

**PERBANDINGAN POPULASI LARVA ODONATA DI BEBERAPA SUNGAI
DI PULAU PINANG DAN HUBUNGANNYA DENGAN
PENGARUH HABITAT DAN KUALITI AIR**

TRIBUANA SURYA WARDHANI

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Ogos 2007

**PERBANDINGAN POPULASI LARVA ODONATA DI BEBERAPA SUNGAI
DI PULAU PINANG DAN HUBUNGANNYA DENGAN
PENGARUH HABITAT DAN KUALITI AIR**

oleh

TRIBUANA SURYA WARDHANI

**Tesis yang diserahkan untuk memenuhi keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains**

Ogos 2007

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, syukur dan puji-pujian yang tidak terhingga saya panjatkan ke hadrat Allah SWT kerana dengan izin dan hidayah-Nya saya dapat membuat tesis ini. Serta salawat dan salam kepada kekasih-Nya, Rasulullah Muhammad SAW.

Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Salmah Md Rawi selaku penyelia yang sangat dedikasi dalam memberikan nasihat dan bimbingan yang membina kepada saya sepanjang dilakukan penyelidikan dan penulisan tesis ini.

Saya sangat berterima kasih khasnya kepada Papa (Suhaimi Aris) dan Mama (Nurhayati) tersayang kerana ikhlas membiayai segala keperluan hidup dan pendidikan saya dari saya lahir hingga kini. Dan tak lupa, saya berterima kasih kepada Abang Dedi dan Kak Ubit, Abang Wanda dan Kak Yuni, Adik Yudhi, serta suami saya tercinta (Abang Dicky) berkat kasih sayang, segala bimbingan dan dorongan yang diberikan.

Tidak dilupakan juga bantuan yang telah diberikan oleh Uncle Muthu, Kak Siti Khadijah, Encik Hadzri, Khairul dan juga Encik Nordin serta kakitangan Pusat Pengajian Sains Kajihayat yang membantu saya dalam penyampelan di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras (balik pulau) dan Sungai Taman Belia. Akhirnya, saya berterima kasih atas sokongan moral dan kasih sayang yang diberikan seluruh kawan-kawan di Rumah Antarabangsa USM dan Pelajar Indonesia di Malaysia. InsyaAllah saya akan selalu mengenangkan jasa serta nasihat yang diberikan kepada saya. Saya selalu berdoa semoga Allah SWT memberikan rezeki, rahmat dan kebahagiaan hidup di dunia dan akhirat kepada mereka semua. Amiin.

SUSUNAN KANDUNGAN

	Muka surat
PENGHARGAAN	ii
SUSUNAN KANDUNGAN	iii
SENARAI JADUAL	vii
SENARAI RAJAH	x
SENARAI PLAT	xii
SENARAI LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xix
BAB SATU : PENGENALAN	
1.0 Pengenalan	1
BAB DUA : TINJAUAN BAHAN BACAAN	
2.1 Populasi dan Tabiat Serangga Odonata	6
2.2 Komposisi dan Taburan Larva Odonata	8
2.3 Sejarah Pemonitoran dan Penggunaan Larva Odonata Sebagai Indikator Biologi (Bioindicator)	10
2.4 Penilaian Indeks Ekologi, Indeks Famili Biotik (FBI) dan Indeks Kualiti Air (WQI)	11
2.4.1 Indeks Ekologi	11
2.4.2 Indeks Biotik Famili (Family Biotic Index/ FBI)	12
2.4.3 Indeks Kualiti Air (Water Quality Index = WQI)	13
2.5 Keadaan Habitat yang Mempengaruhi Diversiti dan Taburan Larva Odonata	14
2.5.1 Parameter Fizik	14
2.5.2 Parameter Kimia	15
2.5.3 Parameter Biologi	16
2.5.4 Musim	17
2.5.5 Aktiviti Manusia	17

BAB TIGA : BAHAN DAN KAEDAH

3.1	Kawasan Kajian	19
3.1.1	Sungai Air Terjun	19
3.1.2	Sungai Titi Teras	20
3.1.3	Sungai Taman Belia	20
3.2	Penyampelan Larva Odonata	25
3.2.1	Pengukuran Parameter Air di Lapangan	26
3.2.2	Pengukuran Parameter Fizik-kimia Air Sungai di Makmal	29
3.2.3	Pengasingan dan Pengecaman Larva Odonata	29
3.3	Pengukuran Panjang Badan Larva Odonata	32
3.4	Penganalisaan Data	33
3.4.1	Analisis Statistik (SPSS Version 13.0)	33
3.4.2	Pengiraan Indeks Ekologi dan Indeks Pengkelasan Kualiti Air	34
3.4.2.1	Indeks Ekologi	34
3.4.2.2	Indeks Pengkelasan Kualiti Air	36
3.4.2.2.1	Indeks Famili Biotik (FBI)	
3.4.2.2.2	Indeks Kualiti Air (Water Quality Index = WQI)	38

BAB EMPAT : KEPUTUSAN

4.1	Komposisi dan Kelimpahan Larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	41
4.2	Pengaruh Musim terhadap Komposisi dan Kelimpahan Larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	51
4.3	Taburan Spesies-spesies Larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	60
4.3.1	Taburan Spesies-spesies Larva Odonata di Sungai Air Terjun	62
4.3.2	Taburan Spesies-spesies Larva Odonata di Sungai Titi Teras	68
4.3.3	Taburan Spesies-spesies Larva Odonata di Sungai Taman Belia	73

4.4	Pengaruh Parameter Fizik-kimia Air Sungai Terhadap Kelimpahan Spesies-spesies Larva Odonata di Ketiga-tiga Sungai	77
4.5	Pengaruh Parameter Fizik-kimia Air Semasa Musim Hujan dan Musim Kering Terhadap Kelimpahan Spesies-spesies Larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	84
4.6	Pengelasan Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia Berdasarkan Indeks Kualiti Air (WQI) dan Indeks Famili Biotik (FBI)	87
4.7	Perbandingan Taburan, Kitar Hidup dan Pertumbuhan Larva libellulid <i>Orthetrum chrysis</i> dan Larva gomphid <i>Ictinogomphus decoratus</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	89
4.7.1	Taburan libellulid <i>O. chrysis</i> dan gomphid <i>I. decoratus</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	89
4.7.2	Kitar Hidup libellulid <i>Orthetrum chrysis</i> dan gomphid <i>Ictinogomphus decoratus</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	91
4.7.3	Pertumbuhan larva <i>Orthetrum chrysis</i> dan <i>Ictinogomphus decoratus</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	105

BAB LIMA : PERBINCANGAN

5.1	Komposisi dan Kelimpahan Larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	109
5.2	Pengaruh Parameter Fizik-kimia Air Sungai Terhadap Kelimpahan Spesies-spesies Larva Odonata	129
5.3	Pengaruh Parameter Fizik-kimia Air Semasa Musim Hujan dan Musim Kering terhadap Komposisi, Kelimpahan dan Taburan Larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	134

5.4	Perbandingan Taburan, Kitar Hidup dan Pertumbuhan Larva libellulid <i>Orthetrum chrysis</i> dan Larva gomphid <i>Ictinogomphus decoratus</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	136
	BAB ENAM : KESIMPULAN DAN CADANGAN	140
	SENARAI RUJUKAN	144
	LAMPIRAN	152

SENARAI JADUAL

	Muka surat
3.1 Implikasi nilai indeks Shannon-Wiener terhadap kualiti air (Platts et al., 1983; Ho and Peng, 1997)	37
3.2 Darjah bahan pencemaran organik di dalam sungai dari indeks famili biotik (FBI)	37
3.3 Nilai toleransi setiap genus yang diguna dalam pengiraan indeks famili biotik (FBI)	37
3.4 Julat piawai kualiti air nasional (Department of Environment Malaysia, 2002)	40
4.1 Komposisi dan kelimpahan larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia di Pulau Pinang	43
4.2 Ujian Kruskal-Wallis kelimpahan dan komposisi taksa larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	47
4.3 Ujian Mann-Whitney kelimpahan dan komposisi taksa larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	47
4.4 Nilai indeks Ekologi larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	49
4.5 Komposisi dan kelimpahan spesies-spesies larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia semasa musim hujan dan musim kering	53
4.6 Bilangan famili, genus, individu larva Odonata dan nilai indeks Ekologi di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia semasa musim hujan dan kering	57
4.7 Ujian Kruskal-Wallis kelimpahan dan komposisi taksa larva Odonata masa musim hujan dan kering di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	59
4.8 Ujian Kruskal-Wallis taburan spesies-spesies larva Odonata di Sungai Air Terjun	63
4.9 Ujian Mann-Whitney taburan spesies-spesies larva Odonata di Sungai Air Terjun selama musim hujan dan musim kering	63
4.10 Ujian Kruskal-Wallis taburan spesies-spesies larva Odonata di Sungai Titi Teras	69

4.11	Ujian Mann-Whitney taburan spesies larva Odonata di Sungai Titi Teras selama musim hujan dan musim kering	69
4.12	Ujian Kruskal-Wallis taburan spesies-spesies larva Odonata di Sungai Taman Belia	74
4.13	Ujian Mann-Whitney taburan spesies-spesies larva Odonata di Sungai Taman Belia selama musim hujan dan musim kering	74
4.14	Julat parameter fizik-kimia air Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	78
4.15	Pengaruh parameter fizik-kimia air terhadap spesies-spesies larva Odonata (korelasi Kendall's tau-b) di Sungai Air Terjun	80
4.16	Pengaruh parameter fizik-kimia air terhadap spesies-spesies larva Odonata (korelasi Kendall's tau-b) di Sungai Titi Teras	81
4.17	Pengaruh parameter fizik-kimia air terhadap spesies-spesies larva Odonata (korelasi Kendall's tau-b) di Sungai Taman Belia	82
4.18	Pengaruh parameter fizik-kimia air terhadap kelimpahan spesies-spesies larva Odonata ($r \geq \pm 0.2$) di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	83
4.19	Ujian Mann-Whitney parameter fizik-kimia air selama musim hujan dan musim kering di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	85
4.20	Pengaruh parameter fizik-kimia air terhadap kelimpahan spesies-spesies larva Odonata ($r \geq \pm 0.2$) di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia selama musim hujan dan kering	86
4.21	Pengelasan Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia mengikut indeks kualiti air (WQI) (DOE, 2002) dan indeks biotik famili (FBI) (Hilsenhoff, 1988)	88
4.22	Julat panjang badan larva <i>O. chrysis</i> di Sungai Taman Botani, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	94
4.23	Julat panjang badan larva <i>Ictinogomphus decoratus</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	95

SENARAI RAJAH

	Muka surat
3.1 Kawasan kajian di Pulau Pinang (sumber: Jabatan Pengairan dan Saliran Pulau Pinang, 2006)	22
4.1 Komposisi famili Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia, Pulau Pinang	47
4.2 Kelimpahan spesies-spesies larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	49
4.3 Jumlah curah hujan pada Disember 2004 hingga Februari 2006 di Pulau Pinang (sumber: perkhidmatan kaji cuaca Pulau Pinang, 2006)	55
4.4 Kelimpahan spesies-spesies larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia semasa musim hujan dan musim kering	58
4.5 Taburan larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	63
4.6 Taburan spesies-spesies larva Odonata di Sungai Air Terjun a, b dan c = spesies dominan; d = spesies minoriti	68
4.7 Taburan spesies-spesies larva Odonata di Sungai Titi Teras a = spesies dominan; b dan c = spesies minoriti	75
4.8 Taburan spesies-spesies larva Odonata di Sungai Taman Belia a = spesies dominan; b dan c = spesies minoriti	79
4.9 Taburan larva libellulid <i>Orthetrum chrysis</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	105
4.10 Taburan larva gomphid <i>Ictinogomphus decoratus</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	105
4.11 Panjang badan <i>Orthetrum chrysis</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	109
4.12 Taburan panjang badan <i>Orthetrum chrysis</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	112
4.13 Panjang badan <i>Ictinogomphus decoratus</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	113

4.14	Taburan panjang badan larva <i>Ictinogomphus decoratus</i> di Sungai Air Terjun dan Sungai Titi Teras	119
4.15.a	Lengkung pertumbuhan larva <i>O. chrysis</i> di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia (nombor instar 0, 1, 2, ...6, dimana 0 = instar terakhir)	121
4.15.b	Lengkung pertumbuhan larva <i>I. decoratus</i> di Sungai Air Terjun dan Sungai Titi Teras (nombor instar 0, 1, 2, ...11, dimana 0 = instar terakhir)	121
4.16.a	Taburan instar <i>O. chrysis</i> dan <i>I. decoratus</i> di Sungai Air Terjun (nombor instar 0, 1, 2, ...11, dimana 0 = instar terakhir)	123
4.16.b	Taburan instar <i>O. chrysis</i> dan <i>I. decoratus</i> di Sungai Titi Teras (nombor instar 0, 1, 2, ...6, dimana 0 = instar terakhir)	123

SENARAI PLAT

	Muka surat
3.1 Sungai Air Terjun	23
3.2 Sungai Titi Teras	23
3.3 Sungai Taman Belia	24
3.4 Jaring akuatik D-pond	27
3.5 Penyampelan dengan jaring akuatik D-pond	27
3.6 Alat-alat yang digunakan untuk mengukur pamameter fizik dan kimia air di lapangan	28
3.7 Pemeliharaan larva Odonata di dalam makmal	31

SENARAI LAMPIRAN

	Muka surat	
1	Jadual penyampelan di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia di Pulau Pinang pada Disember 2004 sampai Februari 2006	144
2	Gambar spesies larva odonata dan kulitnya (eksuvium) yang dijumpai di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia	145
3	Data penyampelan serangga akuatik di Sungai Kebun Bunga (Zuraida, 2006)	151
4	Data penyampelan serangga akuatik di Sungai Titi Teras (Su Ping, 2007)	152

PERBANDINGAN POPULASI LARVA ODONATA DI BEBERAPA SUNGAI DI PULAU PINANG DAN HUBUNGANNYA DENGAN PENGARUH HABITAT DAN KUALITI AIR

ABSTRAK

Kepelbagaian dan struktur populasi larva Odonata telah dikaji di tiga buah sungai, Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia di Pulau Pinang. Kajian yang bermula pada bulan Disember 2004 hingga bulan Februari 2006 merangkumi lapan bulan musim hujan dan empat bulan musim kering. Kepelbagaian habitat yang disampel telah berjaya memungut 5081 individu larva Odonata yang mewakili lima famili dan 16 spesies. Di Sungai Air Terjun terdapat sembilan spesies dominan diwakili oleh *Pseudagrion rubriceps*, *P. microcephalum*, *Ictinogomphus decoratus*, *Paragomphus capricornis*, *Trithemis aurora*, *Orthetrum chrysis*, *O. sabina*, *Neurothemis fluctuans* dan *Potamarcha congener*. Kemudian di Sungai Titi Teras didapati spesies dominan seperti *Ictinogomphus decoratus*, *Paragomphus capricornis*, *Trithemis aurora* dan *Orthetrum chrysis*. Sedangkan spesies dominan di Sungai Taman Belia diwakili *Crocothemis servilia* dan *Orthetrum chrysis*. Sememangnya Sungai Air Terjun mempunyai komposisi substratum yang berbagai dibanding dengan kedua sungai yang lain. Disamping itu terdapat tumbuhan di sepanjang tebing sungai maupun di dalam sungai. Antara tiga sungai yang dikaji didapati setiap sungai memiliki spesies yang tidak dijumpai di sungai yang lainnya seperti aeshnid *Anax guttatus* di Sungai Air Terjun, gomphid *Megalogomphus sumatranus* dan libellulid *Onychothemis testacea* di Sungai Titi Teras dan libellulid *Hydrobasileus croceus* di Sungai Taman Belia. Kehadiran spesies tersebut boleh dikaitkan dengan keadaan habitatnya. Sebagai contoh larva *A. guttatus* mendiami habitat terbuka dan bersembunyi di akar atau di antara tumbuhan rumpai di Sungai Air Terjun. Sedangkan *M. sumatranus* sesuai mendiami dasar sungai berpasir dengan kelajuan arus tinggi serta memiliki tabiat menggali pasir di Sungai Titi Teras. Selain *M. sumatranus* di Sungai Titi Teras, turut dijumpai *Onychothemis testacea* yang gemarkan habitat bersubstratum daun-daunan

dan berpasir di sungai yang cetek yang mempunyai kelajuan arus yang tinggi. Libellulid *O. testacea* dan gomphid *M. sumatranus* hanya diperolehi di Sungai Titi Teras. Oleh kerana itu kehadiran kedua spesies ini di Sungai Titi Teras boleh menjadi indikator bahawa sungai ini berkualiti air bersih dan berarus laju. Di Sungai Taman Belia, larva *Hydrobasileus croceus* mendiami habitat berair kotor dan berselut. Mereka bersembunyi di dasar sungai tetapi tidak menggali ke dalam pasir.

Paragomphus capricornis, *Megalogomphus sumatranus* dan *Onychothemis testacea* berpotensi dijadikan sebagai bioindikator sungai yang ber substrat pasir, berkelajuan arus tinggi dan sungai berkualiti air sederhana bersih seperti Sungai Titi Teras. *P. capricornis* juga mendominasi Sungai Air Terjun yang dikategorikan sebagai sungai sangat kotor. Walaupun begitu, kelimpahan dan kepelbagaian komuniti larva Odonata di sungai ini sangat tinggi. Selain itu, di sungai ini turut dikesan kepelbagaian vegetasi riparian di sepanjang tebing sungai dan kepelbagaian substratum dasar sungai. Keadaan ini boleh menyokong Sungai Air Terjun menjadi habitat yang sesuai untuk sebahagian besar spesies-spesies larva Odonata yang diperolehi.

Korelasi Kendall's tau-b menunjukkan parameter fizik-kimia air mempengaruhi spesies larva Odonata di setiap sungai. Di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia diperolehi pengaruh parameter fizik-kimia air kepada beberapa spesies larva Odonata. Dalam kajian ini, di Sungai Air Terjun kelimpahan populasi *O. sabina* dipengaruhi oleh Permintaan Oksigen Biokimia (BOD). Tetapi di Sungai Titi Teras suhu dan Jumlah Pepejal Terampai (TSS) mempengaruhi kelimpahan spesies tersebut. Kemudian kedua-dua parameter fizik-kimia air itu mempengaruhi kelimpahan *C. servilia* di Sungai Taman Belia. Selain itu, parameter fizik-kimia air yang sama juga mempengaruhi kelimpahan spesies yang sama di dua sungai yang berlainan. Di Sungai Air Terjun dan Sungai Titi Teras kelimpahan *P. congener* dipengaruhi oleh suhu dan Permintaan Oksigen Biokimia (BOD). Kemudian di Sungai Air Terjun dan

Sungai Taman Belia Permintaan Oksigen Biokimia (BOD) mempengaruhi kelimpahan *C. servilia*. Walau bagaimanapun, seluruh parameter fizik-kimia air tidak mempengaruhi kelimpahan spesies-spesies larva Odonata yang lain.

Berdasarkan ujian Kruskal-Wallis dan ujian Mann-Whitney menunjukkan bahawa kelimpahan dan komposisi taksa larva Odonata memiliki perbezaan signifikan di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia. Kemudian Indeks Ekologi (Indeks Shannon-Wiener, Simpson, Margaleff, Menhinick serta Indeks Kesamaan Taburan Biologi) menunjukkan Sungai Air Terjun mempunyai diversiti, kekayaan spesies dan kesamaan taburan tertinggi berbanding Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia. Kelimpahan larva Odonata yang lebih tinggi di Sungai Air Terjun menggambarkan kesesuaian habitat yang lebih baik kepada larva Odonata dibandingkan dengan Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia.

Larva Odonata didapati lebih melimpah pada musim hujan dibandingkan dengan musim kering. Pada musim hujan di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia menyediakan habitat yang berkualiti tinggi dimana diperolehi bekalan makanan yang berlimpah. Keadaan ini merupakan habitat yang sesuai untuk kehidupan larva Odonata yang bertabiat predator di sistem pemakanan di dalam sungai. Pada musim kering kandungan konduktiviti dan kedalaman sungai mempengaruhi kelimpahan *I. decoratus* di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia. Pada musim ini dikesan pemunculan dewasanya yang boleh menyumbang terjadi penyusutan kelimpahan spesies ini serta kemungkinan besar larva *I. decoratus* sangat terdedah kepada predatornya (ikan) disebabkan penyusutan jumlah air sungai sehingga ketiga-tiga sungai tersebut menjadi cetek.

Pertumbuhan larva libellulid *O. chrysis* dan gomphid *I. decoratus* juga dijalankan di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia. Jangkamasa setiap generasi spesies tersebut memerlukan antara 5 hingga 6 bulan untuk melengkap kitar hidup di habitatnya. Sungguhpun begitu di Sungai Titi Teras, kadar pertumbuhan larva *O. chrysis* dan *I. decoratus* adalah lebih tinggi dibanding dengan Sungai Air Terjun. Dimana kedua-dua spesies tersebut melengkap peringkat larva di Sungai Titi Teras dengan lebih cepat dibanding di Sungai Air Terjun. Kitar hidup yang singkat membuktikan pertumbuhan yang cepat. Penetasan telur dan perkembangan larva kedua spesies ini trennya asinkronin di ketiga-tiga sungai tersebut. Penetasan telur dan perkembangan larva muda berlaku secara bersinambungan selama penyampelan. Di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia, larva *O. chrysis* memiliki 8 hingga 9 instar dan larva *I. decoratus* memiliki 8 hingga 11 instar.

Pengelasan Indeks Kualiti Air (WQI) yang telah dijalankan kepada Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia menunjukkan bahawa ketiga-tiga sungai tersebut sesuai sebagai kawasan rekreasi. Selanjutnya air di semua sungai boleh menjadi bekalan air untuk aktiviti manusia. Namun begitu air di ketiga-tiga sungai tersebut harus diberi rawatan khusus sebelum digunakan sebagai bekalan air. Selain itu, pengelasan secara biologi dikira daripada perolehan Indeks Biotik Famili (FBI) di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia. Indeks tersebut menunjukkan air Sungai Titi Teras berkualiti sederhana bersih. Sedangkan Sungai Air Terjun dan Sungai Taman Belia berkualiti air sangat kotor. Keadaan ini disebabkan kehadiran famili sensitif seperti Gomphidae yang mendominasi di Sungai Titi Teras. Sedangkan di Sungai Air Terjun dan Sungai Taman Belia diperolehi banyak famili toleran seperti Libellulidae dan Coenagrionidae. Di Sungai Titi Teras dikesan kehadiran spesies-spesies sensitif seperti *P. capricornis*, *M. sumatranus* dan *O. testacea*. Sedangkan Sungai Air Terjun diperolehi spesies-spesies toleran seperti *T. aurora*, *O.*

chrysis, *N. fluctuans*, *P. rubriceps* dan *P. microcephalum*. Selanjutnya di Sungai Taman Belia dikesan kedominan *O. chrysis*, *C. servilia* dan *H. croceus*. Kelimpahan larva Odonata sangat sesuai sebagai pengesan biologi terhadap kelimpahan komuniti makroinvertebrata akuatik disebabkan kedominan larva Odonata di dalam sungai, khususnya Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia.

Kepelbagaian substratum, vegetasi riparian dan kehadiran mangsa yang berlimpah menjadikan Sungai Air Terjun sebagai habitat yang lebih sesuai dibandingkan Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia. kehadiran spesies-spesies larva Odonata boleh menjadi pngesan biologi terhadap keadaan fizikal habitatnya. Di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia, penetasan telur dan perkembangan larva kedua spesies ini trennya asinkroni. Penetasan telur dan perkembangan larva muda berlaku secara bersinambungan. Kitar hidup *O. chrysis* dan *I. decoratus* di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia menunjukkan bahawa kedua-dua spesies tersebut memiliki lebih dari satu generasi dalam setahun.

COMPARATIVE ODONATE LARVAL POPULATION IN SELECTED RIVERS IN PENANG ISLAND IN RELATION TO THE INFLUENCE OF HABITATS AND WATER QUALITY

ABSTRACT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur.

Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum Et harum und lookum like Greek to me, dereud facilis est er expedit distinct. Nam liber te conscient to factor tum poen legum odioque civiuda. Et tam neque pecun modut est neque nonor et imper ned libidig met, consectetur adipiscing elit, sed ut labore et dolore magna aliquam makes one wonder who would ever read this stuff? Bis nostrud exercitation ullam mmodo consequat. Duis aute in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. At vver eos et accusam dignissum qui blandit est praesent luptatum delenit aigue excepteur sint occae.

Et harum dereud facilis est er expedit distinct. Nam libe soluta nobis eligent optio est congue nihil impedit doming id Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, set eiusmod tempor incididunt et labore et dolore magna aliquam. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exerc. Irure dolor in reprehend incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat.

BAB 1 PENGENALAN

Sungai merupakan sumber air yang selalu digunakan untuk aktiviti semua makhluk hidup. Pada sungai terdapat ekosistem akuatik yang banyak bergantung kepada parameter habitatnya. Keadaan habitat ekosistem akuatik dan komuniti organisma yang mendiami sungai terganggu sekiranya berlaku perubahan parameter habitat sungai tersebut (Begon *et al.*, 1990; Dodds, 2002). Perubahan terhadap parameter ini akan cepat mengganggu mekanisme ekosistem terutama kualiti airnya yang akan mempengaruhi kehidupan organisma-organisma akuatik, khususnya serangga (Gower, 1980).

Serangga akuatik cepat berinteraksi terhadap perubahan habitatnya sehingga menjadi indikator pencemaran yang baik (McCafferty and Provonsha, 1981; Merritt and Cummins, 1996). Serangga akuatik yang sering digunakan sebagai indikator pemantauan kualiti air ialah organisma yang memiliki peranan penting dalam rantai makanan ekosistem akuatik, mempunyai saiz yang agak besar, mudah di sampel, mudah diidentifikasi serta menunjukkan ciri khas di sesuatu kawasan yang hendak dikaji (Collins and Thomas, 1989). Burton dan Sivaramakrishnan (1993) menyatakan hal yang sama bahawa serangga akuatik dipilih sebagai organisma indikator kualiti air disebabkan diversiti, taburan dan kedominannya yang tinggi. Sungguh pun begitu, beberapa spesies serangga akuatik mempunyai kesukaran dalam pengecaman dan mempunyai kitar hidup yang panjang sehingga memerlukan masa yang panjang untuk mengkajinya (Merritt and Cummins, 1996).

Secara amnya, serangga akuatik dianggotai sembilan order yang dominan iaitu Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Hemiptera, Neuroptera, Trichoptera, Lepidoptera, Coleoptera dan Diptera. Seluruh serangga akuatik tersebut melengkapai kehidupan peringkat mudanya di dalam ekosistem akuatik (Morse *et al.*, 1994). Namun begitu pada tahun 2006, Azrina *et al.* mendapati Order Odonata adalah kumpulan serangga yang memiliki kelimpahan yang paling tinggi dibandingkan dengan lapan order serangga akuatik lainnya di Sungai Langat Selangor.

Odonata mengalami dua proses kehidupan yang berbeza. Peringkat telur dan larva mendiami kawasan akuatik manakala peringkat dewasanya hidup di daratan (Corbet, 1962). Order Odonata dibahagikan kepada dua suborder iaitu Suborder Anisoptera (pepatung biasa) dan Suborder Zygoptera (pepatung jarum) (Corbet, 1999). Suborder Anisoptera (kecuali famili Gomphidae) memiliki bentuk badan yang tegap, bentuk mata yang bervariasi dan sayap belakangnya lebih luas pada pangkalnya dibandingkan dengan sayap hadapan. Ketika rehat anisopteran membentangkan kedua pasang sayapnya. Zygopteran merupakan pepatung yang berukuran kecil, kurus, memiliki mata yang lebar dengan sayap hadapan dan belakang yang sama ukurannya. Hampir seluruh spesies suborder ini (kecuali beberapa spesies Famili Lestidae) melipat kedua pasang sayapnya ketika rehat (Silsby, 2001).

Telur Odonata menetas menjadi pralarva. Pada instar pertama hampir seluruh spesies larva Odonata memiliki bentuk dan ukuran yang hampir sama (Triplehorn *et al.*, 2005). Larva anisopteran lebih mudah diidentifikasi dibandingkan larva zygopteran. Larva Zygoptera berbentuk lampai, memanjang dan di hujung abdomennya terdapat tiga helai insang. Namun demikian, ada beberapa spesies Zygoptera yang memiliki penambahan insang di tepi abdomennya. Badan larva Anisoptera berbentuk tegap dan tidak memiliki insang di hujung abdomennya. Sebaliknya terdapat sepasang paraprok dan satu epiprok di antara kedua paraprok tersebut (Corbet, 1962; 1999).

Larva Odonata merupakan serangga akuatik yang hidup di pelbagai kawasan perairan diantaranya sungai berarus perlahan, sungai berarus deras, tasik atau pun kolam. Sebahagian spesies larva Odonata yang berukuran besar boleh bertahan hidup di semua habitat perairan iaitu di bahagian permukaan dasar sungai, di dalam lumpur atau di celah-celah tumbuhan air (Corbet *et al.*, 1960, Corbet, 1962; Silsby, 2001).

Sebanyak 5,500 spesies Odonata di seluruh dunia telah berjaya diidentifikasi. Diversiti dan taburan Odonata adalah tinggi di kawasan tropika kerana cuaca kawasan itu yang optimum (Corbet, 1962; Silsby, 2001). Pada tahun 1954, telah dicamkan oleh Lieftinck di Malaysia lebih kurang 228 spesies. Sebanyak 110 spesies dari jumlah itu ditemui di bahagian utara Malaysia. 51 spesies direkodkan di Sungai Gua Musang di Kelantan (Norma-Rashid *et al.*, 1996). Manakala di Pulau Pinang, sebanyak 54 spesies Odonata dimana 17 diantaranya merupakan spesies baru berjaya direkodkan (Kitagawa, 1997). Baru-baru ini pada tahun 2005, Orr berjaya menghasilkan satu senarai pengawasan (checklist) dimana 229 spesies (15 famili) Odonata di Semenanjung Malaysia dan Singapura telah direkodkan.

Menurut Hellawell (1986), keadaan habitat dapat menentukan taburan komuniti larva Odonata dari semasa ke semasa. Di dalam sungai, taburan larva Odonata dipengaruhi oleh kepelbagaian keadaan habitat. Lenat, (1993) mendapati perbezaan taburan larva Odonata yang hidup di sungai berarus deras dengan intensiti cahaya yang lemah dibandingkan larva Odonata yang hidup di sungai berarus perlahan serta intensiti cahaya yang kuat. Selain itu, parameter habitat yang mempengaruhi pertumbuhan peringkat telur dan larva Odonata adalah suhu, oksigen terlarut, pH air, kelajuan arus, konduktiviti, jenis substrat, tumbuhan di sekitar habitatnya (Corbet, 1999) serta ketersediaan sumber makanan (Basset, 1995). Keadaan larva yang

sangat terdedah kepada haiwan pemangsa juga menentukan diversiti Odonata di sesuatu ekosistem akuatik (Diehl, 1993).

Kehadiran atau ketiadaan berbagai spesies larva Odonata di dalam sesuatu ekosistem akuatik menunjukkan perbezaan daya kewujudan hidup haiwan tersebut (Silsby, 2001). Spesies larva Odonata sensitif akan pupus dan ekosistem akuatik seterusnya dipenuhi dengan spesies toleran terhadap perubahan keadaan habitatnya (McPeck, 1998). Diversiti dan taburan larva Odonata dapat berubah disebabkan fluktuasi kualiti habitatnya (Corbet, 1999).

Perubahan diversiti spesies dan taburan larva Odonata dipercayai menggambarkan perubahan kualiti air sungai (Hilsenhoff, 1988). Berbagai Indeks Ekologi digunakan untuk menentukan pencemaran air di ekosistem akuatik (Washington, 1984). Menurut Hilsenhoff (1987) pengesanan bahan pencemaran organik di dalam air boleh dianggarkan dengan menggunakan Indeks Biotik Famili (FBI). Pada masa kini, DOE (Department of Environment) Malaysia (2002) menggunakan Indeks Kualiti Air (WQI) sebagai kaedah pemantauan kualiti air dan pencemaran sungai di kepulauan Malaysia. Keadaan habitat di sesuatu ekosistem diperincikan dengan meneliti kandungan spesies menggunakan Indeks Ekologi iaitu Indeks diversiti (Shannon-Wiener dan Simpson), Indeks Pengkayaan (Margalleff dan Menhinick) dan keseragaman taburan antara spesies di dalam sesuatu komuniti melalui penggunaan Indeks Kesamaan Taburan Biologi (Eveness) (Ludwig and Reynolds, 1988).

Penyelidikan perbandingan populasi larva Odonata dan pengaruh habitat serta kualiti air di beberapa sungai di Pulau Pinang bertujuan sebagai pemantauan kualiti air sungai dengan mengkaji diversiti, taburan, pengaruh parameter kualiti air, pengaruh kehadiran musim dan perbandingan kadar pertumbuhan larva Odonata di tiga sungai

sekitar Pulau Pinang. Kajian mengenai kadar pertumbuhan larva Odonata hingga saat ini belum pernah dilakukan di Pulau Pinang. Oleh kerana itu, dalam penyelidikan ini turut dikaji kadar pertumbuhan larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia. Kajian berkenaan perbandingan kadar pertumbuhan larva Odonata telah dilakukan pada tahun 1968 di Sungai Savannah (Selatan Carolina, USA) dan kadar pertumbuhan larva libellulid (*Ladona deplanata* dan *Libellula incesta*) menunjukkan pertumbuhan serentak (synchronously) (Benke, 1970). Sebaliknya di kawasan tropika tumbuhan larva *Pantala flavescens* sangat tak sinkroni (asynchronously) dan populasinya sangat bertindih dikeranakan perkembangan generasi yang berterusan (Corbet, 1999).

Penyelidikan perbandingan populasi larva Odonata dan pengaruh habitat serta kualiti air di beberapa sungai di Pulau Pinang dijalankan dengan berpandukan kepada objektif-objektif berikut:

1. Menentukan kelimpahan dan taburan larva populasi Odonata yang hidup di sungai yang berbeza.
2. Mengkaji pengaruh parameter fizik-kimia air sungai terhadap populasi larva Odonata di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia.
3. Membandingkan pengelasan Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia berdasarkan Indeks Kualiti Air (WQI) dan Indeks Biotik Famili (FBI) serta menilai potensi penggunaan Odonata sebagai spesies indikator terhadap kualiti air.
4. Mengkaji kitar hidup dan kadar pertumbuhan larva libellulid *Orthetrum chrysis* dan gomphid *Ictinogomphus decoratus* di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia.

BAB 2

TINJAUAN BAHAN BACAAN

2.1 Populasi dan Tabiat Serangga Odonata.

Odonata dewasa hidup sepenuhnya di udara dan terkadang terbang ke kawasan yang jauh dari kawasan asalnya (Corbet, 1999). Setelah Odonata dewasa mengawan, Odonata betina meletakkan telur-telurnya dalam dua kategori bergantung kepada spesiesnya (Corbet, 1962; Fonseka, 2000). Seluruh Famili Aeshnidae, Petaluridae, Neopetalilidae dan sebahagian besar spesies Odonata lainnya adalah endophitik dimana betina dewasa memiliki ovipositor yang bergerigi. Telur-telurnya dimasukkan ke dalam tumbuhan menggunakan ovipositornya untuk membuat lubang. Papatung meletakkan telurnya ke dalam tisu tumbuhan yang berada di dalam atau dipermukaan air. Teknik peletakkan telur secara endophitik memerlukan masa yang panjang. Papatung betina dewasa sangat cermat memilih tempat yang sesuai untuk meletakkan telur-telurnya. Akibatnya betina dewasa sangat terdedah kepada haiwan pemangsa seperti katak dan ikan. Dan teknik ini juga sangat bergantung kepada kewujudan tumbuhan air dimana telurnya diletakkan (Corbet, 1962; 1999).

Sebahagian besar spesies Anisoptera adalah endophitik. Odonata betina dewasa dari suborder Anisoptera memiliki ovipositor yang tidak berfungsi (Silsby, 2001). Odonata betina dewasa meletakkan telurnya dipermukaan atas substrat, lumut, kayu-kayu yang terapung hayut dan lumpur dibahagian tepi sungai. Ada sebahagian dari spesies Odonata melakukan proses meletakkan telur (oviposisi) di dalam jisim gelatin (Corbet, 1962).

Oviposisi merupakan peringkat utama dalam kehidupan Odonata dan pemilihan tempat oviposisi sangat penting sebagai kejayaan reproduksinya. Odonata betina dewasa mencari tempat untuk meletak telurnya di tempat yang sesuai, terhindar dari

gangguan habitat dan pemangsaan (Schenk *et al.*, 2004). Saiz telur merupakan faktor penting untuk ketahanan hidup larva Odonata, jika Odonata dewasa bertelur dengan ukuran besar maka akan diperolehi larva yang besar sehingga larva besar dapat mengekalkan kewujudannya dengan memangsa larva kecil (Hopper *et al.*, 1996).

Larva Odonata merupakan serangga karnivor dan mendiami kawasan akuatik. Pertumbuhan larva Odonata mengalami proses persalinan kulit luarnya (exoskeleton) secara berterusan dalam pertumbuhannya menjadi larva yang lebih matang. Proses pertumbuhan larva memerlukan lapan hingga 15 kali proses persalinan kulit (Corbet, 1962; Silsby, 2001).

Selama beberapa hari selepas larva baru menetas dari telur menggunakan kuning telur yang terdapat di dalam usus tengahnya sebagai bekalan bahan makanan. Instar larva muda memakan Protozoa, Crustacea yang berukuran kecil (*Daphnia* sp., *Cyclops* sp.) dan haiwan-haiwan yang kecil lainnya. Kemudian larva akan semakin besar dan memakan berudu, ikan-ikan kecil, kumbang air, larva dari mayflies atau stoneflies dan larva Odonata dari spesies yang berbeza maupun dari spesies yang sama (kanibalisme) (Fonseka, 2000; Silsby, 2001).

Apabila proses metamorphosis telah lengkap, larva instar terakhir memanjat batu-batuan atau kepermukaan air untuk bersalin kulit yang terakhir. Eksuvium akan ditinggalkan di tempat proses kemunculan (Corbet, 1962).

2.2 Komposisi dan Taburan Larva Odonata.

Triplehorn *et al.* (2005) menyatakan bahawa lebih kurang 25,000 hingga 30,000 spesies atau tiga peratus dari keseluruhan serangga di dunia adalah serangga akuatik. Serangga akuatik hidup dengan baik diberbagai mikrohabitat di habitat air tawar. Lebih kurang 1,400 spesies hidup di perairan payau dan habitat air laut (Ward, 1992). Semua

peringkat larva Odonata pada masa peringkat larva merupakan serangga akuatik. Hal ini dibuktikan dengan kehadiran Odonata dalam jumlah besar, taburan yang luas dan kewujudannya di pelbagai habitat akuatik (Corbet, 1999). Hynes (1970) menyenaraikan beberapa famili Odonata seperti Aeshnidae, Cordulegastridae dan Gomphidae melengkapkan peringkat larvanya di perairan air tawar. Selain itu, larva Odonata boleh dijumpai di dasar sungai (coenagrionid *Enallagma aspersum*), dalam keladak (corduliid *Macromia*), sungai yang berarus perlahan (gomphid *Ictinogomphus* spp.), dicelah-celah batu (libellulid *Trithemis donaldsoni*), di antara tumbuhan air (lestid *Lestes disjunctus*), di kawasan air terjun (gomphid *Stylogomphus suzukii*), di dalam kolam kering berlumpur (aeshnid *Epiaeshna*, *Gynacantha* dan *Triacanthagyna*) dan di sungai berpasir (gomphid *Paragomphus hageni*) (Corbet, 1999).

Di sungai yang memiliki kepekatan pH air tinggi, larva zygoteran (coenagrionid *Enallagma civile*) lebih toleran dibandingkan larva anisopteran (Corbet, 1999). Diversiti dan taburannya selalu bergantung pada sumber nutrien serta keadaan habitatnya (Begon *et al.*, 1990; Triplehorn *et al.*, 2005). Sebagai contoh, di Filipina larva gomphid *Asiagomphus hainanensis* dapat hidup di sungai berlumpur dan banyak makrofit (Silsby, 2001). Aoki (1992) di dalam Corbet, (1999) menjumpai larva gomphid *Ictinogomphus perti*. yang hidup di dalam sungai bersuhu 5 °C di Honshu, Jepun.

Hampir seluruh spesies larva Odonata hidup dalam habitat lotik (air mengalir) dan menduduki habitat vegetasi separa tenggelam dan dipermukaan batu-batuan dalam ekosistem akuatik (Silsby, 2001). Sama seperti beberapa kumpulan serangga akuatik yang lain, larva Odonata mempunyai jenis sistem respirasi tertutup yang menggunakan insang trakea dan memerlukan oksigen terlarut di dalam air. Oleh kerana itu larva Odonata boleh bernafas dengan lebih baik dalam ekosistem lotik berbanding dengan ekosistem lentik (air tiada mengalir). Sungguhpun begitu, McCafferty dan Provonsha (1981) menyatakan bahawa ada sebahagian dari larva

Odonata yang sesuai tinggal di habitat yang rendah kelajuan airnya seperti tasik, kolam dan sungai-sungai kecil.

Larva Odonata beradaptasi terhadap pelbagai parameter habitat untuk dapat terus hidup di dalam habitatnya. Adaptasi tersebut diantaranya bentuk badan setiap larva Odonata bergantung kepada spesies dan habitatnya (Corbet, 1962). Larva yang mendiami dasar habitat akuatik berbentuk pendek, gemuk, kaki yang kukuh dan seluruh permukaan ditutupi oleh bulu (gomphid *Gomphus vulgatissimus*). Bentuk larva seperti itu merupakan larva yang menggali di dasar akuatik. Khususnya beberapa spesies Gomphidae yang dilengkapi dengan antena berbentuk pengayuh dan bentuk badan seperti torpedo dengan kaki yang tegap (gomphid *Heliogomphus scorio*) untuk mempermudah penggalian pasir dengan cepat (Silsby, 2001). calopterygid *Neurobasis* spp. dilengkapi dengan kuku cengkaman dan cangkuk dorsal yang memudahkannya berpaut pada tumbuhan akuatik. Sebahagian larva Libellulidae dan Gomphidae mempunyai permukaan badan yang pipih untuk memudahkan famili tersebut bergerak dalam substrat yang padat (Morse *et al.*, 1994). Libellulid *Orthetrum* spp. mempunyai abdomen dan kaki yang ditumbuhi bulu-bulu halus maka spesies ini dapat bergerak dengan cepat dalam sungai berkelodak dan berlumpur (Corbet, 1962). Aeshnid (*Aeshna* spp. dan *Aeschnophlebia* spp.), gomphid *Hagenius* spp., corduliid *Macromia* spp. dan libellulid *Sympetrum* spp. berkaki panjang untuk memanjat akar-akar kayu (Corbet, 1999). Pada habitat lumpur berair banyak didapati larva coenagrionid *Mortonagrion hirosei* dan libellulid *Tramea* spp. sedangkan coenagrionid *Argia* spp. dan corduliid *Neurocordulia* spp. boleh hidup di permukaan batu dan kayu (Corbet, 1962).

Larva Odonata yang mendiami sungai yang berarus laju, mempunyai bentuk badan yang pipih, memiliki cangkuk pengorek pada tibianya dan antenanya berbentuk seperti kipas. Sebagai contoh adalah spesies gomphid *Sieboldius japonicus* yang

memiliki badan yang sangat pipih. Keadaan bentuk itu dipercayai membantu larva tersebut untuk hidup di sungai yang berarus laju. Larva yang mendiami kawasan di antara tumbuhan rumpai biasanya cergas dan berbentuk memanjang (aeshnid *Anax imperator*) (Silsby, 2001).

2.3 Sejarah Pemantauan dan Penggunaan Larva Odonata Sebagai Indikator Biologi (Bioindicator).

Philips dan Rainbow (1993) menyatakan bahawa kaedah pemantauan biologi memerlukan organisma sebagai komuniti indikator terhadap pencemaran lebih dan kandungan nutrien dalam air. Oleh kerana larva Odonata saiznya yang besar, lebih mudah diidentifikasi dan sesuai menjadi haiwan penunjuk. Terdapat beberapa spesies larva Odonata seperti coenagrionid *Pseudagrion microcephalum*, libellulid *Trithemis festiva* (Orr, 2003); libellulid *Onychothemis testacea* Laidlaw (1902), *Neurobasis chinensis* Linnaeus (1758) dan gomphid *Burmagomphus divaricatus* Lieftinck (1964) (Wahizatul Afzan, 2004) yang toleran terhadap perubahan habitatnya dan menunjukkan ciri-ciri yang khusus (Collins and Thomas, 1989). Rosenberg dan Resh (1993) berpendapat bahawa larva Odonata lebih fleksibel digunakan sebagai organisma penunjuk kerana mereka hidup dipelbagai jenis habitat. Corbet *et al.* (1960) juga sependapat bahawa kehadiran dan diversiti larva Odonata boleh menjadi pengesan kestabilan keadaan ekosistem akuatik kerana jenis bahan pencemar tertentu di habitat akuatik dapat menurunkan densiti dan diversiti larva Odonata. Tabiat atau morfologi larva Odonata boleh digunakan sebagai pengesan kualiti habitat fizikalnya meskipun tidak dapat menentukan jumlah pencemaran di sesuatu tempat. Sebagai contoh, di persekitaran yang berdekatan dengan kilang baja tanaman terhadap populasi coenagrionid *Coenagrion puella* dikesan apabila kadar pertumbuhan panjang sayap depan dan kaki belakangnya menunjukkan fluktuasi yang tinggi (Corbet, 1999).

2.4 Penilaian Indeks Ekologi, Indeks Famili Biotik (FBI) dan Indeks Kualiti Air (WQI).

Indeks yang sering digunakan untuk mengukur keadaan habitat dengan menggunakan organisma indikator biologi ialah Indeks Diversiti (Indeks Shannon-Wiener (1948) dan Indeks Simpson (1949)), Indeks Pengkayaan (Indeks Margaleff (1951) dan Indeks Menhinick (1952)) dan Indeks Kesamaan Taburan Biologi (Eveness) (Ludwig and Reynolds, 1988). Selain ketiga-tiga indeks Ekologi tersebut, Indeks Famili Biotik (FBI) (Hilsenhoff, 1982) dan Indeks Kualiti Air (WQI) (DOE, 2002) juga digunakan untuk pemantauan keadaan kualiti air dan pencemaran sungai.

2.4.1 Indeks Ekologi.

Menurut Metcalfe (1989), Indeks Ekologi adalah gabungan dari tiga komponen komuniti iaitu kekayaan (bilangan spesies yang dikutip ataupun kekayaan), kesamaan (taburan individu spesies) serta diversiti (kepelbagaian organisma yang diperolehi) yang menerangkan interaksi komuniti terhadap keadaan habitat. Kekayaan spesies pada habitat yang tidak terganggu akan bernilai tinggi berbanding dengan habitat yang telah terganggu atau tercemar (Ghetti and Bonazzi, 1977; Mason *et al.*, 1985). Gabungan Indeks Diversiti, Indeks Pengkayaan dan Indeks Kesamaan Taburan Biologi menggambarkan keadaan komuniti serangga di ekosistem akuatik (Washington, 1984; Metcalfe, 1989; Cornell and Lawton, 1992).

Indeks diversiti (Indeks Shannon-Wiener (H') dan Indeks Simpson) sering digunakan kerana ianya stabil walaupun ada perubahan pada kawasan geografi. Indeks ini juga tidak peka kepada spesies yang jarang ditemui (Rosenberg and Resh, 1993). Indeks tersebut menunjukkan diversiti serangga akuatik di sesuatu habitat semakin besar apabila nilai Indeks Diversiti H' semakin tinggi (> 3). Pengurangan atau penambahan nilai diversiti dalam sesuatu komuniti dapat di kira secara kuantitatif (Kovacs, 1992; Barnes and Mann, 1991; Ho and Peng, 1997). Nilai Indeks Shannon-

Wiener dapat memberi maklumat tentang tekanan habitat dan impak pencemaran terhadap habitat. Sedangkan sistem penilaian Indeks Simpson berbeza dimana nilainya mempunyai julat antara 0 hingga 1. Semakin besar nilainya maka semakin tercemar sesuatu habitat akuatik (Joshi *et al.*, 1995; Ingram *et al.*, 1996).

2.4.2 Indeks Biotik Famili (Family Biotic Index/ FBI).

Hilsenhoff (1988) memperkenalkan penggunaan Indeks Biotik Famili (FBI) berdasarkan kepada kewujudan famili serangga di sesuatu habitat akuatik. Nilai toleransi yang diberi kepada setiap famili serangga ialah antara 0 hingga 10, di mana nilai 0 merujuk kepada famili yang terdapat di kawasan air yang sangat bersih dan nilai 10 diberikan kepada famili yang hidup di kawasan air yang sangat tercemar (Hilsenhoff, 1988). Namun begitu Indeks Biotik Famili (FBI) hanya dapat menggambarkan darjah kandungan bahan pencemaran organik di dalam air sungai tetapi tidak memberi gambaran terperinci mengenai bahan pencemaran lain (Hilsenhoff, 1988; Lenat, 1993).

2.4.3 Indeks Kualiti Air (Water Quality Index = WQI).

Kualiti air merupakan permasalahan yang sangat sensitif. Aktiviti perbandaran, industri dan pertanian menambah kegunaan sumber air (sungai, tasik dan mata air), begitu juga dengan proses semulajadi seperti pengendapan, hakisan dan pelapukan bahan-bahan akibat perubahan iklim boleh mempengaruhi kualiti air (Simeonov *et al.*, 2003). Perubahan iklim dan ekologi sungai sangat mempengaruhi kualiti air (Soldner *et al.*, 2004). Interaksi organisma terhadap habitatnya turut dipengaruhi oleh perubahan ini (Hellawell, 1986).

Indeks Kualiti Air (WQI) diolah untuk pengukuran kualiti air dan pengelasan air sungai kepada kategori-kategori tertentu. Pengelasan air sungai berdasarkan Indeks Kualiti Air (WQI) berskala antara 0 hingga 100 dimana skor 100 menunjukkan kualiti air

maksimum. Indeks Kualiti Air (WQI) merupakan pengiraan purata parameter pengesanan kualiti air (Sanchez et al., 2007). Parameter fizik-kimia air sungai yang digunakan DOE, Malaysia (2002) untuk pengukuran kualiti air ialah Oksigen terlarut (DO), Permintaan Oksigen Biokimia (BOD), Permintaan Oksigen Kimia (COD), Ammonia-N (AN), Jumlah Pepejal Terampai (TSS) dan keasidan (pH). Nilai Indeks Kualiti Air (WQI) dijelaskan dengan julat Piawai Kualiti Air Nasional untuk pengelasan jenis air dan kegunaannya. Julat Piawai Kualiti Air Nasional tersebut berkisar antara kelas I hingga kelas V. Dimana kelas I merupakan sungai berkualiti air sangat bersih (WQI > 92.7) dan airnya boleh diguna langsung tanpa diperlukan rawatan sedangkan kelas V merupakan sungai yang sangat kotor airnya (WQI < 31.0) dan tidak boleh diguna untuk apa-apa aktiviti manusia.

2.5 Keadaan Habitat yang Mempengaruhi Diversiti dan Taburan Larva Odonata.

2.5.1 Parameter Fizik.

Corbet (1962) berpendapat bahawa parameter fizik sungai dapat mempengaruhi kehadiran larva Odonata. Beberapa parameter fizik sungai seperti suhu air, konduktiviti, kelajuan arus sungai, penetrasi cahaya, lebar sungai, dalam sungai, jenis substrat, jenis dan diversiti vegetasi riparian menghadkan perkembangan serta kehadiran larva Odonata di habitatnya.

Suhu air mempengaruhi frekuensi, diversiti dan taburan larva Odonata (Corbet, 1999). Suhu air dapat berkesan positif atau negatif bergantung kepada darjah suhu air di sesuatu perairan. Di wilayah tropika dan di kawasan gurun, suhu air boleh melebihi 30 °C (Hart et al., 1990). Sebagai contoh, larva *Platycypha caligata* (Chlorocyphidae) di Afrika mendiami sungai bersuhu 35 °C. Di Amerika Utara, *Hetaerina americana* (Calopterygidae) dijumpai pada suhu 30 °C (Silsby, 2001). Di Semenanjung Malaysia,

Neurothemis tullia (Libellulidae) boleh hidup di sawah padi yang bersuhu air mencapai 40 °C (Che Salmah, 1996). Dan di Filipina, *Chlorocypha straeleni* (Chlorocyphidae) hidup dalam sungai bersuhu 5 °C hingga 25 °C (Corbet, 1999).

Kelajuan air sungai biasanya kurang dari 2 m¹s dan jarang sekali melebihi 6 m¹s (Cole, 1993). Kelajuan arus sesuatu sungai sangat mempengaruhi struktur dasarnya. Arus sungai yang deras memiliki dasar sungai berbatu, dan sungai berarus perlahan biasanya mengandungi banyak kerikil, pasir atau berlumpur. Arus semakin perlahan apabila semakin dekat ke bahagian dasar sungai. Keadaan ini mempengaruhi gas terlarut, mineral yang terdapat di dalam air dan diikuti perubahan struktur komuniti dan taburan serangga (Hynes, 1970).

Pokok yang tumbang, batang dan daun-daun yang berguguran ke dalam sungai menjadi sumber makanan dan tempat tinggal bagi larva Odonata (Corbet, 1999). Larva Odonata zygopteran dan anisopteran (Libellulidae) hidup pada tumbuhan emergent, substrat lumpur atau di atas batu yang pipih (Corbet, 1962). Di sungai yang bahagian dasar berlumpur serta mempunyai akar-akar kayu di sepanjang tebing merupakan kawasan yang sangat sesuai untuk famili Aeshnidae, Cordulegasteridae dan Gomphidae (Silsby, 2001).

2.5.2 Parameter Kimia.

Parameter kimia seperti Keasidan (pH), Oksigen Terlarut (DO) dan Permintaan Oksigen Biokimia (BOD) dapat mempengaruhi komposisi dan taburan larva Odonata di habitatnya (Corbet, 1999). Secara amnya, julat pH air sungai berkisar antara 4 hingga 9 (Corbet, 1999). Gomphid *Ophiogomphus* spp. dapat hidup pada pH air 4.2 tetapi taburan spesies ini akan terhad apabila julat pH turun kepada 3.4 (Hellawell, 1986). Coenagrionid *Erythromma najas*, corduliid *Cordulegaster boltonii* dan *Somatochlora metallica* hidup dengan baik pada julat pH 4.6 hingga pH 6.4. Sungguhpun begitu

spesies-spesies ini boleh beradaptasi dan hidup di sungai yang tinggi pHnya. Muller (1986) di dalam Corbet (1999) telah merekodkan kesesuaian keempat-empat spesies tersebut hidup di sungai beralkali dengan nilai pH 8.

Oksigen terlarut merupakan keperluan utama untuk kehidupan dalam habitat akuatik dan menjadi parameter penting dalam menentukan kualiti air (Hilsenhoff, 1988). Perairan yang berarus deras mempunyai kandungan oksigen terlarut yang tinggi. Sebaliknya sungai yang berarus perlahan dengan dasar yang berlumpur mengandungi sedikit oksigen terlarut akibat dipenuhi oleh endapan bahan-bahan organik (Dodds, 2002). Larva Odonata mampu hidup di habitat berlumpur dan berkelodak dengan kandungan oksigen kurang dari 4 ppm (Che Salmah *et al.*, 1999).

2.5.3 Parameter Biologi.

Parameter biologi yang berpotensi mempengaruhi populasi larva Odonata adalah ketersediaan nutrien, kematian (mortaliti), kanibalisme (Hopper *et al.*, 1996) dan pemangsa (Kormondy and Gower, 1965). Larva Odonata merupakan serangga pemangsa (predator) yang memakan haiwan akuatik yang lebih kecil (mangsa) (Merritt and Cummins, 1996). Secara amnya, morfologi larva Odonata telah berubahsuai (Morse *et al.*, 1994; Merritt and Cummins, 1996) untuk menjadi pemangsa yang lebih efisien. Sebagai contoh larva Libellulidae memiliki labium rekraktif yang kuat yang menjadi ciri khusus famili ini (Corbet, 1980; Askew, 1988). Kebanyakan Gomphidae pula mempunyai prementum yang tajam untuk menggoyak mangsanya (Morse *et al.*, 1994). Odonata memiliki sifat menunggu dan mengamati mangsa kemudian mereka bergerak secara aktif menyerang mangsanya (Merritt and Cummins, 1996).

Namun begitu, larva Odonata khususnya instar muda merupakan mangsa kepada ikan predator (Arnqvist and Johansson, 1998). Mengikut McPeck, 1998 kematian larva coenagrionid (*Enallagma* spp. dan *Ischnura* spp.) semakin bertambah disebabkan kehadiran Bluegills (ikan predator) di habitatnya. Kemampuan beradaptasi larva Odonata terhadap ikan pemangsa berbeza-beza pada setiap spesies. Sehingga tiap-tiap spesies memiliki karakteristik bentuk badan dan tabiat yang berbeza-beza (McPeck, 1990; 1995; McPeck *et al.*, 1996). Beberapa spesies larva Odonata dilengkapi dengan duri-duri tegak di abdomennya. Duri ini menjadi alat pelindung kepada larva tersebut. Contohnya, libellulid *Leucorrhinia dubia* memiliki duri-duri tegak yang panjang sehingga ikan pemangsa sukar memangsanya (Johansson and Samuelsson, 1994).

2.5.4 Musim.

Musim hujan dan musim kering merupakan dua musim yang selalu terjadi di kawasan tropika. Kualiti sesuatu badan air seperti sungai, kolam, tasik dan laut boleh berubah mengikut musim dan kawasan geografi secara semulajadi. Pada musim hujan hanya beberapa kumpulan serangga yang mampu bertahan hidup disebabkan oleh pengaruh parameter fizik, kimia, iklim dan pemangsaan (Smith, 1991; Merritt and Cummins, 1996). Hujan yang turun dengan lebat menyebabkan sungai tropika menjadi besar sehingga berlaku banjir. Banjir dapat mempengaruhi struktur, komponen biotik dan memberi kesan kepada kehidupan serangga akuatik (Dudgeon, 1993). Sebaliknya pada musim kering, kebanyakan serangga membiak dan muncul menjadi serangga dewasa. Kehadiran spesies serangga akan berlimpahruah, apabila spesies tersebut mempunyai kitar hidup yang pendek dan berpotensi menjajah sesuatu ekosistem dengan cepat (Morse *et al.*, 1994).

2.5.5 Aktiviti Manusia.

Aktiviti-aktiviti manusia boleh menyumbang perubahan komposisi dan taburan serangga akuatik diantaranya adalah aktiviti perbandaran, pembuangan kotoran domestik, pertanian, perindustrian, dan pengempangan sungai (Yusoff *et al.*, 1997; Hassan and Salleh, 1999). Allan dan Johnson (1997) menyatakan bahawa aktiviti manusia seperti pembalakan, pengorekan pasir sungai, pertambahan populasi penduduk dan pembuangan sampah sarap ke dalam sungai mempengaruhi kualiti air serta menghadkan vegetasi di sesuatu habitat.

Pembalakan yang dijalankan tanpa terancang mengakibatkan perubahan saliran sungai dan pemendekan dasar sungai (berkelodak) yang akhirnya boleh menyebabkan banjir. Pada musim kering akan terjadi kekurangan bekalan air di sungai di kawasan hutan akibat pendedahan tanah yang telah di balak. Pengangkutan balak melalui sungai yang menyimpan banyak bahan karbon dan unsur mineral lainnya secara tiada langsung juga mengurangkan isipadu air sungai (Yusoff *et al.*, 1997). Bahan-bahan sisa buangan dari aktiviti manusia boleh menyebabkan bertambahnya sedimentasi, kepekatan bahan pepejal dan penurunan kualiti air habitat akuatik (Planet and Gibert, 1994; Sulaiman *et al.*, 1999).

Aktiviti perbandaran dan penempatan penduduk telah menambah sedimentasi di dalam sungai akibat pembuangan kotoran sisa seperti makanan, plastik, tin kosong dan deterjen (Douglas, 1999). Taburan organisma yang sangat sensitif terhadap perubahan habitatnya sangat terhad di sungai yang menerima sisa buangan hasil aktiviti manusia yang berlebihan (Hellawell, 1986). Keadaan ini juga menyebabkan kekurangan jumlah larva Odonata yang ditemui (Merritt and Cummins, 1996).

BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH

3.1 Kawasan Kajian.

Tiga sungai di Pulau Pinang telah dipilih sebagai kawasan kajian. Jabatan Pengairan dan Saliran Pulau Pinang merekodkan Sungai Air Terjun dan Sungai Taman Belia terletak dibahagian Daerah Timur Laut Pulau Pinang iaitu pada latitud 5°25' U hingga 5°26' U dan longitude 100°17' T hingga 100°18' T. Selanjutnya Sungai Titi Teras terletak dibahagian Daerah Barat Daya Pulau Pinang iaitu pada latitud 5°20' U hingga 5°25' U dan longitude 100°10' T hingga 100°15' T. Lokasi penyelidikan ini dapat dilihat dalam Rajah 3. Sungai Air Terjun dan Sungai Taman Belia merupakan cabang Sungai Pinang. Sedangkan Sungai Titi Teras merupakan cabang Sungai Kuala Jalan Baru Balik Pulau.

3.1.1 Sungai Air Terjun.

Sungai Air Terjun memiliki panjang sungai kira-kira 7.15 km. Air Sungai Air Terjun sangat jernih bersumber dari Bukit Bendera dan air melewati sungai kawasan rekreasi Taman Bunga kemudian mengalir ke sungai tempat penyampelan dijalankan. Dasar perairan didapati dominan kandungan kerikil, batu, pasir, daun-daun dan ranting-ranting pokok (Plat 3.1). Sungai Air Terjun memiliki julat lebar sungai antara 1.67 m hingga 4.67 m dan julat kedalaman badan sungai antara 0.10 m hingga 0.32 m. Kelajuan arus Sungai Air Terjun antara 0.30 m⁻¹s hingga 0.7 m⁻¹s. Julat penetrasi cahayanya antara 11,000 Lux hingga 49,467 Lux. Di sepanjang sungai ditumbuhi dengan pokok seperti *Bambusa* sp (buluh), *Manihot esculentes* (ubi kayu) dan *Musa paradisiaca* (pisang). Disamping itu *Ipomoea aquatica* (kangkung air), *Arace* sp. (keladi liar) dan *Imperata cylindrical* (lalang) tumbuh disepanjang permukaan air kawasan tebing sungai dan *Hydrilla verticiliata* (Hydrilla) tumbuh di dalam sungai tersebut.

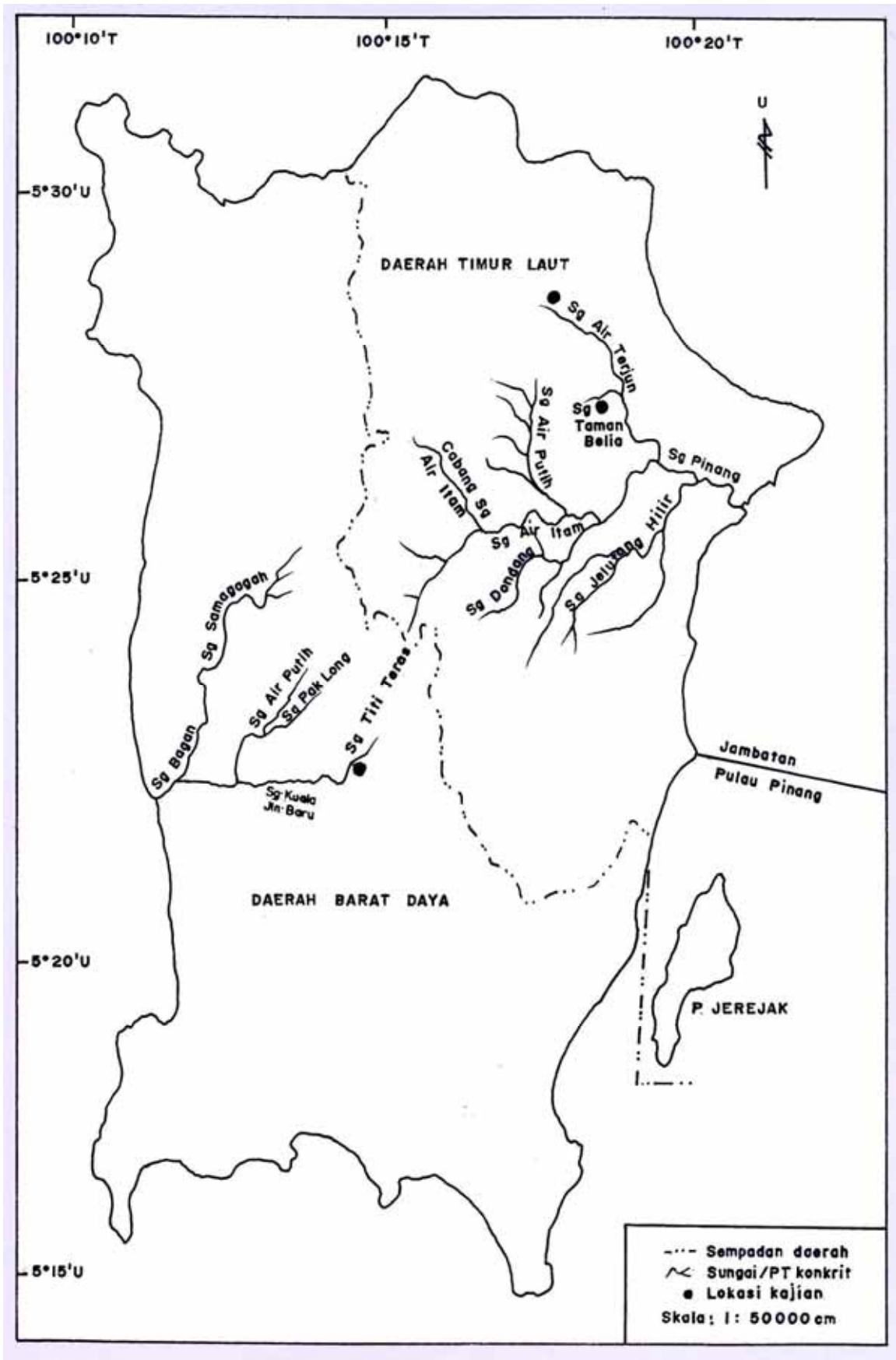
3.1.2 Sungai Titi Teras.

Panjang Sungai Titi Teras adalah lebih kurang 4.75 km. Air Sungai Titi Teras berasal dari aliran Sungai Bagan Air Itam dan Sungai Kuala Jalan Baru kemudian mengalir ke sungai tempat kajian dijalankan. Sungai Titi Teras agak cetek airnya dengan julat kedalaman sungai antara 0.13 m hingga 0.29 m. Namun demikian sungai ini lebih lebar dari Sungai Air Terjun dan Taman Belia iaitu antara 2.36 m hingga 5.62 m. Komposisi substrat sungai adalah pasir berukuran 0.2 cm hingga 1.9 cm serta kedalamannya 0.13 m hingga 0.29 m. Julat kelajuan arus sungai ini antara 0.30 m⁻¹s hingga 0.57 m⁻¹s. Airnya jernih sehingga dasarnya boleh dilihat dari atas permukaan air sungai. Tebing sungai ditumbuhi oleh *Eichhornia crassipes* (keladi bunting), *Ipomoea aquatica* (kangkung air), *Imperata cylindrical* (lalang) dan dijumpai banyak *Hydrilla verticiliata* (Hydrilla) di dalam sungai. Begitu juga kehadiran ikan kecil air tawar yang banyak diperolehi selama kajian dijalankan. Permukaan sungai lebih terdedah kepada cahaya matahari, dimana julat penetrasi cahayanya antara 10,500 Lux hingga 36,633 Lux.

3.1.3 Sungai Taman Belia.

Sungai Taman Belia mempunyai panjang sungai lebih kurang 3.5 km. Sungai Taman Belia mengalir dari Sungai Air Terjun merentasi kawasan perumahan dan kuil-kuil India. Kemudian airnya mengalir masuk ke dalam Taman Belia (tempat kajian). Sungai Taman Belia lebih dalam (2.62 m hingga 5.13 m) dan berkelajuan arus yang perlahan (0.10 m⁻¹s hingga 0.43 m⁻¹s) dibandingkan dengan dua sungai yang lain. Tebingnya ditumbuhi oleh pokok-pokok besar dan kecil seperti *Shorea* sp (meranti), *Musa paradisiaca* (pisang), *Ficus* sp. (ara) dan *Manihot esculentes* (ubi kayu) menyebabkan sungai menjadi teduh. Banyak tumbuhan *Imperata cylindrical* (lalang) dan *Aracea* sp. (keladi liar) tumbuh di tebing sungai dan terdapat *Hydrilla verticiliata* (Hydrilla) di dalam sungai. Kedalaman Sungai Taman Belia antara 0.13 m hingga 0.37 m dan lebarnya antara 2.62 m hingga 5.13 m. Penetrasi cahaya di sungai ini

memiliki julat antara 11,433.33 Lux hingga 38,200.00 Lux. Air sungai ini sangat keruh (3.20 NTU hingga 6.50 NTU) dibandingkan Sungai Air Terjun dan Sungai Titi Teras sehingga dasar Sungai Taman Belia tak terlihat. Substrat sungai ini berlumpur dan sedimen halus. Selalunya sampah sarap banyak dijumpai di dalam sungai iaitu sisa pembuangan sampah domestik dan botol minuman serta didapati bahan-bahan sembahyang Bangsa India (jalinan bunga, buah kelapa kecil dan kain tudung). Sampah sarap yang masuk ke aliran Sungai Taman Belia juga disebabkan banyaknya pengunjung cuai datang ke Taman Belia. Oleh kerana itu pihak pengurus Taman Belia selalu membersihkan sungai ini sebanyak satu atau dua kali dalam setahun. Sungai Taman Belia telah dibersihkan sebulan sebelum penyampelan dijalankan di sungai tersebut.



Rajah 3.1 Kawasan kajian di Pulau Pinang (sumber: Jabatan Pengairan dan Saliran Pulau Pinang, 2006).



Plat 3.1 Sungai Air Terjun.



Plat 3.2 Sungai Titi Teras.



Plat 3.3 Sungai Taman Belia.

3.2 Penyampelan Larva Odonata.

Penyampelan larva Odonata telah dijalankan selama satu tahun bermula dari bulan Disember 2004 hingga bulan Februari 2006 (Lampiran 1). Penyampelan di Sungai Air Terjun dan Sungai Titi Teras bermula pada bulan Disember 2004 hingga bulan November 2005. Kajian di Sungai Taman Belia bermula pada bulan Mac 2005 hingga bulan Februari 2006, kerana pada mulanya penyampelan dijalankan di Sungai Ara. Setelah tiga bulan penyampelan dijalankan, didapati Sungai Ara tidak sesuai untuk kajian ini dan Sungai Taman Belia dipilih untuk menggantikannya.

Sebanyak 30 sampel dipungut di setiap sungai. Jumlah keseluruhan sampel yang dipungut di Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia ialah 1,080 sampel (3 sungai x 30 sampel x 12 bulan = 1,080 sampel) (Hellawell, 1986). Komposisi substrat Sungai Air Terjun, Sungai Titi Teras dan Sungai Taman Belia didominasi oleh pasir dan lumpur. Oleh sebab itu, larva Odonata di ketiga sungai di sampel menggunakan penyampelan kore (Core sampler) dan jaring akuatik D-pond berdiameter panjang 40 cm dan jejari 40 cm dengan saiz bukaan mata jaring 0.3 mm yang diperbuat daripada kain nylon (Morse *et al.*, 1994) (Plat. 3.4). Penyampelan kore dengan jaring akuatik D-pond sesuai untuk memerangkap serangga-serangga akuatik yang belum matang seperti larva, nimfa di kawasan sungai yang cetek, berpasir, berlumpur, berkelodak dan berarus deras (Sutherland, 1996).

Jaring akuatik D-pond di letak di dasar sungai sedikit condong ke hadapan menghadap arus. Ini akan memudahkan pergerakan masuk serangga ke dalam jaring serta dapat mengurangkan kesan rintangan oleh arus air sungai yang laju. Jaring akuatik D-pond diheret sepanjang lebih kurang 1 meter. Keluasan kawasan yang di sampel ialah 40 cm (diameter jaring akuatik D-pond) x 1 meter area sungai (Plat.3.5). Setiap sampel yang dikutip dimasukkan ke dalam beg plastik berlabel dan di bawa balik ke makmal untuk diasingkan (Morse *et al.*, 1994).