajar serta motivasi dan berkongsi idea dalam menyiapkan projek tahun akhir ini. Audrey, Wai Shu, Hian Tat, Emin, Poey Tee, Ashraf, Leonardo dan juga nama-nama yang tidak dapat saya muatkan di sini, terima kasih kepada semua yang terlibat secara langsung dan tidak langsung.

Akhir sekali adalah terutama iaitu keluarga saya sendiri. Terima kasih atas kasih sayang dan sokongan yang sentiasa ada di belakang saya, dan sentiasa mendoakan kejayaan saya di sepanjang perjalanan hidup saya selama ini.

Sekali lagi jutaan terima kasih saya ucapkan.

ABSTRAK

Kajian ini telah dijalankan di sepanjang Sungai Lipad dalam Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin, Lahad Datu, Sabah. Kajian ini bertujuan untuk (1) mengkaji kepelbagaian Odonata (Anisoptera & Zygoptera) yang terdapat di kawasan ladang kelapa sawit dan kawasan hutan simpan hidupan liar Tabin, Sabah; (2) mengkaji hubungan di antara kualiti air dan kepelbagaian larva Odonata di sungai Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin; dan (3) menentukan potensi larva Odonata sebagai bioindikator untuk kualiti air di dalam sungai Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin, Sabah. Aktiviti persampelan larva dan dewasa Odonata dilakukan dengan menggunakan teknik jaring tendang (*kick net*) dan jaring aerial. Secara keseluruhannya, sebanyak 228 individu yang mewakili tujuh famili, 20 genera dan 29 spesies dewasa Odonata telah dikenalpasti. Indeks Shannon-Wiener menunjukkan kepelbagaian spesies dewasa Odonata adalah lebih tinggi di kawasan ladang kelapa sawit berbanding dengan kawasan hutan simpan hidupan liar. Litupan kanopi, pengaruh cahaya, kesesuaian habitat dan adaptasi memainkan faktor penting yang mempengaruhi kepelbagaian dan taburan dewasa Odonata. Bagi larva Odonata, terdapat 135 individu yang mewakili sembilan famili telah berjaya dikumpulkan. Famili Gomphidae didapati paling tinggi dalam bilangan genus dan juga jumlah keseluruhan individu. Daripada pengumpulan yang dibuat, kawasan ladang kelapa sawit mencatatkan kepelbagaian komuniti larva Odonata tertinggi. Morfologi, habitat, tingkah laku dan adaptasi didapati mempengaruhi taburan larva Odonata. Selain daripada itu, didapati kualiti air dan kandungan nutrien menjadi faktor pengelompokan kumpulan sungai yang dikaji. Parameter kualiti air digunakan untuk menilai kualiti air dan juga faktor-faktor yang mempengaruhi taburan serangga akuatik. Oleh itu, suhu, oksigen terlarut (DO), konduktiviti dan pH dapat mempengaruhi diversiti dan taburan larva Odonata. Indeks Family Biotic, Indeks Biology Monitoring Work Party (BMWP) dan Indeks Average Score Per Taxon (ASPT) menunjukkan tahap kualiti air di Sg. Lipad, Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin tidak tercemar dan masih dalam keadaan bersih. Melalui penggunaan indeks biotik, pemantauan dari segi fiziko-kimia dan kehadiran larva Odonata menunjukkan bahawa larva Odonata boleh digunakan sebagai bioindikator yang berpotensi dalam pengurusan ekosistem sungai.

ABSTRACT

DIVERSITY OF ODONATA AND THE POTENTIAL OF ODONATA AS BIOINDICATOR FOR WATER QUALITY IN TABIN WILDLIFE RESERVE, LAHAD DATU, SABAH.

A study had been carried out along Sg. Lipad at Tabin Wildlife Reserve, Lahad Datu, Sabah. The objectives of this study were to (1) study the diversity of Odonata (Anisoptera & Zygoptera) in oil palm plantation area and Tabin Wildlife Reserve area along Sg. Lipad, Sabah; (2) study the relationship between water quality and the diversity of Odonata larvae in Tabin Wildlife Reserve; (3) determine the potential of Odonata larvae as bioindicator for water quality in Tabin Wildlife Reserve, Sabah. Sampling activities were carried out by using kick net and aerial net. Overall, a total of 228 individuals representing seven families, 20 genus and 29 species of Odonata adults were identified from the sample collected. Based on the Shannon-Wiener diversity index, the diversity of Odonata adults was higher in oil palm plantations area compared with protected area. Canopy cover, effect of light, habitat suitability and adaptability of Odonata plays an important factor in influencing their diversity and distribution. For Odonata larvae, a total of 135 individuals were collected comprising of nine families of Odonata from the Sg. Lipad. The family of Gomphidae was the highest in the total number of individuals and the number of genus collected. From the sampling collection obtained, oil palm plantations area had the highest diversity of Odonata larvae community. Morphology, habitat, behavior and adaptability were found influenced the distribution of Odonata larvae. In addition, the water quality and nutrients become factors that formed the clusters of river. Water quality parameters were used to assess status of water quality and also evaluate the factors that affect the distribution of aquatic insects. Thus, temperature, dissolved oxygen (DO), conductivity and pH were showed that it can affect the diversity and distribution of Odonata larvae. Family Biotic index, index of Biological Monitoring Work Party (BMWWP) and an index of Average Score per Taxon (ASPT) showed that the status of water quality in Sg. Lipad is clean and not impacted by human activities. Together with the biotic index, water quality parameters and the present or absence of Odonata larvae in a stream indicated that Odonata larvae can be used as potential bioindicators in river ecosystem management.

ISI KANDUNGAN

MUKA SURAT

PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI FOTO	xiii
SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pengenalan	1
1.2 Justifikasi Kajian	3
1.3 Objektif Kajian	4
1.4 Skop Kajian	4
BAB 2 KAJIAN PERPUSTAKAAN	5
2.1 Ekosistem Sungai	5
2.2 Latar Belakang Odonata	7
2.2.1 Odonata	7
2.2.2 Klasifikasi Taksonomi Odonata	7
2.3 Morfologi Odonata	10
2.4 Kitaran Hidup Odonata	15
2.5 Pemantauan dan Pemonitoran Biologi	16
2.6 Penggunaan Odonata Sebagai Indikator Biologi (Bioindikator)	17

2.7	Habitat Odonata	18
2.8	Kepentingan Odonata	19
BAB 3	METODOLOGI	20
3.1	Lokasi Kajian – Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin, Lahad Datu, Sabah	20
3.2	Alat dan Radas	22
3.3	Kaedah Kajian	24
3.3.1	Persampelan Serangga Odonata	27
3.3.2	Kaedah Identifikasi	28
3.3.3	Pengukuran Parameter Air	28
3.4	Data Analisis	29
3.4.1	Indeks Kepelbagaian Shannon-Wiener (H')	29
3.4.2	Indeks Kesamarataan Spesies	29
3.4.3	Indeks Persamaan Sørensen	30
3.4.4	Korelasi Pearson	30
3.4.5	Indeks Biotik	30
a.	Indek Family Biotic (FBI)	31
b.	Indeks Biological Monitoring Work Party (BMWP)	32
c.	Average Score Per Taxon (ASPT)	32
BAB 4	KEPUTUSAN	34
4.1	Kepelbagaian Odonata di Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin, Lahad Datu, Sabah	34
4.1.1	Kepelbagaian spesies dewasa Odonata di Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin, Sabah	34
4.1.2	Kepelbagaian larva Odonata di Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin, Sabah	36
4.2	Kepelbagaian Komuniti Serangga Odonata di Kawasan Ladang Kelapa Sawit dan Kawasan Hutan Simpan Hidupan Liar, Tabin	37

4.2.1	Kepelbagaian komuniti dewasa Odonata di kawasan ladang kelapa sawit dan kawasan hutan simpan hidupan liar, Tabin	37
4.2.2	Kepelbagaian komuniti larva Odonata di kawasan ladang kelapa sawit dan kawasan hutan simpan hidupan liar	42
4.3	Indeks Diversiti	44
4.3.1	Indeks kepelbagaian Shannon-Wiener dan indeks kesamarataan bagi kawasan ladang kelapa sawit dan kawasan hutan simpan hidupan liar	44
4.3.2	Indeks Persamaan Sørensen bagi dewasa dan larva Odonata	45
4.4	Analisis Korelasi Pearson	46
4.5	Parameter Fiziko-kimia Air	47
4.6	Indeks Biotik Larva Odonata	48
BAB 5	PERBINCANGAN	50
5.1	Kepelbagaian Odonata di Hutan Simpan Hidupan Liar, Sungai Lipad, Tabin (TWR), Sabah	50
5.1.1	Kepelbagaian dewasa Odonata di kawasan ladang kelapa sawit dan kawasan hutan simpan hidupan liar, Tabin (TWR), Sabah	50
5.1.2	Kepelbagaian larva Odonata di kawasan ladang kelapa sawit dan kawasan hutan simpan hidupan liar, Tabin (TWR), Sabah	55
5.2	Hubungan antara Kualiti Air dan Kepelbagaian Larva Odonata	58
5.3	Larva Odonata Sebagai Bioindikator Kualiti Air	59
BAB 6	KESIMPULAN	61
RUJUKAN		63
LAMPIRAN		71

SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka Surat
3.1 Bahan dan radas dengan penerangan yang digunakan dalam kajian ini.	27
3.2 Lokasi stesen persampelan dalam kajian ini.	30
3.3 Indeks <i>Family Biotic (FBI)</i> .	38
3.4 Skor indeks <i>Biological Monitoring Work Party</i> .	38
3.5 Skor indeks <i>Average Score Per Taxon (ASPT)</i> dan penerangan kualiti air.	39
4.1 Komposisi dewasa Odonata mengikut famili, spesies, individu dan peratusan individu di Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin, Sabah.	41
4.2 Komposisi larva Odonata mengikut famili, individu dan peratusan individu di Sungai Lipad, Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin, Sabah.	44
4.3 Jumlah famili, spesies dan individu dewasa Odonata yang disampel di Sungai Lipad, Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin di dua kawasan yang berbeza.	46
4.4 Senarai suborder, famili, spesies dan jumlah individu dewasa Odonata di kawasan ladang kelapa sawit dan kawasan hutan simpan hidupan liar di Sungai Lipad, Tabin.	47
4.5 Jumlah famili dan individu larva Odonata yang disampel di Sungai Lipad, Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin di dua tempat yang berbeza.	50
4.6 Senarai suborder, famili dan jumlah individu larva Odonata di kawasan ladang kelapa sawit dan kawasan hutan simpan hidupan liar di Sungai Lipad, Tabin.	51
4.7 Indeks Kepelbagaiuan Shannon-Wiener dan Indeks Kesamarataan bagi dewasa Odonata.	53

No. Jadual	Muka Surat
4.8 Indeks Kepelbagaian Shannon-Wiener dan Indeks Kesamarataan bagi larva Odonata.	54
4.9 Hubungan korelasi antara kualiti air dan kepelbagaian larva Odonata.	55
4.10 Penentuan klasifikasi aliran melalui perbandingan antara parameter kualiti air dengan INWQS.	56
4.11 Skor Indeks <i>Family Biotic (FBI)</i> , Indeks <i>Biological Monitoring Work Party (BMWP)</i> dan Average Score Per Taxon (ASPT) bagi dua kawasan persampelan yang berbeza.	58

SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
2.1 Pembahagian zona ekosistem lantik.	8
2.2 Klasifikasi Odonata.	12
2.3 Morphologi Odonata dewasa.	15
2.4 Morphologi larva Anisoptera, <i>Diplacodes trivialis</i> .	16
2.5 Morphologi larva Zygoptera, <i>Agriocnemis pygmaea</i> .	17
2.6 Tiga peringkat kitaran hidup order Odonata – Hemimetabolos.	19
3.1 Peta menunjukkan lokasi Hutan Simpanan Hidupan Liar Tabin, Sabah.	26
3.2 Peta menunjukkan lokasi sungai persampelan dalam Hutan Simpanan Hidupan Liar Tabin, Lahad Datu, Sabah.	31
4.1 Peratusan jumlah individu dewasa dan larva Odonata pada kawasan ladang kelapa sawit dan kawasan hutan simpan hidupan liar di Sungai Lipad, Hutan Simpanan Hidupan Liar Tabin, Sabah.	52

SENARAI FOTO

No. Foto	Muka Surat
3.1 Global Positioning System (GPS) yang digunakan bagi tujuan pemetaan koordinat stesen.	28
3.2 Jaring tendang untuk persampelan larva Odonata.	28
3.3 Multi-parameter Water Quality HANNA (HI9828) untuk mengukur pH, suhu dan larutan oksigen terlarut.	29
5.1 Litupan kanopi adalah kurang di kawasan ladang kelapa sawit.	60
5.2 Kawasan hutan simpan hidupan liar di Sungai Lipad, Tabin.	61

SENARAI SIMBOL DAN SINGKATAN

ASPT	<i>Average Score Per Taxon</i>
BMWWP	Indeks <i>Biological Monitoring Work Party</i>
DO	Jumlah Oksigen Terlarut
FBI	Indeks <i>Family Biotic</i>
GPS	Global Positioning System
HANNA	Multi-parameter water quality
H'	Indeks Kepelbagaihan Shannon-Wiener
IBTP	Institut Biologi Tropical dan Pemuliharaan
INWQS	<i>Interim National Water Quality Standard</i>
km	Kilometer
Sg.	Sungai
SPSS	Statistical Package for Social Science
TWR	Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Pencemaran air bukan sebuah isu yang baharu terutamanya di dalam ekosistem air tawar. Perubahan fizikal, biologi dan kimia dalam kualiti air memberi kesan buruk kepada organisme hidup boleh dianggap sebagai pencemaran (Cunningham & Cunningham, 2004). Ekosistem akuatik sedang mengalami perubahan dramatik disebabkan oleh kadar pertambahan penduduk dan pencemaran dari aktiviti-aktiviti pembangunan ekonomi. Menurut Admiraal *et al.* (2000), proses urbanisasi dan penggunaan tanah pertanian menyebabkan perubahan dalam lanskap dan menganggu sistem akuatik dengan mengubah hidrologi dan morfologi sungai. . . .

Serangga merupakan kumpulan yang besar dan kebanyakannya yang hidup di darat juga sesuai hidup di persekitaran akuatik. Ini dibuktikan oleh bilangan individu yang tinggi, penyebaran yang luas dan keupayaan mereka untuk ditemui di pelbagai habitat akuatik (Anderson & Anderson, 1994). Odonata adalah salah satu kumpulan serangga yang mendiami habitat darat dan akuatik di sepanjang kitaran hidup mereka. Odonata terbahagi kepada dua suborder utama iaitu Anisoptera dan Zygoptera. Suborder Anisoptera, iaitu pepatung mempunyai sayap belakang yang lebih besar berbanding sayap hadapan dan kedudukan sayapnya adalah melintang pada keadaan rehat. Manakala suborder Zygoptera mempunyai sayap hadapan dan belakang yang sama saiz dan kedua-duanya dirapatkan di atas badan semasa keadaan rehat (Triplehorn & Johnson, 2005). Suborder Anisoptera dan Zygoptera adalah elemen penting dalam kawasan trofik lentik, dan lotik dengan mengambil bahagian dalam tenaga arus dan kitaran nutrien (Whiles & Wallance, 1997).

Bioindikator merupakan organisme atau indikator yang digunakan untuk menguji kualiti air dan memantau kesan-kesan aktiviti guna tanah (Fatma *et al.*, 2009). Bioindikator dapat memberikan keandalan dan ciri-ciri kuantitatif dalam keadaan ekologi. Sebagai contoh, keperluannya semakin meningkat untuk digunakan dalam perlindungan dan pengurusan tanah lembap (Sifneos *et al.*, 2010). Makroinvertebrata merupakan salah satu kaedah penilaian biologi yang sering digunakan dan paling berkesan untuk pengurusan kualiti air. Makroinvertebrata turut dikenali sebagai biondikator yang bermanfaat bagi ekosistem air dan tanah lembap (Yu *et al.*, 1995).

Odonata merupakan salah satu spesies serangga yang menonjol di ekosistem air tawar dan sebahagian besar menyumbang kepada jumlah biomas invertebrata dan kekayaan spesies. Odonata dapat digunakan sebagai biondikator untuk status pemonitoran kualiti air kerana Odonata boleh hidup di akuatik pada peringkat larva dan di daratan pada peringkat dewasa (Kalkman *et.al*, 2008). Selain itu, Odonata hanya bertelur di dalam atau berhampiran kawasan tadahan air. Oleh yang demikian, kelimpahan serangga ini di sesuatu kawasan merupakan satu penunjuk yang baik untuk kualiti air (Corbet, 1999). Odonata juga boleh menjadi sumber perikanan, perlindungan alam sekitar dan juga sebagai kawalan biologi dalam ekosistem (McCafferty, 1981). Menurut Woodcock & Huryn (2007), Odonata mempunyai tahap sensitiviti yang tinggi terhadap pencemaran dan boleh menggambarkan perubahan alam sekitar. Oleh itu, Odonata sering digunakan sebagai indikator untuk menilai kesan aktiviti manusia terhadap sistem akuatik dan memberikan informasi tentang habitat dan kualiti sesebuah ekosistem akuatik.

Kehadiran atau ketiadaan berbagai spesies larva Odonata di dalam sesuatu ekosistem akuatik menunjukkan perbezaan daya kebolehidupan serangga tersebut (Silsby, 2001). Spesies larva Odonata sensitif akan pupus dan ekosistem akuatik seterusnya dipenuhi dengan spesies yang toleran terhadap perubahan keadaan habitatnya (McPeek, 2008). Paling menarik, kepelbagaiannya diversiti dan taburan larva Odonata adalah disebabkan oleh fluktusi kualiti habitatnya (Corbet, 1999).

1.2 Justifikasi Kajian

Hutan Simpan Hidupan Liar Tabin merupakan kawasan pemuliharaan *in-situ* untuk flora dan fauna di Sabah. Hubungan korelasi antara komposisi serangga akuatik dan pelbagai keadaan persekitaran adalah kajian merit di hutan simpan hidupan liar Tabin. Hutan ini juga digunakan sebagai tempat perlindungan hidupan liar dan sebagai kawasan tahanan air yang penting di kawasan yang dilindungi. Selain itu, hutan simpan hidupan liar Tabin mempunyai hutan primer, hutan sekunder dan kawasan pertanian kelapa sawit. Oleh itu, penggunaan jenis tanah adalah sesuai dijalankan di kawasan ini.

Aktiviti-aktiviti pembalakan, pertanian, perladangan dan lain-lain akan memberi kesan terhadap kualiti air dan alam sekitar. Odonata boleh menjadi bioindikator yang berpotensi untuk menilai kualiti air. Apabila kualiti air terganggu, komuniti tumbuhan, invertebrata dan ikan mendapatkan kesan negatif dan juga menjelaskan rangkaian makanan. Oleh itu, penyelidikan dan pemonitoran status kualiti air di sungai dengan menggunakan serangga akuatik adalah sangat penting untuk memastikan kesihatan ekosistem. Kajian ini akan memberikan maklumat asas yang penting tentang Odonata serangga komuniti untuk menjadikan sebagai sumber rujukan dan rancangan pengurusan kawasan tersebut. Kajian ini diharapkan dapat membuktikan bahawa Odonata boleh digunakan sebagai bioindikator di dalam ekosistem akuatik.

1.3 Objektif Kajian

Kajian ini adalah bermatlamat untuk menentukan komposisi Odonata dan potensinya sebagai bioindikator untuk kualiti air di dalam sungai hutan simpan hidupan liar Tabin, Sabah. Selain itu, kajian ini juga dapat meningkatkan kesedaran tentang kepentingan sungai dan organisme yang hidup dalam sungai tersebut kepada masyarakat tempatan. Objektif kajian adalah seperti berikut:

- a) Untuk mengkaji kepelbagaian Odonata (Anisoptera & Zygoptera) yang terdapat di kawasan ladang kelapa sawit dan kawasan hutan simpan hidupan liar Tabin, Sabah.
- b) Untuk mengkaji hubungan di antara kualiti air dan kepelbagaian larva Odonata di sungai hutan simpan hidupan liar Tabin, Sabah.
- c) Untuk menentukan potensi dengan menggunakan larva Odonata sebagai bioindikator untuk kualiti air di dalam sungai hutan simpan hidupan liar Tabin, Sabah.

1.4 Skop Kajian

Skop kajian ini tertumpu kepada order Odonata dan mengkaji kepelbagaian Odonata (Anisoptera & Zygoptera) yang terdapat di kawasan ladang kelapa sawit dan kawasan hutan simpan hidupan liar, Tabin, Sabah. Kajian ini juga menilai hubungan di antara kualiti air dan kepelbagaian Odonata dan akhirnya, kajian ini dapat menunjukkan potensi Odonata sebagai bioindikator di dalam ekosistem akuatik. Persampelan telah dijalankan di Sungai Lipad. Kaedah persampelan dalam kajian ini adalah teknik jaring tendang dan jaring *aeria*/untuk mengumpul larva dan dewasa Odonata.

BAB 2

KAJIAN KEPUSTAKAAN

2.1 Ekosistem Sungai

Sungai merupakan ekosistem akuatik yang mempunyai peranan penting dalam daur hidrologi dan berfungsi sebagai kawasan tangkapan air bagi alam sekitar, sehingga keadaan sungai dipengaruhi oleh lingkungan sekitarnya (Suwondo, 2004). Menurut Fisher & Sponseller (2009), sungai adalah tempat yang menarik dan diberikan perhatian yang tinggi oleh ahli biologi untuk tujuan penyelidikan. Sungai membekalkan sumber dan perkhidmatan yang amat penting seperti air minuman, tenaga arus, kitaran nutrien, penyimpanan bahan organik, habitat flora dan fauna yang unik.

Menurut kajian Domsic (2008), sungai juga memainkan peranan yang penting dalam mengekalkan integriti ekologi di sesbuah kawasan. Lingkungan perairan sungai terdiri dari komponen abiotik dan biotik yang saling berinteraksi melalui tenaga arus dan kitaran nutrien. Interaksi antara komponen biotik dan abiotik berlaku di ekosistem sungai membolehkan ia mampu untuk menampung pelbagai jenis kehidupan daratan dan akuatik (Nasiha, 2012).

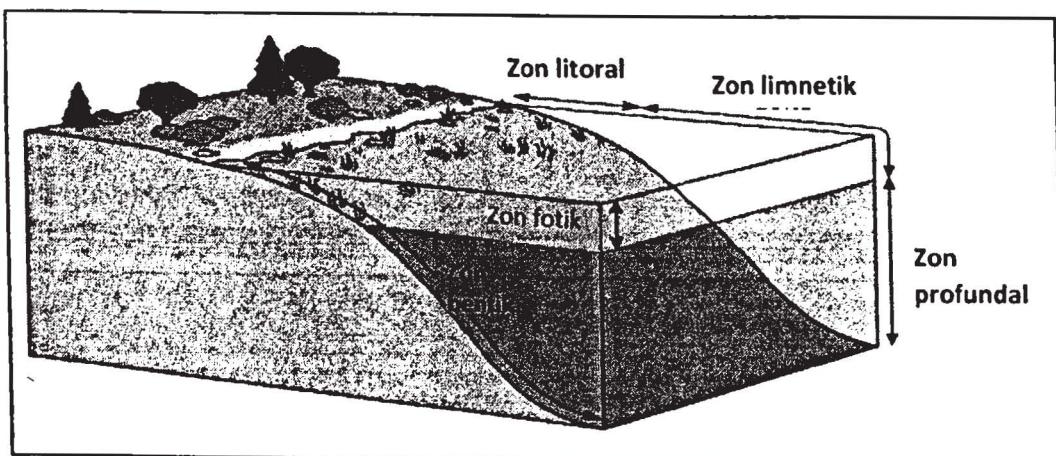
Ekosistem akuatik boleh dibezakan kepada dua kategori umum iaitu lentic dan lotik. Ekosistem lotik memiliki ciri air berarus seperti sungai dan air terjun. Mikrohabitat seperti jeram, larian air, takungan, detritus daun, tumbuh-tumbuhan akuatik dan batu-batuhan adalah diperuntukkan oleh habitat lotik (Arman, 2003). Organisma yang hidup di sungai adalah ganggang dan tanaman yang berakar serta beberapa haiwan seperti ikan, ular, kura-kura dan beberapa jenis serangga yang hidup di sisi-sisi hilir yang bebas dari pusaran air (David & Ananthakrishnan, 2004).



Menurut David & Ananthakrishnan (2004), lentic merupakan ekosistem sungai yang statik dan airnya tidak berarus seperti danau, rawa, kolam, waduk dan sebagainya. Ekosistem lentic boleh dibahagikan kepada tiga zon iaitu zon litoral, zon limnetik dan zon profundal. Zon litoral merupakan kawasan dangkal berdekatan dengan tepi danau dan dapat ditembus cahaya dengan optimal. Di dalam zon ini, terdapat beberapa spesies alga, ragut siput, kerang dan ikan. Selain itu, serangga Odonata seperti pepatung, ia berada dalam zona ini semasa bertelur dan peringkat larva (Allan, 1997).

Zon limnetik adalah kawasan yang jauh dari tepi danau, walau bagaimanapun zon tersebut masih dapat ditembus cahaya (David & Ananthakrishnan, 2004). Terdapat pelbagai tumbuhan yang berfotosintesis dan plankton di zon ini seperti fitoplankton dan zooplankton. Selain daripada itu, serangga seperti kumbang (Dytiscidae) dan hepmiteran (Corixidae) juga aktif menyelam dan berenang di zon ini untuk mencari pemangsa (Gullan & Cranston, 2000).

Zon profundal adalah kawasan yang tidak dapat ditembus oleh cahaya matahari dan berada di bawah zon limnetik. Zon ini lebih sejuk berbanding dengan zon litoral dan zon limnetik (David & Ananthakrishnan, 2004). Organisma yang hidup di zon ini adalah predator heterotrof dan bentos yang menguraikan limbah-limbah organik. Selain itu, pada zon profundal juga terdapat banyak bakteria dan makhluk hidup lain yang dapat hidup secara anaerob (David & Ananthakrishnan, 2004). Rajah 2.1 menunjukkan pembahagian zon ekosistem lentic.



Rajah 2.1 Pembahagian zon ekosistem lentic (Sumber: Campbell, 2002).

2.2 Latar Belakang Odonata

2.2.1 Odonata

Menurut Abbott (2005), Odonata merupakan kumpulan serangga yang primitif dan dijumpai di seluruh dunia, kecuali Antartika. Odonata wujud sejak pada 250 juta tahun dahulu dan mempunyai kelebaran sayap separjang 71 centimeter (Abbott, 2005). Pada masa kini, terdapat lebih daripada 5500 species yang diketahui di seluruh dunia dan lebih daripada 340 spesies Odonata telah direkodkan dari Malaysia termasuk Semenanjung Malaysia, Sabah dan Sarawak (Ng *et al.*, 2008).

Odonata terdiri daripada tiga suborder iaitu Anisoptera, Zygoptera dan Anisozygoptera. Menurut Garrison *et al.* (2006), suborder Anisoptera, iaitu '*dragonfly*' ialah pepatung yang mempunyai sayap belakang yang lebih besar berbanding sayap hadapan dan posisi sayapnya dibuka secara melintang ke bawah ketika sedang berehat. Manakala, suborder Zygoptera, iaitu '*damselfly*' mempunyai sayap hadapan dan belakang yang sama saiz dan sayapnya dilipatkan menegak ke atas abdomen. Kalkman *et al.* (2008) menyatakan bahawa suborder Anisozygoptera dipanggil "fosil hidup" dan mempunyai morfologi yang hampir sama dengan suborder Anisoptera dan Zygoptera. Ketiga-tiga suborder ini hidup di persekitaran air tawar dan juga menyumbang kepada sebahagian besar dari jumlah biomas dan kekayaan spesies invertebrata (Kutcher & Bried, 2013).

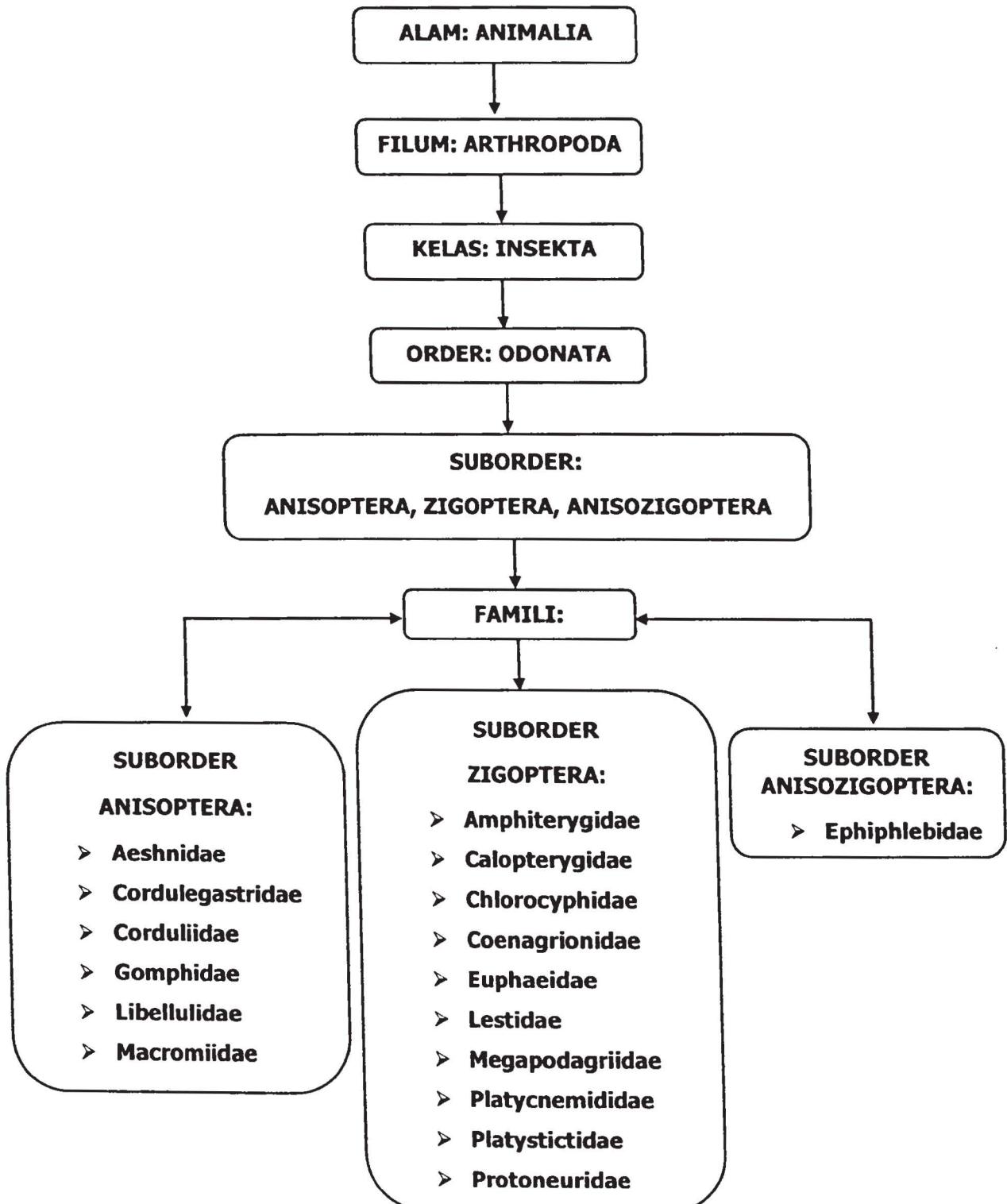
2.2.2 Klasifikasi Taksonomi Odonata

Menurut Campbell *et al.* (2008), Odonata berada pada alam Animalia dan terletak pada filum Arthropoda. Arthropoda adalah satu kumpulan haiwan invertebrata yang mempunyai badan bersegmen, rangka luar yang keras dan apendaj yang bersendi untuk melindungi dan memberi sokongan ke atas haiwan tersebut untuk bergerak. Menurut Orr (2003), Odonata berada dalam kelas Insekta dan terbahagi kepada kumpulan Anisoptera, Zygoptera dan Anisozygoptera.

Hasil kajian Arman *et al.* (2005) juga menunjukkan bahawa Odonata mempunyai 16 famili di Borneo, iaitu 6 dari suborder Anisoptera dan 10 dari suborder Zygoptera. Enam

famili Anisoptera adalah Aeshnidae, Cordulegasteridae, Corduliidae, Gomphidae, Libellulidae dan Macromiidae. Manakala, sepuluh famili Zygoptera adalah Amphiterygidae, Calopterygidae, Chlorocyphidae, Coenagrionidae, Euphaeidae, Lestidae, Megapodagrionidae, Platycnemididae, Platystictidae dan Protoneuridae. Kedua-dua suborder ini boleh dibezakan berdasarkan kepada ciri-ciri morfologi seperti posisi sayap dan saiz badan serangga. Kebanyakan suborder Anisoptera mempunyai saiz badan yang lebih besar berbanding dengan suborder Zygoptera. Selain itu, larva Anisoptera berbentuk oval dan mempunyai abdomen yang bulat. Manakala, larva Zygoptera berbentuk agak meruncing (David & Ananthakrishnan, 2004).

Bagi suborder Anisozygoptera, kebanyakannya spesies ini adalah tinggalan fosil dan merupakan satu kumpulan serangga yang endemik. Abbott (2005) menyatakan bahawa suborder ini terhad di Asia Timur. Menurut David & Ananthakrishnan (2004), suborder Anisozygoptera hanya mengandungi dua spesies dari Jepun dan India. Selain itu, Anisozygoptera juga merupakan kumpulan '*paraphyletic*' kerana suborder ini memiliki morfologi yang hampir sama dengan suborder Anisoptera dan Zygoptera (Trueman *et al.*, 2001). Anisozygoptera mempunyai struktur badan menyerupai Anisoptera dan mempunyai struktur dan corak sayap yang menyerupai Zygoptera seperti genus *Epiophlebia* (David & Ananthakrishnan, 2004). Rajah 2.2 menunjukkan pengelasan order Odonata.



Rajah 2.2 Pengelasan Order Odonata.

RUJUKAN

- Abbott, J.C. 2005. *Dragonflies and Damselflies of Texas and the South-Central United States*. USA: Princeton University Press.
- Adamu Mustapha, Ahmad Zaharin Aris, Hafizan Juahir, Mohammad Firuz Ramli & Nura Umar Kura. 2013. River Water Quality Assessment Using Environmental Techniques: Case Study of Jakara River Basin. *Environ Sci Pollut Res.* **20**(8): 5630-5644.
- Admiraal, F.P., Barranguet, C., van Beusekom, S.S.M., Bleeker, E.A.J., van der Ende, F.P., van der Geest, H.G., Groerendijk, D., Ivorra, N., Kraak, M.H.S. & Stuijfzand, S.C. 2000. Linking Ecological and Ecotoxicological Techniques to Support River Rehabilitation. *Chemosphere*. **41** (1-2): 289-295.
- Ahmad Abas Kutty, Maznah Mahali & Zameri Mohamed. 1999. Kajian Pemonitoran Biologi Menggunakan Makroinvertebrata di Hulu Sungai Langat, Selangor. *Borneo Science* **6**: 45-46.
- Ahmad, A.K., Aziz, Z.A., Fun, H.Y., Ling, T.M. & Othman, M.S. 2013. Makroinvertebrata Bentik sebagai Penunjuk Biologi di Sungai Kongkoi, Negeri Sembilan, Malaysia. *Sains Malaysiana*. **42**(5): 605-614.
- Ameilia, Z.S. 2011. The Use of Odonata as Bioindicator in Environmental Systems. *Agriculture Technology*. Universitas Sumatera Utara. (Tidak diterbitkan).
- Allan, M.J. 1997. *Environmental Biology: Routledge Introduction to Environment*. New York: Published by Routledge. 45-47.
- Anderson, N. & Anderson, M. 1994. Behavioral and Life Cycle Adaptation to Aquatic Habitats. In J. Morse, L. Y, & L. T, *In Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality*. Nanjing, China: Hohai University press. 40-58.
- Aris, A.Z., Tengku Ismail, T.H., Harun, R., Abdullah, A.M. & Ishak, M.Y. 2014. *From Sources to Solution: Proceedings of the International Conference on Environmental Forensics 2013*. Singapura: Springer Singapore. 597-601.
- Arman Hadi Fikri. 2003. *Composition and Distribution of Aquatic Insects in Tabin Wildlife Reserve (TWR), Lahad Datu, Sabah*. (Disertai Sarjana Sains). Institut Biologi Tropical dan Pemuliharaan. Universiti Malaysia Sabah.

- Arman Hadi Fikri, Maryati Mohamed. 2004. The Use of Aquatic Insects as Bioindicator of Fresh water Quality. *Proceedings of the 8th Sabah Inter-Agency Tropical Ecosystem (SITE) Research Seminar*, 13-15 October 2003, Tuaran, Sabah.
- Arman Hadi Fikri, Maryati Mohamed & Takahashi, A. 2005. *Aquatic Insects Identification Guide*. Kota Kinabalu, Malaysia: Universiti Malaysia Sabah.
- Azrina, M., Yap, C., Rahim Ismail, A., Ismail, A. & Tan, S. 2006. Anthropogenic Impacts on the Distribution and Biodiversity of Benthic Macroinvertebrates and Water Quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. **64**: 184-210.
- Baptista, D.F., Buss, D.F., Dorvillé, L.F.M. & Nessimian, J.L. 2001. Diversity and Habitat Preference of Aquatic Insects along the Longitudinal Gradient of the Macaé River Basin, Rio De Janeiro, Brazil. *Rev. Brazil. Biol.* **61**(2): 249-258.
- Bouchard, R.W., Jr. 2004. *Guide to Aquatic Macroinvertebrates of the Upper Midwest*. Water Resources Center, University of Minnesota, St. Paul, MN. 63-73.
- Campbell, N.A., Cain, L.M., Jackson, B.R., Minorsky, P.V. & Wasserman, S.A. 2008. *Biology*. 8th Edition. USA: Pearson Benjamin Cumming.
- Campbell, N.A., Reece, J.B. 2002. *Chapter 50 An Introduction to Ecology and the Biosphere. Section C1: Aquatic and Terrestrial Biomes*. Biology 6th Edition. USA: Pearson Benjamin Cumming.
- Carter J.L. & Fend S.V. 2001. Inter-annual Changes in the Benthic Community Structure of Riffles and Pool Reaches of Contrasting Gradient. *Hydrobiologia*. **459**: 187-200.
- Che Salmah, M.R., Tribuana, S.W. & Hassan, A.A. 2006. The Population of Odonata (Dragonflies) in Small Tropical Rivers with Reference to Asynchronous Growth Patterns. *Aquatic Insects*. **28**(3): 195-209.
- Che Salmah Md Rawi, Salman Abdo Al-Shami, Madziatul Rosemahanie Madrus & Abu Hassan Ahmad. 2013. Local Effects of Forest Fragmentation on Diversity of Aquatic Insects in Tropical Forest Stream: Implications for Biological Conservation. *Aquatic Ecology*. **47**: 75-85.
- Chovanec, A., Waringer, J., Raab Rainer & Laister. 2004. Lateral Connectivity of a fragmented Large River Systems: Assessment on a Macroscale by Dragonfly Surveys (Insects: Odonata). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystem*. **14**: 163-178.

- Cobet, P. 1999. *Dragonflies: Behav. Ecol. Odonata*. New York: Cornell University Press.
- Cole, G.A. 1993. Limnologi (Trans.). Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Cunningham, W.P. & Cunningham, M.A. 2004. *Principles of Environmental Science: Inquiry and Application*. 2nd Ed. New York: McGraw-Hill.
- David, B.V. & Ananthakrishnan T.N. 2004. *General and Applied Entomology* 2nd Ed. Indian: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Dawson, S. 1992. *Estimating Elephant Numbers in Tabin Wildlife Reserve, Sabah*, for Sabah Wildlife Department under WWF Project Malaysia 224/92. World Wildlife Fund Malaysia.
- Domsic, K. 2008. Odonata Exuviae as Indicators of Wetland Restoration Success in Waterloo Region, Ontario. *Odonata as Indicators of Wetland Restoration*. 1-14.
- Fatma K. Adham, Refaat M. Gabre R.M. & Ibrahim A. Ibrahim I.A. 2009. Some Aquatic Insects and Invertebrates as Bioindicators for the Evaluation of Bacteriological Pollution in El-Zornor and El-Mariotya, Giza, Egypt. *Acad. biolog.Sci.* 2(1): 125-131.
- Fisher, S.G. & Sponseller, R.A. 2009. *Streams and River Ecosystems*. Arizona State University, Tempe, AZ, USA: Elsevier Inc.
- Fonseka, T.D. 2000. *The Dragonflies of Sri Lanka*. Sri Lanka: WHT Publications (Private) Limited.
- Garrison, R.W., Ellenrieder, N.v. & Louton, J.A. 2006. *Dragonfly Genera of the New World: An Illustrated and Annotated Key to the Anisoptera*. USA: The Johns Hopkins University Press.
- Gullan, P.J. & Cranston, P.S. 2000. *The Insects: An Outline of Entomology*. 2nd Ed. United Kingdom: Blackwell Publishing.
- Hauke, J., Kossowski, T. 2011. Comparison of Value of Pearson's and Spearman's Correlation Coefficient on the Same Set of Data. *Questiones Geographicae*. 30 (2).
- Homathevi, R. 1995. *Kepelbagaian dan Ekologi Odonata di Lembah Danum, Lahad Datu, Sabah*. Jabatan Biologi Fakulti Sains dan Sumber Alam. University Malaysia Sabah.

- Joydeb, M., Rajib, K.D., Prasanta M., Grosh, D., Agarwala, B.K. 2013. *Aquatic Insect Fauna and Diversity in Urban Freshwater Lakes of Tripura, Northeast India*. Middle East Journal of Scientific Research. **13** (1): 25-32.
- Kalkman, V., Clausnitzer, V., Dijkstra, K., Orr, A., Paulson, D. & Tol, J. 2008. Global Diversity of Dragonflies (Odonata) in Freshwater. *Hydrobiologia*. **595**: 351-363.
- Kamsia, B., Amra, A., Noraini, A. & Maryam, D. 2007. *Correlation Analysis on Water Quality Parameter with Aquatic Insects Abundance in Telipok River, Sabah, Malaysia*. Universiti Malaysia Sabah. WSEAS Int. Conf. On Applied Mathematics.
- Kemker, C. 19 Nov 2013. "Dissolved Oxygen." Fundamentals of Environmental Measurements. Fondriest Environmental, Inc. <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/dissolved-oxygen/>. Dicetak 1 Mei 2015.
- Kutcher, T.E., & Bried, J. 2014. Adult Odonata Conservatism as an Indicator of Freshwater Wetland Condition. *Ecological Indicators*. **38**: 31–39.
- Lamptey, D.C., Kyerematen, R., & Owusu, E.O. 2013. Using Odonates as Markers of the Environmental Health of Water and Its Land Related Ecotone. *Journal of Biodiversity and Conservation Research*. **1**(1): 84-92.
- Mahani Mohd Isa. 2012. *Kepelbagaian dan Ekologi Pepatung (Suborder Odonata) di Hutan Simpan Gomantong, Sabah*. (Disertai Sarjana Muda). Universiti Malaysia Sabah.
- Manasrah, R., Mohammed Raheed & Mohammed I. Badran. 2006. *Relationship Between Water Temperature, Nutrients and Dissolved Oxygen in the Northern Gulf of Aqaba, Red Sea*. Jordan. 237-253.
- Mandaville, S.M. 2002. *Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters-Taxa Tolerance Values, Metrics, and Protocols*. Soil & Water Conservation Society of Metro Halifax.
- Maryati Mohamed, Mahedi Andau, Mohd. Noh Dalimin & Malim, P.T. 1999. *Tabin Scientific Expedition*. Kota Kinabalu, Malaysia: Universiti Malaysia Sabah.
- McCafferty, W. 1981. *Aquatic Entomology. The Fishermen's and Ecologists' Illustrated Guide to insects and Their Relatives*. Boston: Jones and Bartlett Publishers.
- McPeak, M.A. 2008. Ecological Factors Limiting the Distributions and Abundances of Odonata. In: Córdoba-Aguilar, A. (Ed.). *Dragonflies: Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research*. Oxford University Press. 51-62.

- Merritt, R.W., Cummins, K.W. & Berg, M.B. 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. USA: Kendall Hunt Publishing Company.
- Michael, F.R. 2004. *Testing the Statistical Significant of a Correlation*. Wake Forest University.
- Mohd Harun Abdullah. 2012. *Principle in Water Analysis for Environmental Science*. Kota Kinabalu: Penerbit Universiti Malaysia Sabah.
- Monteiro Júniora C.d.S., Juen, L. & Hamada, N. 2014. Analysis of Urban Impacts on Aquatic Habitats in the Central Amazon Basin: Adult odonates as Bioindicators of Environmental Quality. *Ecological Indicators*. **48**: 303-311.
- Nasiha Syahirah Binti Omar. 2012. *Composition and Distribution of Aquatics Insects in Kawang River Sabah*. (Tesis Sarjana Muda). Universiti Malaysia Sabah.
- Ng, Y.F., Yong, H.S., Dow, R.A. & Hamalainen, M. 2008. Dragonflies (Insecta: Odonata) from the Maliau Basin, Sabah, Malaysia. *Journal of Science and Technology in the Tropics*. **4**: 13-18.
- Nor Ashidi Mat Isa. 2008. Pembinaan Sistem Pintar untuk Penentuan Kualiti Air Berdasarkan Rangkaian Neural. *Laporan Teknikal Geran Jangka Pendek*. Pulau Penang, Malaysia: Universiti Sains Malaysia.
- Ode, P. 2003. List of California Macroinvertebrate Taxa and Standard Taxonomic Effort. California Department of Fish and Game. California Aquatic Bioassessment Network (CAMLnet). <http://www.dfg.ca.gov/cabw/camlnetste.pdf>. Dicetak 20 April 2015.
- Orr, A.G. 2003. *A Guide to the Dragonflies of Borneo: Their Identification and Biology*. Malaysia: Natural History Publication (Borneo) Sdn. Bhd.
- Owens, R., Hirst, D., Langan, D.J., Soulsby, C. & Turnbull, D. 1997. Reversibility of Surface Water Acidification in the Cairngorm Mountains, Scotland. *Freshwater Contamination*. **243**: 15-26.
- Phillips, D.J.H. & P.S. Rainbow. 1993. *Biomonitoring of Trace Aquatic Contaminants*. New York: Elsevier Applied Science.

- Rathinakumar, T., Balasubramanian, C. & Kuberdran, T. 2014. Decomposition of Three Litter Species and Associated Aquatic Insects in Kurangani Stream of Western Ghats, South India. *International Journal of Biology*. Universal Research Publication. **4**(2): 100-106.
- Robiatul Munawwirah Bt. Ahmad. 2004. *Diversity and Distribution of Dragonflies (Suborder: Anisoptera) with Potential as Bioindicators*. (Disertai Sarjana Sains). Universiti Malaysia Sabah.
- Rosenburg, D.M. & Resh, V.H. (eds.). 1993. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. New York: Chapman & Hall.
- Saha, N., Aditya, G., Banerjee, S. & Saha, G.K. 2012. Predation Potential of Odonates on Mosquito Larvae: Implications for Biological Control. *Biological Control*. **63**: 1-8.
- Sahana Binti Harun. 2006. *Aquatic Insects and Water Quality of the Lower Kinabatangan River*. (Disertai Sarjana Sains). Institut Biologi Tropical dan Pemuliharaan. Universiti Malaysia Sabah.
- Sale, J.B. 1994. *Management Plan for Tabin Wildlife Reserve*. Prepared for the government of Sabah on behalf of the United Nations Development Programme. Kota Kinabalu, Malaysia. (Tidak diterbitkan).
- Sarah Nuradibah Binti Abd Razak. 2012. *Kepelbagai dan Taburan Serangga Akuatik di Dua Sungai Kecil di Lembah Imbak, Sabah*. (Tesis Sarjana Muda). Universiti Malaysia Sabah.
- Schindler, D.E., Chang, G. C., Lubetkin, S. C., Abella, S.E.B. & Edmondson W.T. 2003. *Rarity and Functional Importance in a Phytoplankton Community : The Importance of Species: Perspectives on Expendability and Triage*. Princeton University Pres. 206-220.
- Sharma, G. & Joshi, P.C. 2007. Diversity of Odonata (Insecta) from Dholbaha Dam (Distt. Hoshiarpur) in Punjab Shivalik, India. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. **10**(2): 177-180.
- Sifneos, J. H. 2010. Calibration of the Delaware Rapid Assessment Protocol to a comprehensive measure of wetland condition. *Wetlands*. **30**: 1011-1022.
- Silsby, J. 2001. *Dragonflies of the World*. Australia: CSIRO Publishing.

- Silva, D.d.p., Marco, P.D. & Resende, D.C. 2010. Adult Odonata Abundance and Community Assemblage Measures as Indicators of Stream Ecological Integrity. *Ecological Indicators*. **10**: 744-752.
- Spellman, F.R. 2011. *Spellman's Standard Handbook for Wastewater Operators: Volume III Advanced Level*. 2nd Ed. USA: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Strinqi, A., Misja K. & Oga, J. 2010. *Larvae of Odonata as Indicators of Water Pollution in Lake Shkodra*. BALWOIS 2010-Ohrid, Republic of Macedonia. **25**: 1-7.
- Suleiman, K. & Abdullahi, I.L. 2011. Biological Assessment of Water Quality: A Study of Challawa River Water Kano, Nigeria. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*. **4**(2): 121-127.
- Suwondo, Elya Febrita, Dessy dan Mahmud Alpusari. 2004. *Kualitas Biologi Perairan Sungai Senapelan, Sago dan Sail di Kota Pekanbaru Berdasarkan Bioindikator Plankton dan Bentos*. Pekanbaru, Indonesia: Universitas Riau.
- Tercedor, J.A. 2006. Aquatic Macroinvertebrates. In: Ziglio, G., Siligardi, M. & Flaim, G. (eds.). *Biological Monitoring of Rivers: Applications and Perspectives*. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex. 71-87.
- Thorp, J.H. & Covich, A.P. 2010. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. USA: Academic Press.
- Triplehorn, C.A. & Johnson, N.F. 2005. *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. USA: Saunders College Publishing.
- Trueman, John W. H. & Rowe, R. J. 2001. Odonata Dragonflies and Damselflies. <http://tolweb.org/Odonata/8266/2001.01.01> in The Tree of Life Web Project. Dicetak 6 November 2014.
- Voshell, J. & Reese, Jr. 2002. *A Guide to Common Freshwater Invertebrates of North America*. The McDonald and Woodward Publishing Company. Blacksburg, VA.
- Wang, L.J. 2000. *Dragonflies of Taiwan*. Taipei: Jemjem calendar Co.
- Wahizatul, A., Long, S. & Ahmad, A. 2011. Composition and Distribution of Aquatic Insect Communities in Relation to Water Quality in Two Freshwater Streams of Hulu Terengganu, Terengganu. *Sustainability Science and Management*. **6**(1): 148-155.

- Wahizatul, A.A. & Hoon, A.G. 2010. Komposisi dan Taburan Komuniti Serangga Akuatik Dalam Beberapa Anak Sungai Terpilih di Tasik Kenyir, Terengganu. <http://ipk.umt.edu.my/portfolio=invertebrata-akuatik&lang=ms>. Dicetak 10 November 2014.
- Wardhani, T.S. 2007. *Perbandingan Populasi Larva Odonata di Beberapa Sungai di Pulau Pinang dan Hubungannya dengan Pengaruh Habitat dan Kualiti Air.* (Disertai Sarjana Sains). Universiti Sains Malaysia.
- Whiles, M. & Wallace, J. 1997. Leaf Litter Decomposition and Macroinvertebrate Communities in Headwater Streams Draining Pine and Hardwood Catchments. *Hydrobiologia.* **353**(1-3): 107-119.
- Woodcock, T. & Huryn, A. 2007. The Response of Macroinvertebrate Production to a Pollution Gradient in a Headwater Stream. *Freshwater Biology.* **52**(1): 77-196.
- Yap, C.K. & Rahim Ismail, A. 2011. Relationship of Distribution of Macrofauna Invetebrates and the Physico-chemical Parameters from Semenyeh River by Using Correlation and Multiple Linear Stepwise Regression Analyses. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* **34**(2): 229-245.
- Yule, C.M. & Yong, H.S. 2004. *Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region.* Malaysia: Academy of Sciences Malaysia.