

IMPOSEKS DALAM SIPUT HALIAH, *THAIS SP.* SEBAGAI PENUNJUK
BIOLOGI PENCEMARAN TRIBUTILTIMAH DI PERAIRAN SEMENANJUNG
MALAYSIA

SUKARNO BIN WAGIMAN

Tesis ini dikemukakan
Sebagai memenuhi syarat penganugerahan
Ijazah Doktor Falsafah

Fakulti Kejuruteraan Awam
Universiti Teknologi Malaysia

JULAI 2004

Khususnya untuk ibunda Hajjah Tuminah bte Abdullah yang amat ku kasihi dan sanjungi, yang telah men didik, menanamkan semangat dan keyakinan dalam menjalani kehidupan ini.....

Kepada bapa dan emak mertua yang sangat ku hormati atas segala dorongan dan pengertian selama aku menjadi pelajar.....

Yang tersayang dan dicintai isteriku Milaton bt Hassan, yang begitu besar pengorbanannya, kesabarannya, ketabahannya serta sokongannya selama abang melaksanakan tuntutan fardu kifayah ini.....

Kepada anak-anak yang disayangi;

- *Amal*
- *Aqim*
- *Aa*
- *Muaz*
- *Dina*

yang tidak mendapati kasih sayang dan perhatian sepenuhnya dan sewajarnya selama bapak belajar.....

Semoga Allah menerima dan memberkati segala amal ibadah kita.....Amin.

PENGHARGAAN

DENGAN NAMA ALLAH MAHA PENGASIH LAGI PENYAYANG.

Segala pujian hanya kepada Allah S.W.T., yang telah memberikan rahmat dan nikmat keimanan serta kekuatan hidup sehingga penyelidikan ini berjaya diselesaikan. Selawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Muhammad S.A.W , ahli keluarga baginda dan sahabat-sahabat baginda sekalian.

Pada kesempatan ini, penulis ingin merakamkan setinggi penghargaan kepada Prof. Madya Dr. Mohd. Ismid bin Mohd. Said, selaku penyelia projek ini. Segala bimbingan, saranan, ulasan dan dorongan telah banyak membantu ke atas kejayaan menyiapkan penyelidikan dan penulisan tesis ini. Terima kasih dan penghargaan juga kepada Prof. Madya Dr. Ahmad bin Ismail, Fakulti Sains dan Pengajian Alam Sekitar, UPM di atas segala kebaikan dan bantuan material. Kerjasama dan nasihat dari semua pensyarah, sahabat-sahabat pelajar, kakitangan perpustakaan, juruteknik, pembantu makmal dan semua pihak di UTM yang tidak dapat disebut satu persatu adalah sangat dihargai.

Penulis juga ingin merakam penghargaan kepada Y. Bhg. Dato' Ketua Pengarah Perikanan Malaysia, Timbalan Ketua Pengarah, semua Pengarah Perikanan Negeri dan semua kakitangan Jabatan Perikanan Malaysia di atas kerjasama dan bantuan teknikal dan logistik yang telah diberikan.

Penghargaan juga ditujukan kepada Prof. Dr. S. Tanabe, Dr. S. Takahashi, Mr. H. Sakai, Miss R. Kasai dan Mr. I. Monirith dari Center For Marine Environmental Studies, Ehime University, Jepun, kerana membenarkan, membiayai, tunjuk ajar dalam analisis sebatian butiltimah di makmal tersebut.

Akhirnya sekalung penghargaan dan terima kasih kepada Jabatan Perkhidmatan Awam, Malaysia yang telah meluluskan cuti belajar dan membiayai keseluruhan pengajian dan penyelidikan ini.

ABSTRAK

Biosid anti-kotoran laut tributiltimah (TBT) terutamanya daripada cat marin, telah membawa kesan yang tidak disengajakan kepada gastropoda marin seperti wujudnya organ jantan dalam haiwan betina suatu fenomena yang dikenali sebagai imposeks. Kejadian imposeks ini telah dijadikan penunjuk biologi bagi pencemaran TBT. TBT adalah bahan aktif dalam cat anti-kotoran laut dianggap sebagai bahan kimia paling toksik yang telah diperkenalkan kepada alam sekitar. Cat ini digunakan dengan meluas di Malaysia tetapi tiada sebarang undang-undang ataupun peraturan ke atas pengawalan penggunaannya. Kajian lapangan mengenai imposeks ke atas siput haliah, *Thais sp.*, dan kandungan sebatian butiltimah (BT) di dalam siput haliah dan sedimen, telah dijalankan di sepanjang pantai Semenanjung Malaysia. Didapati di antara 6 – 100 % kejadian imposeks berlaku pada siput haliah di semua tapak kajian (19 tapak). Nilai Indeks Saiz Relatif Penis (ISRP) adalah diperhatikan antara 0 dan 109.21 %. Indeks Urutan Vas Deferens (IUVD) didapati di antara 0 – 5. Di beberapa tapak kajian, nisbah jantina didapati lebih bias kepada jantan, dan siput dewasa adalah dominan di dalam populasi. Kandungan sebatian BT dalam siput haliah dan sedimen dari 12 tapak kajian telah disukat dengan menggunakan kromatografi gas pengesan fotometri nyala (GC-FPD). Keputusan menunjukkan pencemaran BT adalah menyeluruh di Semenanjung Malaysia. Kepekatan TBT dalam siput haliah dan sedimen adalah di antara 3.9 – 650 ng g⁻¹ berat basah dan 0 – 700 ng g⁻¹ berat kering, masing-masing. Kepekatan TBT yang tinggi dikesan dari kawasan yang mempunyai aktiviti perkapalan yang tinggi, pelabuhan, jeti, marina dan limbungan. Wujud hubungan korelasi positif di antara kepekatan BT dalam siput dengan perkembangan imposeks. Input TBT sekitar Semenanjung Malaysia ke dalam perairan Selat Melaka dan Laut China Selatan telah dianggarkan sebanyak 70.23 tan metrik.

ABSTRACT

Unintentional effects of the antifouling biocide tributyltin (TBT), produced mainly from marine paints, have been discovered in marine gastropods as an induction of male sex characters in females, a phenomena that is known as imposex. This imposex phenomenon is used as a bioindicator of TBT contamination. TBT, the active ingredient of antifouling paints, is one of the most toxic chemicals that Man has ever introduced into the marine environment. TBT-based antifouling paints are widely used in Malaysia and there is as yet any rule or regulation in controlling the usage of these paints. Field studies on imposex in the rock shell, *Thais sp.*, and butyltin (BT) compound contamination in it and its sediments were conducted along the coast of Peninsula Malaysia. The percentage occurrence of imposex in *Thais sp.*, was in the range of 6 – 100 % at all sites surveyed (19 sites). Observed values of the Relative Penis Size Index (RPSI), defined as the ratio of mean penis size found in imposexed females to that in normal males, were between 0 and 109.21 %. Vas Deferens Sequence Index (VDSI) values ranged from 0 – 5. In some study sites, the rock shell populations were male-biased and matured gastropods dominated the population. Levels of butyltin compounds in rock shells and sediments from 12 sites were determined using gas chromatograph-flame photometry detectors (GC-FPD). The results indicated widespread contamination of butyltin compounds in the surrounding water of the Straits of Malacca and South China Sea. TBT concentration in the rock shells and sediments ranged 3.9 – 650 ng g⁻¹ wet weight and 0 – 700 ng g⁻¹ dry weight, respectively. High concentrations of TBT were detected in samples from areas with high shipping activity, ports, jetties, marinas and dockyards. A positive relation existed between the concentration of TBT in rock shells and the development of imposex. The mechanisms leading to annual input of TBT to the waters of the Straits of Malacca and the South China Sea from shipping was discussed and estimated at 70.23 tonnes.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PERAKUAN	i
	DEDIKASI	ii
	PENGHARGAAN	iii
	ABSTRAK	iv
	ABSTRACT	v
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	vii
	SENARAI RAJAH	xvii
	SENARAI SIMBOL/SINGKATAN/TATANAMA/ISTILAH	xxiii
	SENARAI LAMPIRAN	xxv
BAB I	Pengenalan	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.1.1 Siput Haliah <i>Thais sp.</i>	1
	1.1.2 Pencemaran Marin dan Cat Anti-kotoran Laut	2
	1.1.3 Imposeks	4
	1.1.4 Penunjuk Biologi	5
	1.1.5 Perairan Semenanjung Malaysia Dan Perkapalan	6

1.1.6	Peraturan Pengawalan Penggunaan Cat Anti-kotoran Laut	7
1.2	Penyataan Masalah	8
1.3	Objektif Penyelidikan	8
1.4	Skop Penyelidikan	9
1.5	Kepentingan Kajian	9
1.6	Definisi Istilah	10
1.7	Persoalan Kajian	11
1.8	Pembatasan Kajian	11
1.9	Hipotesis Kajian	12
1.10	Struktur Tesis	12
BAB II	KAJIAN LITERATUR	13
2.0	Pengenalan	13
2.1	Organotimah	14
2.1.1	Sejarah Penggunaan Tributiltimah	14
2.1.2	Sifat Kimia Am	18
2.1.3	Organotimah Dalam Alam Sekitar	19
2.1.4	Kepekatan Tributiltimah Dalam Persekitaran Marin	22
2.1.5	Kepekatan Tributiltimah Dalam Sedimen	23
2.1.6	Kepekatan Tributiltimah Dalam Organisma Marin	25
2.1.7	Kesan Organotimah Ke Atas Organisma Marin	28
2.1.7.1	Rumpai Air	29
2.1.7.2	Moluska	30
2.1.7.3	Invertebrata Selain Moluska	31
2.1.7.4	Vertebrata	32
2.1.8	Kesan Tributiltimah Ke Atas Manusia	32
2.1.9	Peraturan Dan Perundangan	34
2.1.10	Tributiltimah Di Masa Depan	35

2.2	Imposeks	35
2.2.1	Fenomena Imposeks	35
2.2.2	Mekanisma Kejadian Imposeks	37
2.2.3	Kejadian Imposeks Pada Siput Haliah <i>Thais sp.</i>	39
2.2.4	Pengukuran Imposeks	40
2.2.4.1	Indeks Saiz Relatif Penis	41
2.2.4.2	Indeks Urutan Vas Deferens	41
2.2.4.3	Frekuensi Imposeks	43
2.2.5	Imposeks Sebagai Penunjuk Biologi	43
2.3	Gastropoda	45
2.3.1	Morfologi Dan Biologi	46
2.3.2	Kepentingan Ekonomi	47
2.3.3	Pengelasan	47
2.3.4	Order Neogastropoda	50
2.3.5	Famili Muricidae	50
2.3.6	Siput Haliah <i>Thais sp.</i>	51
2.3.6.1	Morfologi Dan Biologi	51
2.3.6.2	Habitat Dan Taburan Siput Haliah	52
2.4	Aktiviti Perkapalan Di Semenanjung Malaysia	56
2.4.1	Aktiviti Kapal Dagangan	56
2.4.2	Aktiviti Kapal Bukan Dagangan	60
BAB III	METODOLOGI	63
3.1	Pengenalan	63
3.2	Kawasan Kajian	64
3.2.1	Tok Bali	67
3.2.2	Pulau Redang	67
3.2.3	Pelabuhan Chendering	70
3.2.4	Pelabuhan Kemaman	70
3.2.5	Pelabuhan Kuantan	70

3.2.6	Pulau Tioman	74
3.2.7	Pulau Tinggi	74
3.2.8	Penggerang	77
3.2.9	Pelabuhan Pasir Gudang	77
3.2.10	Pontian	80
3.2.11	Batu Pahat	80
3.2.12	Melaka	80
3.2.13	Port Dickson	84
3.2.14	Pelabuhan Kelang	84
3.2.15	Lumut	87
3.2.16	Pulau Pinang	87
3.2.17	Pantai Merdeka	87
3.2.18	Pulau Payar	91
3.2.19	Langkawi	91
3.3	Pengukuran Kelimpahan Siput Haliah	94
3.3.1	Kaedah Quadrat Secara Rawak	95
3.3.2	Kaedah Pencarian Bermasa	97
3.4	Pengukuran Perlakuan Pembakan Siput Haliah	98
3.5	Pengukuran Nisbah Jantina Siput Haliah	100
3.5.1	Persediaan Spesimen	100
3.5.2	Penentuan Jantina	100
3.6	Pengukuran Imposeks Siput Haliah	103
3.6.1	Indeks Panjang Relatif Penis (ISRP)	103
3.6.2	Indeks Urutan Vas Deferens	105
3.6.3	Frekuensi Imposeks	107
3.7	Pengukuran Kandungan Butilimah	107
3.7.1	Sebatian Butilimah	107
3.7.2	Kromatografi Gas	108
3.7.3	Pengumpulan Dan Persediaan Sampel	110
3.7.3.1	Sampel Biologi	111
3.7.3.2	Sampel Sedimen	112
3.7.4	Analisis Kimia	112
3.7.4.1	Sampel Biologi	112
3.7.4.2	Sampel Sedimen	116

3.8	Penaksiran Input Sebatian TBT Ke Perairan Ke Semenanjung Malaysia	117
3.8.1	Maklumat Kegiatan Perkapalan	117
3.8.2	Maklumat Penggunaan Cat Anti-kotoran Laut	118
3.8.3	Penganggaran Input TBT Dalam Perairan	118
3.8.3.1	Input TBT Semasa Pembinaan Kapal Baru	118
3.8.3.2	Input TBT Semasa Kapal Berlabuh	119
3.8.3.3	Input TBT Daripada Kapal Belayar	120
3.8.3.4	Input TBT Semasa Penyelenggaraan Kapal	120
3.8.3.5	Input TBT Semasa Pelupusan Kapal	121
3.9	Analisis Data	121
BAB IV	HASIL DAN PERBINCANGAN	123
4.1	Kelimpahan Siput Haliah	123
4.1.1	Kuadrat Secara Rawak	123
4.1.2	Pencarian Bermasa	128
4.2	Keupayaan Pembiakan Dalam Siput Haliah	133
4.3	Nisbah Jantina Siput Haliah	142
4.4	Imposeks	153
4.4.1	Indeks Saiz Relatif Penis (ISRP)	154
4.4.2	Indeks Urutan Vas deferens (IUVD)	161
4.4.3	Frekuensi Imposeks	164
4.5	Kandungan Butilimah Dalam Persekitaran Marin	167
4.5.1	Butilimah Dalam Siput Haliah <i>Thais sp.</i>	168
4.5.1.1	Komposisi Sebatian Butilimah	174
4.5.1.2	Hubungan Antara Sebatian BT	177
4.5.2	Kandungan Dalam Sedimen	182
4.5.2.1	Komposisi Sebatian Butilimah	190

4.5.2.2	Hubungan Antara Sebatian Butiltimah	192
4.5.3	Hubungan Butiltimah Dalam Tisu Dan Sedimen	197
4.6	Hubungan Antara Kelimpahan Dan Kandungan Butiltimah	201
4.6.1	Butiltimah Dalam Tisu Siput Haliah	201
4.6.2	Butiltimah Dalam Sedimen	203
4.7	Hubungan Antara Nisbah Jantina Dan Kandungan Butiltimah	205
4.7.1	Butiltimah Dalam Tisu Siput Haliah	205
4.7.2	Butiltimah Dalam Sedimen Dan Nisbah Jantina	207
4.8	Hubungan Antara Imposeks Dan Kandungan Butiltimah	209
4.8.1	Butiltimah Dalam Tisu Siput Haliah	209
4.8.1.1	Butiltimah Dan Indeks Saiz Relatif Penis	209
4.8.1.2	Butiltimah Dan Indeks Urutan Vas Deferens	211
4.8.1.3	Butiltimah Dan Frekuensi Imposeks	212
4.8.2	Butiltimah Dalam Sedimen Dan Imposeks	214
4.8.2.1	Butiltimah Dan Indeks Saiz Relatif Penis	214
4.8.2.2	Butiltimah Dan Indeks Urutan Vas Deferens	216
4.8.2.3	Butiltimah Dan Frekuensi Imposeks	216
4.9	Penaksiran Input TBT Dalam Perairan Semenanjung Malaysia	218
4.9.1	Input Semasa Pembinaan Kapal	222
4.9.2	Input Semasa Kapal Belayar	223

4.9.3	Input Semasa Kapal Berlabuh	223
4.9.4	Input Semasa Penyelenggaraan Kapal	226
4.9.5	Input Semasa Pelupusan Kapal	227
BAB V	KESIMPULAN DAN CADANGAN	228
5.1	Kesimpulan	228
5.2	Cadangan	231
RUJUKAN		234
LAMPIRAN-LAMPIRAN		262 - 324

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Mod kemasukan organotimah ke alam sekitar	20
2.2	Kepekatan TBT dalam air laut di Malaysia dan negara lain	23
2.3	Kepekatan TBT dalam sedimen di Malaysia dan negara lain	25
2.4	Kepekatan TBT dalam biota marin di Malaysia dan negara lain	26
2.5	Kepekatan TBT yang toksik kepada organisma marin	29
2.6	Kesan TBT pelbagai kepekatan ke atas <i>Nucella lapillus</i>	37
2.7	Peringkat-peringkat perkembangan imposeks	42
2.8	Kepekatan TBT menyebabkan imposeks dalam gastropoda	44
2.9	Spesies-spesies siput haliah dan taburannya di Semenanjung Malaysia	55
2.10	Bilangan kapal yang melalui Selat Melaka dan Laut China Selatan	57
2.11	Bilangan kapal yang di pelabuhan utama	59
2.12	Bilangan kapal bukan dagangan di Semenanjung Malaysia	60
2.13	Bilangan bot menangkap ikan berjentera dalam Perairan Semenanjung Malaysia pada tahun 1996 – 2000	61
3.1	Kedudukan tapak kajian imposeks dan status aktiviti perkapalan	66
3.2	Kawasan kajian dan kaedah yang digunakan untuk pengukuran kelimpahan populasi siput haliah	95
3.3	Pengukuran kromatografi gas bagi pengukuran sebatian BT	110
3.4	Deskripsi sampel sedimen dari Semenanjung Malaysia	113
3.5	Deskripsi sampel biologi siput haliah dari Semenanjung Malaysia	116

4.1	Kelimpahan (bilangan setiap meter persegi) siput haliah <i>Thais sp.</i> di Semenanjung Malaysia	124
4.2	Skala kelimpahan untuk keluarga siput haliah di habitat pantai berbatu	125
4.3	Kelimpahan (bilangan setiap lima minit pencarian) siput haliah <i>Thais sp.</i> di Semenanjung Malaysia	129
4.4	Taburan populasi siput haliah di Semenanjung Malaysia dengan perbandingan antara mod, min dan median dalam frekuensi panjang	138
4.5	Peratusan siput jantan dalam populasi siput haliah <i>Thais sp.</i> di Semenanjung Malaysia	143
4.6	Ujian khi kuasa dua ke atas nisbah jantina 5 : 7 (jantan : betina) dalam populasi siput haliah <i>Thais sp1</i> . kanyir	145
4.7	Ujian khi kuasa dua ke atas nisbah jantina 5 : 7 (jantan : betina) dalam populasi siput haliah <i>Thais sp1</i> . Dewasa	146
4.8	Ujian khi kuasa dua ke atas nisbah jantina 5 : 7 (jantan : betina) dalam populasi siput haliah <i>Thais sp2</i> . Kanyir	147
4.9	Ujian khi kuasa dua ke atas nisbah jantina 5 : 7 (jantan : betina) dalam populasi siput haliah <i>Thais sp2</i> . Dewasa	148
4.10	Ujian khi kuasa dua ke atas nisbah jantina 5 : 7 (jantan : betina) dalam populasi siput haliah <i>Thais sp3</i> . Kanyir	149
4.11	Ujian khi kuasa dua ke atas nisbah jantina 5 : 7 (jantan : betina) dalam populasi siput haliah <i>Thais sp3</i> . Dewasa	150
4.12	Indeks ISRP dalam populasi siput haliah <i>Thais sp.</i> di Semenanjung Malaysia	155
4.13	Kajian imposeks pada siput haliah <i>Thais sp.</i> yang telah dijalankan di perairan Semenanjung Malaysia	158
4.14	Perbandingan nilai ISRP dalam siput haliah <i>Thais sp.</i> di kawasan rantau Asia Pasifik	161
4.15	IUVD dalam populasi siput haliah <i>Thais sp.</i> di Semenanjung Malaysia	162
4.16	Frekuensi imposeks dalam populasi siput haliah <i>Thais sp.</i> di Semenanjung Malaysia	164

4.17	Perbandingan nilai frekuensi imposeks dalam siput haliah <i>Thais sp.</i> di kawasan rantau Asia Pasifik	166
4.18	Kandungan butilimah dalam siput haliah <i>Thais sp.</i> dari Semenanjung Malaysia	168
4.19	Perbandingan kepekatan TBT dalam <i>Thais sp.</i> di rantau Asia Pasifik	173
4.20	Kepekatan butilimah dalam sedimen di Semenanjung Malaysia	183
4.21	Kandungan butilimah (BT) dan TBT dalam sedimen di rantau Asia Pasifik	189
4.22	Maklumat asas cat anti-kotoran untuk pengiraan input TBT	219
4.23	Anggaran input TBT yang melarutlesap daripada aktiviti perkapalan dagang ke dalam perairan Semenanjung Malaysia	220
4.24	Anggaran input TBT ke perairan pelabuhan di Semenanjung Malaysia	224
5.1	Senarai parameter pencemaran organik yang termasuk dalam program permonitoran Jabatan Alam Sekitar Malaysia	233

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Contoh cat anti-kotoran laut yang terdapat di pasaran tempatan Cat anti-kotoran laut ini mengandungi di antara 20 – 30 % tributiltimah (TBT) sebagai bahan biosid	16
2.2	Tributiltimah dibebaskan dari cat anti-kotoran laut kopolimer oleh tindak balas kimia dengan air laut. Lapisan cat secara beransur terhakis ke bahagian badan kapal (Hoch, 2001)	18
2.3	Laluan masuk dan nasib sebatian organotimah dalam persekitaran laut (Hoch, 2001)	21
2.4	Pengkelasan gastropoda mengikut sistem Linnean (Hughes, 1986)	49
2.5	Ciri umum gastropoda siput haliah <i>Thais sp.</i>	51
2.6	Keratan rentas pantai secara umum dan menunjukkan zon-zon dalam kawasan antara pasang surut (dipadankan daripada; Odum, 1971; Nor'Aini, 1992; Barnes dan Hughes, 1988)	53
2.7	Kawasan antara pasang surut dan berbatu yang dipenuhi oleh teritip dan tiram merupakan habitat utama siput haliah <i>Thais sp.</i>	54
2.8	Kepentingan Selat Melaka dan Laut China Selatan dan pergerakan kapal-kapal tangki yang melalui perairan tersebut pada tahun 1993 (Noer dan Gregory, 1996)	57
3.1	Peta Semenanjung Malaysia dan lokasi persampelan siput <i>Thais sp.</i> dan sedimen	65
3.2	Peta kedudukan tapak kajian di Tok Bali, Kelantan	68
3.3	Tapak kajian di Tok Bali yang terletak di kuala Terusan Kemasin	68
3.4	Peta menunjukkan tapak kajian di Pulau Redang, Terengganu	69

3.5	Tapak kajian Pulau Redang berhampiran dengan Pusat Taman Laut	69
3.6	Peta lokasi kajian Pelabuhan Chendering, Terengganu	71
3.7	Lokasi sampel-sampel dikutip dalam kawasan Pelabuhan Chendering	71
3.8	Peta lokasi tapak kajian Pelabuhan Kemaman, Terengganu	72
3.9	Benteng pemecah ombak di Pelabuhan Kemaman	72
3.10	Peta lokasi tapak kajian di Pelabuhan Kuantan, Pahang	73
3.11	Kawasan Jeti Perikanan Pelabuhan Kuantan tempat pengutipan sampel	73
3.12	Peta lokasi tapak kajian di Pulau Tioman, Pahang	75
3.13	Sampel siput haliah dikutip di pantai berbatu berhampiran Pusat Taman Laut Pulau Tioman	75
3.14	Peta lokasi tapak kajian di Pulau Tinggi, Johor	76
3.15	Tapak kajian di pantai Pulau Apil, Pulau Tinggi	76
3.16	Peta lokasi tapak kajian di Penggerang, Johor	78
3.17	Tapak kajian terletak di Kuala Sungai Musuh, Penggerang yang mempunyai pantai pasir dan berbatu	78
3.18	Peta lokasi tapak kajian di Pelabuhan Pasir Gudang, Johor	79
3.19	Benteng tambakan batu menjadi habitat utama siput haliah di Pelabuhan Pasir Gudang	79
3.20	Peta lokasi tapak kajian di Pontian, Johor	81
3.21	Tapak kajian di Pontian, di Kuala Sungai Rambah	81
3.22	Peta lokasi tapak kajian di Batu Pahat, Johor	82
3.23	Tapak kajian di Batu Pahat dipenuhi dengan pokok bakau	82
3.24	Peta lokasi tapak kajian di Teluk Gong, Melaka	83
3.25	Tapak kajian di Melaka terletak di Teluk Gong, berhampiran jeti nelayan	83
3.26	Peta lokasi tapak kajian di Port Dickson, Negeri Sembilan	85
3.27	Tapak kajian di Port Dickson terletak di sekitar jeti pemungghahan Keretapi Tanah Melayu	85
3.28	Peta lokasi tapak kajian di Pelabuhan Kelang, Selangor	86
3.29	Tapak kajian terletak di Pelabuhan Utara, Pelabuhan Kelang	86
3.30	Peta lokasi tapak kajian di Lumut, Perak	88

3.31	Tapak kajian di Teluk Batik sampel siput haliah dikutip di pantai berbatu yang secara keseluruhannya dipenuhi oleh teritip dan tiram	88
3.32	Peta lokasi tapak kajian di Pulau Pinang	89
3.33	Sampel dikutip berhampiran dengan Jeti Jabatan Laut, Glugor, Pulau Pinang	89
3.34	Peta lokasi tapak kajian di Pantai Merdeka, Kedah	90
3.35	Tapak kajian di Pantai Merdeka. Siput haliah dikutip di pantai berbatu	90
3.36	Peta lokasi tapak kajian di Pulau Payar, Kedah	92
3.37	Tapak kajian di Pulau Payar berhampiran dengan Jeti Pusat Taman Laut	92
3.38	Peta lokasi tapak kajian di Langkawi, Kedah	93
3.39	Sampel siput haliah dikutip berhampiran Terminal Jeti Feri Kuah	93
3.40	Gambarajah umum siput kanyir dan siput dewasa (Crothers, 1985). Perhatikan 'gigi' terdapat di bahagian tepi operkulum	96
3.41	Siput haliah dewasa dan kanyir. Perhatikan kehadiran 'gigi' pada siput haliah dewasa	97
3.42	Cengkerang siput menunjukkan ukuran panjang yang diambil (Crothers, 1985; Sparre dan Venema, 1998)	99
3.43	Mengukur cengkerang dengan menggunakan angkup vernier digital	99
3.44	Ciri-ciri luaran siput <i>Thais sp.</i> yang dewasa	101
3.45	Siput haliah jantan dan betina. Perhatikan kehadiran kelenjar penghadam sperma pada siput betina	102
3.46	Mengukur panjang penis siput dengan kertas graf bersengat 1mm yang dilaminatkan dengan plastik	104
3.47	Peringkat perkembangan imposeks berdasarkan urutan vas deferens	106
3.48	Struktur kimia sebatian butilimah ($X = Cl, F, O$ dan sebagainya)	108
3.49	Mesin kromatograf gas pengesan fotometri nyala Hewlett Packard Series II yang digunakan untuk analisis butilimah dalam sedimen dan siput haliah	109
3.50	Mesin pencetak untuk mencetak kromatograf	109

3.51	Skema am prosedur analisis butilimah dengan menggunakan kromatografi gas pengesan fotometri nyala	114
4.1	Komposisi siput kanyir dan dewasa dalam populasi siput haliah <i>Thais sp.</i> dari perairan Semenanjung Malaysia	131
4.2	Perbandingan kedudukan antara mod, min dan median dalam taburan yang biasa dalam statistik (Nur'Azah dan Mazlan, 2000)	133
4.3	Taburan frekuensi panjang cengkerang siput haliah <i>Thais sp.</i> dari Semenanjung Malaysia	135
4.4	Taburan kepekatan sebatian butilimah dalam siput haliah <i>Thais sp.</i> dari Semenanjung Malaysia	169
4.5	Komposisi sebatian butilimah dalam <i>Thais sp.</i> dari Semenanjung Malaysia	175
4.6	Korelasi antara kepekatan BT dan TBT dalam tisu siput haliah	177
4.7	Korelasi antara kepekatan BT dan DBT dalam tisu siput haliah	178
4.8	Korelasi antara kepekatan BT dan MBT dalam tisu siput haliah	178
4.9	Korelasi antara kepekatan TBT dan DBT dalam tisu siput haliah	179
4.10	Korelasi antara kepekatan TBT dan MBT dalam tisu siput haliah	180
4.11	Korelasi antara kepekatan DBT dan MBT dalam tisu siput haliah	180
4.12	Korelasi antara kepekatan TBT dan (DBT + MBT) dalam tisu siput haliah	181
4.13	Taburan sebatian butilimah dalam sedimen di perairan Semenanjung Malaysia	184
4.14	Komposisi sebatian BT dalam sedimen dari Semenanjung Malaysia	190
4.15	Korelasi di antara TBT dan total BT dalam sedimen	193
4.16	Korelasi di antara DBT dan total BT dalam sedimen	193
4.17	Korelasi di antara MBT dan total BT dalam sedimen	194
4.18	Korelasi di antara TBT dan total DBT dalam sedimen	195
4.19	Korelasi di antara TBT dan total MBT dalam sedimen	195
4.20	Korelasi di antara DBT dan total MBT dalam sedimen	196
4.21	Korelasi di antara TBT dan (DBT + MBT) dalam sedimen	196
4.22	Hubungan korelasi di antara BT dalam sedimen dan tisu <i>Thais sp.</i>	198
4.23	Hubungan korelasi di antara TBT dalam sedimen dan tisu <i>Thais sp.</i>	199
4.24	Hubungan korelasi di antara DBT dalam sedimen dan tisu <i>Thais sp.</i>	200

4.25	Hubungan korelasi di antara MBT dalam sedimen dan tisu <i>Thais sp.</i>	200
4.26	Korelasi di antara di antara kelimpahan siput kanyir dan kandungan sebatian BT dalam tisu <i>Thais sp.</i>	201
4.27	Korelasi di antara di antara kelimpahan siput dewasa dan kandungan sebatian BT dalam tisu <i>Thais sp.</i>	202
4.28	Korelasi di antara di antara kelimpahan siput kanyir + dewasa dan kandungan sebatian BT dalam tisu <i>Thais sp.</i>	203
4.29	Korelasi di antara di antara kelimpahan siput kanyir dan kandungan sebatian BT dalam sedimen	203
4.30	Korelasi di antara di antara kelimpahan siput dewasa dan kandungan sebatian BT dalam sedimen	204
4.31	Korelasi di antara di antara kelimpahan siput kanyir + dewasa dan kandungan sebatian BT dalam sedimen	204
4.32	Hubungan BT dalam tisu siput haliah dan nisbah jantina	206
4.33	Hubungan TBT dalam tisu siput haliah dan nisbah jantina	207
4.34	Hubungan di antara sebatian BT dalam sedimen dan peratusan siput jantan <i>Thais sp.</i>	208
4.35	Hubungan di antara sebatian TBT dalam sedimen dan peratusan siput jantan <i>Thais sp.</i>	208
4.36	Hubungan BT dalam sedimen dan indeks saiz relatif penis dalam siput jantan <i>Thais sp.</i>	210
4.37	Hubungan TBT dalam sedimen dan indeks saiz relatif penis dalam siput jantan <i>Thais sp.</i>	210
4.38	Hubungan BT dalam tisu siput haliah <i>Thais sp.</i> dan indeks urutan vas deferens	211
4.39	Hubungan TBT dalam tisu siput haliah <i>Thais sp.</i> dan indeks urutan vas deferens	212
4.40	Hubungan BT dalam tisu siput haliah dan frekuensi imposeks	213
4.41	Hubungan TBT dalam tisu siput haliah dan frekuensi imposeks	213
4.42	Hubungan di antara kepekatan BT dalam sedimen dan ISRP	215
4.43	Hubungan di antara kepekatan TBT dalam sedimen dan ISRP	215
4.44	Hubungan di antara kepekatan BT dalam sedimen dan IUVD	216
4.45	Hubungan di antara kepekatan TBT dalam sedimen dan ISRP	217

4.46	Hubungan di antara kepekatan BT dalam sedimen dan frekuensi imposeks siput haliah <i>Thais sp.</i>	217
4.47	Hubungan di antara kepekatan TBT dalam sedimen dan frekuensi imposeks siput haliah <i>Thais sp.</i>	218
4.48	Pecahan input TBT dari kapal dagang ke dalam perairan Semenanjung Malaysia	221
4.49	Trend input TBT (tan setahun) yang melarut lesap semasa kapal berlabuh di pelabuhan-pelabuhan utama di Semenanjung Malaysia	225

SENARAI SIMBOL/SINGKATAN/TATANAMA/ISTILAH

%	peratus
BT	butiltilmah
C	karbon
Cl	klolrida
cm	sentimeter
CMES	Center for Marine Environmental Studies
DBT	dibutiltilmah
d.w.t	Berat muatan (<i>dead weight</i>)
F	florida
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nation
g	gram
g ⁻¹	per gram
GC-FPD	gas chromatography flame photometry detector
GESAMP	Joint Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Environment
H	hidrogen
ICES	International Council for the Exploration of the Sea
IMO	International Maritime Organization
ISRP	indeks saiz relatif penis
IUVD	indeks urutan vas deferens
kg	kilogram
KG-FPN	kromatografi gas pengesan fotometri nyala
l	liter
l ⁻¹	per liter
LC ₅₀	kepekatan maut pada 50 % (<i>lethal concentration</i>)
m	meter
MBT	monobutiltilmah

MEPC	Marine Environmental Protection Committee
mg	miligram
ml	milimeter
MSE	Malaysian Shipping and Engineering
n	nombor/bilangan
N	Normality
ng	nanogram
O	oksigen
°C	darjah Celsius
p	paras keertian
P.	pulau
Pel.	pelabuhan
Ps.	pasir
R ²	pekali korelasi
R	kumpulan alkil dan aril
Sg.	sungai
Sn	timah
sp.	spesies
t	tan metrik
TBT	tributiltimah
TBTO	tributiltimah oksida
TPT	trifeniltimah
μg	mikrogram
UK	United Kingdom
US\$	Dollar Amerika
USA	Amerika Syarikat
UVD	urutan vas deferens
X	kumpulan halogen
χ ²	khi kuasa dua
ZEE	zon eksklusif ekonomi
S	total/jumlah

SENARAI LAMPIRAN

NO. LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
1	Kromatograf penyukatan sebatian butiltimah dalam siput haliah <i>Thais sp.</i> menggunakan kromatografi gas pengesan fotometri nyala	262
2	Hasil ujian analisis regresi hubungan antara sebatian-sebatian butiltimah dalam siput haliah <i>Thais sp.</i>	277
3	Kromatograf penyukatan sebatian butiltimah dalam sedimen menggunakan kromatografi gas pengesan fotometri nyala	282
4	Hasil ujian analisis regresi hubungan antara sebatian-sebatian butiltimah dalam sedimen	297
5	Hasil ujian analisis regresi hubungan antara kelimpahan dan sebatian-sebatian butiltimah dalam siput haliah <i>Thais sp.</i>	202
6	Hasil ujian analisis regresi hubungan antara kelimpahan dan sebatian-sebatian butiltimah dalam sedimen	306
7	Hasil ujian analisis regresi hubungan antara peratus jantan dan sebatian-sebatian butiltimah dalam siput haliah <i>Thais sp.</i>	310
8	Hasil ujian analisis regresi hubungan antara peratus jantan sebatian-sebatian butiltimah dalam sedimen	312
9	Hasil ujian analisis regresi hubungan antara imposeks dan sebatian-sebatian butiltimah dalam siput haliah <i>Thais sp.</i>	314
10	Hasil ujian analisis regresi hubungan antara imposeks dan sebatian-sebatian butiltimah dalam sedimen	318

- 11 Maklumat penggunaan cat anti-kotoran ke atas 38 buah kapal di Limbungan Malaysian Shipping and Engineerings (MSE), Pasir Gudang 322
- 12 Senarai kertas kerja yang telah dihasilkan daripada penyelidikan 324

BAB 1

PENGENALAN

1.1 LATAR BELAKANG

1.1.1 Siput Haliah *Thais sp.*

Gastropoda merupakan kelas terbesar dalam filum Moluska. Di Semenanjung Malaysia sebanyak 330 spesies gastropoda termasuk siput haliah *Thais sp.* telah dikenal pasti (Purchon *et al.*, 1998). Gastropoda mempunyai kepentingan ekonomi dan ekologi dalam kitaran makanan di habitatnya. Kebanyakan gastropoda dikutip untuk kegunaan masakan sama ada di rumah mahupun di restoran. Tidak kurang daripada 6 spesies gastropoda yang lazim dijadikan sumber makanan dan yang paling popular ialah *Cerithidea obtusa* (siput belitung, siput sedut, siput mata merah; yang dikutip di kawasan hutan bakau). Siput haliah terdapat dengan banyak di seluruh pantai Semenanjung Malaysia *Thais sp.*, (Siput haliah, siput kayal) yang terdapat banyak di pantai berbatu dikutip oleh penduduk setempat untuk dimakan dan jarang dijual di pasar. Pada tahun 2000, sebanyak 6.231 tan metrik moluska termasuk siput laut telah didaratkan di Semenanjung Malaysia (Anon, 2002).. Mutakhir ini telah timbul semula minat terhadap kumpulan siput ini kerana ianya boleh digunakan

sebagai penunjuk biologi yang berguna kepada pencemaran sebatian TBT di perairan pantai (Gibbs and Bryan, 1991; Horiguchi *et al.*, 1994a).

1.1.2 Pencemaran Marin Dan Cat Anti-kotoran Marin

Menurut GESAMP (*Joint Group of Experts on Scientific Aspects of Marine Pollution: IMO-FAO-UNESCO-WMO-WHO-IAEA-UN-UNEP*) pencemaran marin boleh ditakrifkan sebagai;

“pencemaran bermakna pengenalan oleh manusia secara langsung atau tidak langsung bahan-bahan atau tenaga ke dalam persekitaran marin (termasuk muara sungai) yang mengakibatkan kesan-kesan merosakkan yang memudaratkan sumber kehidupan laut, membahayakan kesihatan manusia, mengganggu aktiviti marin termasuk perikanan, merosakkan kualiti kegunaan air laut dan menjejaskan kemudahan” (GESAMP, 1983)

Di bawah Konvensyen Pertubuhan Bangsa-bangsa Bersatu dalam Undang-Undang Laut 1982, Artikel 1, para 1(4) mentakrifkan pencemaran laut sebagai;

“pencemaran bermakna pengenalan oleh manusia secara langsung atau tidak langsung bahan-bahan atau tenaga ke dalam persekitaran marin, termasuk muara sungai, yang mengakibatkan kesan-kesan merosakkan yang memudaratkan sumber dan hidupan laut, membahayakan kesihatan manusia, mengganggu aktiviti marin, termasuk perikanan dan penggunaan laut lain yang munasabah, merosakkan kualiti kegunaan air laut dan menjejaskan kemudahan”

Sementara itu, di bawah Akta Kualiti Alam Sekitar 1974, pencemaran didefinisikan sebagai;

“sebarang perubahan secara langsung atau tidak langsung fizikal, terma, kimia, biologi, atau sifat radioaktif pada sebarang bahagian alam sekitar dengan membuang, mengeluarkan atau memendapkan sisa yang berkesan sampingan kepada keadaan yang membahayakan dan berpotensi ke arahnya terhadap kesihatan umum, keselamatan, atau kebajikan, atau kepada haiwan, burung, binatang liar, ikan atau hidupan akuatik, atau tumbuhan yang menyebabkan kepada pelanggaran sebarang keadaan, penghadan, pembatasan sesuatu lesen di bawah Akta ini”

Secara amnya, punca utama pencemaran ke atas alam sekitar marin terbahagi kepada dua bahagian iaitu melalui proses semula jadi dan akibat daripada aktiviti manusia (Caddy dan Griffiths, 1995). Dalam keadaan semula jadi, pencemaran berlaku akibat daripada proses hakisan batu batan, tanah, biologikal dan sumber-sumber antropogenik yang dibawa oleh air. Pencemar ini boleh memasuki perairan marin melalui proses pengangkutan yang berupa bahan pepejal terampai yang bermula dari litosfera dan atmosfera menuju ke sistem akuatik yang bergerak bersama-sama aliran air. Proses yang terjadi selama pengangkutan ini melibatkan proses biologi, kimia dan fizikal.

Secara khusus, punca utama pencemaran air kerana aktiviti manusia boleh dilihat dalam bentuk kumbahan dan buangan domestik, buangan sisa perindustrian dan pembangunan tanah. Projek-projek pembangunan tanah pula sama ada untuk pertanian, pembinaan jalan dan infrastruktur lain serta pembinaan perumahan telah menyebabkan hakisan dan kelodakan bagi kawasan berkenaan. Aktiviti lain yang turut menyumbang kepada pencemaran marin adalah kegiatan perkapalan, aktiviti-aktiviti yang berlangsung di pelabuhan, pembangunan industri-industri di sekitar kawasan pantai mahupun pembinaan pangkalan.

TBT adalah salah satu daripada sebatian organotimah. TBT telah digunakan dengan pesatnya sebagai bahan biosid dalam cat anti-kotoran laut yang digunakan pada badan kapal dan struktur marin lain untuk mencegah organisma laut daripada tumbuh dan melekat di struktur tersebut. Pertumbuhan organisma akuatik pada badan kapal boleh menyebabkan pengurangan laju kapal sehingga 10 % dan seterusnya

akan meningkatkan penggunaan bahan petroleum, kos overhead dan penyelenggaraan (Abbot *et al.*, 2000). Kepekatan toksik TBT dapat menghalang peringkat pelekatan organisma akuatik seperti teritip, siput sudu, rumpair, atau cacing pada lunas badan kapal. Walau bagaimanapun, kesan toksik TBT telah memberikan kesan sampingan yang negatif kepada organisma marin lain yang bukan sasaran. TBT telah menyebabkan kejadian penebalan cengkerang tiram menjadikan isi tiram kecil dan tidak boleh dipasarkan. Pada gastropoda, TBT telah menyebabkan kejadian imposeks yang mengakibatkan siput betina mandul, gagal untuk membiak dan akan mati.

1.1.3 Imposeks

Istilah imposeks adalah menjelaskan tentang kehadiran organ seksual jantan pada organisma betina dan mulai diperhatikan sejak awal tahun 70-an. Ketika itu kejadian ini dikenali sebagai pseudohermafrodit yang biasanya berlaku pada siput *Nucella lapillus*. Seterusnya keadaan ini diberikan istilah imposeks untuk menjelaskan fenomena di mana kehadiran organ seksual jantan pada siput betina yang tidak dijangkiti oleh parasit dan tergolong dalam golongan siput gastropoda yang bersifat gonokorostik (setiap individu mempunyai organ seksual yang berbeza). Kejadian fenomena ini berlaku apabila *Nassarius obsoletus* ini terdedah kepada persekitaran yang mengandungi TBT. Selain daripada pembentukan penis, vas deferens juga akan dibentuk dan dalam keadaan yang lebih teruk lagi oviduktus atau salur ovum akan tersumbat dan pecah yang akan mengakibatkan kemandulan dan kematian. Kematian organisma betina akan mengakibatkan nisbah jantina yang akan bias kepada populasi jantan dan menjadikan populasi tidak seimbang dan menjurus kepada kepupusan. Kejadian imposeks ini telah dilaporkan di merata dunia dengan melibatkan lebih 70 spesies gastropoda (Fent, 1996). Fenomena imposeks ini telah dijadikan sebagai penunjuk biologi terhadap pencemaran TBT di persekitaran marin, oleh kerana kejadian imposeks ini telah dibuktikan mempunyai hubungan rapat dengan pencemaran TBT.

1.1.4 Penunjuk Biologi

Istilah penunjuk biologi digunakan sebagai kemampuan suatu organisma yang memberikan penunjuk ke atas kualiti persekitaran yang berasaskan kehadiran dan kekerapan sesuatu tumbuhan, haiwan, mikrob atau lain-lain bentuk hidupan (Anon, 1995). Penggunaan organisma sebagai penunjuk kualiti air telah dilakukan kepada saluran air tawar pada tahun 1908 (Reish, 1960). Penggunaan penunjuk biologi untuk pengawasan kualiti persekitaran marin bermula hanya pada tahun 1916 (Soule, 1988). Seterusnya Goldberg (1975) telah menyarankan program “*mussel watch monitoring*” dengan menggunakan siput sudu *Mytillus edulis* dalam menilai pencemaran bahan kimia di muara sungai dan perairan pantai Amerika Utara.

Terdapat pelbagai jenis hidupan marin yang boleh dijadikan organisma penunjuk biologi kepada pencemaran marin seperti fitoplakton, zooplankton, krustasia, gastropoda dan ikan. Kesemua organisma marin boleh mengumpulkan bahan cemar dari persekitaran dan kepekatan bahan cemar dan tisu badan organisma berkenaan mempunyai hubungan rapat dengan kepekatan bahan cemar tersebut di persekitaran (dalam air ataupun sedimen). Hidupan laut juga sensitif kepada perubahan alam sekitar boleh mengalami perubahan fisiologi dan morfologi. Penggunaan penunjuk biologi banyak memberikan kemudahan dari segi kos persampelan, masa persampelan, dan mendapat data yang lebih meluas.

Dalam masa beberapa tahun kebelakangan ini, tahap pencemaran dalam persekitaran marin telah meningkat akibat daripada aktiviti antropogenik. Kualiti air dan sedimen yang menurun boleh melibatkan pengurangan sumber semula jadi. Di atas alasan ini adalah menjadi satu keperluan untuk mengembangkan kaedah-kaedah untuk mengenal pasti, menganggar, perbandingan penilaian dan pengurusan risiko yang disebabkan oleh pelepasan bahan cemar kimia ke dalam persekitaran dan sumber semula jadi. Pertubuhan antarabangsa dan agensi alam sekitar mengiktiraf bahawa penilaian risiko tidak hanya berdasarkan kepada analisis kimia sampel persekitaran kerana pendekatan ini tidak memberikan sebarang penunjuk kepada kesan mudarat oleh bahan cemar ke atas biota. Dengan demikian, pengukuran kesan biologi ke atas

kesan pencemaran telah menjadi penting dalam penilaian kualiti alam sekitar (Bayne, 1989).

Baru-baru ini, penggunaan penunjuk biologi pada peringkat molekul dan sel telah dicadangkan sebagai peranti amaran awal yang sensitif untuk pengukuran kesan biologi dalam penilaian kualiti alam sekitar (Cajaraville *et al.*, 2000). Penunjuk biologi boleh digunakan dalam cara ramalan, dengan demikian satu strategi pemulihan biologi yang awal boleh dijalankan sebelum kerosakan persekitaran dalam ekosistem berkenaan.

Pendekatan penggunaan penunjuk biologi digabungkan dalam program permonitoran pencemaran di Eropah dan Amerika Syarikat (contohnya; *The North Sea Task Force Monitoring Master Plan*, dan *The NOAA's National Status and Trends Program*). Dengan itu, adalah wajar pendekatan sedemikian dirumuskan di Malaysia dalam program pemantauan kualiti alam sekitar marin.

1.1.5 Perairan Semenanjung Malaysia dan Perkapalan

Secara amnya, Malaysia mempunyai pantai sepanjang 4,675 km dan kawasan laut seluas 549,500 km² berbanding dengan kawasan daratan yang hanya 332,600 km² sahaja. Semenanjung Malaysia pula mempunyai garis pantai hampir separuh daripada kepanjangan tersebut yang terletak di Selat Melaka dan Laut China Selatan. Kedua-dua perairan tersebut merupakan laluan laut utama bagi perkapalan sejak kurun ke-14 apabila Melaka mula dibuka. Pada masa ini Selat Melaka merupakan satu laut yang paling sibuk di dunia dengan kesibukan trafik dianggarkan melebihi 50,000 kapal setahun. Manakala, pada tahun 1994 Jabatan Laut Semenanjung Malaysia telah dilaporkan sebanyak 122,060 buah kapal telah berlabuh di pelabuhan-pelabuhan di Selat Melaka (termasuk Malaysia, Indonesia dan Singapura). Akibat kesibukan tersebut, maka dari 1975 hingga 1995 terdapat sebanyak 476 kemalangan telah berlaku dan sebanyak 131 (26 %) yang melibatkan pelanggaran kapal. Laut

China Selatan mempunyai senario yang hampir sama. Kesibukan perkapalan di perairan Semenanjung Malaysia dapat memberikan gambaran betapa seriusnya pencemaran laut yang dibebani terutamanya pencemaran TBT yang berpunca dari cat anti-kotoran laut. Bebanan ini ditambah lagi dengan kehadiran 65 limbungan pembinaan dan penyelenggaraan kapal. Di samping itu pula terdapat limbungan kecil yang tidak dapat dipastikan bilangannya yang membaiki bot-bot kecil. Kesemua aktiviti di limbungan ini menggunakan cat anti-kotoran laut yang merupakan punca pencemaran dari daratan. Pencemaran bahan TBT inilah yang kurang mendapat perhatian di Malaysia di waktu ini walaupun telah lama dan berterusan dibincangkan di arena antarabangsa.

1.1.6 Peraturan Pengawalan Penggunaan Cat Anti-kotoran Laut

Sehingga kini tiada sebarang peraturan ataupun undang yang menghadkan penggunaan TBT di rantau Asia Tenggara termasuklah Malaysia. Peraturan seumpamanya telah pun dilaksanakan di kebanyakan negara-negara maju seperti Amerika Syarikat, Perancis, Jepun, Kanada, Britain dan lain-lain. Walau bagaimanapun peraturan ini hanya had kepada kapal kecil yang beroperasi di pesisiran pantai sahaja. Telah banyak laporan mengenai pemulihan mutu alam sekitar kesan daripada pengawalan penggunaan cat anti-kotoran laut tersebut. Namun begitu, tiada sebarang peraturan pengawalan ke atas kapal-kapal komersial yang besar dan beroperasi di laut lepas.

Secara global, pengharaman penggunaan TBT akan cuba di kuatkuasakan pada tahun 2003. *Marine Environmental Protection Committee* (MEPC) di bawah International Maritime Organization (IMO) telah bertahun-tahun mengkaji kemungkinan ini setelah mengkaji pelbagai aspek perundangan, kesan sampingan ekonomi, dan ekologi. Pelbagai reaksi dari pelbagai pihak terutamanya pengeluar cat, pemilik kapal, pemilik limbungan dan saintis telah timbul.

Walau apa pun yang dilaksanakan dan akan melibatkan peringkat global, di masa yang terdekat ini satu strategi perlu digubal untuk menangani isu pencemaran sebatian TBT di perairan Semenanjung Malaysia.

1.2 **Penyataan Masalah**

Apakah status imposeks pada siput haliah *Thais sp.* di Perairan Semenanjung Malaysia akibat daripada pencemaran cat anti-kotoran laut? Apakah hubungan imposeks dengan pencemaran cat anti-kotoran laut berasaskan TBT?

1.3 **Objektif Penyelidikan**

Secara umumnya objektif kajian ini adalah untuk menilai tahap imposeks dalam siput haliah dan pencemaran TBT dan menjadikan imposeks sebagai penunjuk pencemaran TBT. Untuk lebih terperinci, kajian ini telah dijuruskan kepada objektif yang berikut;

1. mengukur kelimpahan (*abundance*) siput haliah *Thais sp.*
2. mengkaji kelakuan/prestasi (*performance*) pembiakan populasi tersebut ataupun rekrutmen baru dalam populasi siput haliah
3. menilai nisbah jantina siput haliah
4. mengukur tahap imposeks siput haliah *Thais* pada siput yang matang dan remaja
5. menaksir input sebatian TBT ke perairan marin Semenanjung Malaysia

1.4 Skop Kajian

Pengukuran imposeks pada siput haliah ini telah dijalankan kepada siput-siput matang dan remaja bagi menentukan kesan pencemaran jangka pendek dan jangka panjang. Pengukuran imposeks dijalankan di kawasan yang dikenal pasti sebagai yang aktif dan yang kurang aktiviti perkapalan. Kajian ini hanya tertumpu di perairan Semenanjung Malaysia sahaja.

1.5 Kepentingan Kajian

Pada masa kini TBT dan cat anti-kotoran laut memang masih dan sangat diperlukan dalam pelbagai industri. Lantaran itu, pelbagai usaha dilakukan untuk mencari alternatif penggantinya yang murah dan berkesan walaupun masih belum menemui kejayaan lagi. Usaha ke arah menghasilkan produk yang selamat tanpa toksik sampingan memerlukan data-data jangka panjang alam sekitar yang tepat dan menyeluruh.

Memandangkan TBT boleh mendatangkan kesan yang negatif dan serius kepada organisma bukan sasaran, maka dengan itu satu mekanisma yang dapat meminimumkan kesan negatif itu perlu dicari. Satu Persidangan Diplomatik anjuran Pertubuhan Maritim Antarabangsa (*International Maritime Organization - IMO*) pada 1 - 5 Oktober 2001 yang dihadiri oleh 72 negara telah membuat penetapan dalam pengawalan cat anti-kotoran laut yang berbahaya. Sehubungan dengan itu, IMO telah bersetuju pengharaman penggunaan cat anti-kotoran laut berasaskan TBT ke atas kapal laut pada 1 Januari 2003 dan mengisytiharkan pada 1 Januari 2008 semua kapal mestilah bebas daripada sebarang penggunaan cat anti-kotoran laut TBT. Walaupun, peraturan pengharaman penggunaan TBT akan dilaksanakan secara global, tetapi tindakan dan penguatkuasaan akan hanya dapat dijalankan secara setempat. Banyak persoalan yang ditimbulkan mengenai kaedah penguatkuasaan, keberkesanan peraturan dan penguatkuasaan. Dengan demikian, maklumat dan data-

data asas sangat diperlukan dalam membantu melaksanakan peraturan yang dicadangkan. Dengan kaedah menggunakan penunjuk biologi dalam kajian yang dijalankan ini, pastinya akan dapat membantu mengesan pencemaran sebatian BT ini dengan lebih murah, cepat dan dipercayai.

1.6 Definisi Istilah

Imposeks menjelaskan fenomena di mana kehadiran organ seksual jantan pada siput betina yang tidak dijangkiti oleh parasit dan tergolong dalam golongan siput gastropoda yang bersifat gonokorostik (setiap individu mempunyai organ seksual yang berbeza).

Cat anti-kotoran laut (*antifouling paint*) adalah cat yang digunakan pada bahagian kapal yang bersentuhan dengan laut dan struktur binaan manusia di laut untuk menghalang pelekatan dan pertumbuhan organisma akuatik seperti teritip, kupang dan rumpai air.

Tributyltinah (TBT) ialah satu sebatian organotinah yang mengandungi BT dan bersekutu dengan anion seperti klorida, florida, oksida, hidroksida karbositat dan thiolat. Formula amnya adalah R_nSnX_{4-n} (di mana $n = 1 - 4$; R = kumpulan alkil dan aril; X = H, atau halogen).

Gastropoda adalah salah satu kelas filum Moluska yang mengandungi lebih kurang 11,000 spesies yang terdiri daripada pelbagai saiz dan bentuk Gastropoda merupakan haiwan yang tersebar secara meluas dan terdapat dalam pelbagai jenis habitat akuatik, terestial, marin dan air tawar.

Kawasan antara pasang surut bermakna kawasan pantai yang terletak di antara min aras air pasang tertinggi dengan min aras air surut terendah. Kawasan ini

boleh dibahagikan kepada empat zon; zon percikan, zon pasang tinggi, zon pasang pertengahan, zon surut rendah.

Populasi merujuk kepada jumlah organisma daripada spesies yang sama yang terdapat pada satu kawasan tertentu dan pada masa yang tertentu.

Siput haliah (*rock shells*) adalah spesies siput di bawah famili Muricidae yang biasa ditemui di kawasan antara pasang surut yang berbatu dengan makanan utamanya adalah teritip dan tiram.

Penunjuk biologi bermakna sesuatu spesies organisma yang digunakan untuk menilai tahap biologi kepada tahap pencemaran yang terdapat di dalam persekitaran akuatik. Penunjuk biologi kepada pencemaran ditakrifkan sebarang tindak balas kepada perubahan mendadak pada faktor-faktor yang diperlukan dalam habitatnya

1.7 Persoalan Kajian

- S1 - Apakah hubungan di antara imposeks dengan aktiviti perkapalan?
- S2 - Apakah status pencemaran TBT di dalam perairan marin Semenanjung Malaysia?
- S3 - Apakah peranti pengurusan yang sesuai untuk mengata si masalah pencemaran TBT ini?

1.8 Pembatasan Kajian

Kajian ini hanya melibatkan spesies siput haliah *Thais s.*, walaupun terdapat siput-siput lain yang menunjukkan fenomena imposeks. Kajian ini juga hanya

dijalankan dan dihadkan kepada perairan Semenanjung Malaysia sahaja iaitu Selat Melaka dan Laut China Selatan

1.9 Hipotesis Kajian

Beberapa hipotesis dapat dibuat sebelum kajian ini dijalankan. Hipotesis yang dirangka adalah seperti berikut;

1. Hipotesis nol adalah tiada perbezaan kelimpahan siput di kawasan aktif aktiviti perkapalan dengan kawasan yang kurang aktiviti perkapalan
2. Hipotesis nol adalah populasi siput tersebut mempunyai taburan normal di kedua-dua kawasan tidak tercemar dan tercemar
3. Hipotesis nol adalah nisbah jantina (jantan kepada betina) adalah 5 : 7
4. Hipotesis nol adalah tiada fenomena imposeks terjadi pada populasi siput haliah *Thais sp.* di Semenanjung Malaysia.
5. Tiada pencemaran sebatian BT di Semenanjung Malaysia

1.10 Struktur Tesis

Tesis ini mengandungi lima bab. Satu kajian literatur yang berkaitan dengan kajian ini dipersembahkan dalam Bab II. Manakala metodologi kajian telah dihuraikan dengan terperinci dalam Bab III. Tata kerja kesemua aktiviti kajian diterangkan dalam bab ini. Dalam bab ini juga memberikan deskripsi fizikal kesemua 19 kawasan kajian yang terlibat. Dalam Bab IV dipersembahkan keputusan dan perbincangan yang relevan dengan kajian-kajian yang telah dijalankan. Akhirnya, dalam Bab V, kesimpulan daripada kajian yang dijalankan telah diikhtisarkan dan beberapa cadangan kajian yang patut dijalankan di masa akan datang diutarakan.

Jadual 5.1. Senarai parameter pencemaran organik yang termasuk dalam program pemantauan Jabatan Alam Sekitar Malaysia

Bilangan	Parameter
1	CCE
2	MBA/BAS
3	Minyak dan gris (mineral)
4	Minyak dan geris (minyak makan)
5	PCB – polychlorinated biphenyl
6	Fenol
7	Aldrin/Dieldrin
8	BHC
9	CHL - Chlordane
10	T-DDT - dichlorodiphenyltrichloroethane
11	Endosulfan
12	Heptachlor / Epoxide
13	Lindane
14	2,4-D
15	2,4,5-T
16	2,4,5-TP
17	Paraquat

Sumber; Jabatan Alam Sekitar Malaysia

Segala maklumat yang diperolehi boleh dijadikan alasan asas untuk merumuskan peraturan menghadkan penggunaan cat anti-kotoran laut berasaskan TBT. Penggunaan cat ini perlu dihadkan di negara ini memandangkan bahayanya terhadap alam sekitar. Walaupun terdapat cadangan IMO akan mengharamkan penggunaan cat anti-kotoran berasaskan TBT, namun perkara ini belum menjadi kenyataan kerana terdapat pelbagai reaksi daripada pihak yang berkepentingan. Sekiranya peraturan yang diwarwarkan oleh IMO dikuatkuasakan, maka maklumat yang diperolehi ini dapat juga digunakan sebagai data asas untuk menilai keberkesanan peraturan yang diwartakan.

RUJUKAN

- Abbot, R.T. (1994). *Seashells of South East Asia*. Graham Brash, Singapore. 145 pp
- Abbott, A., Abel, P.D., Arnold, D.W., Milne, A. (2000). Cost-benefit analysis of the use of TBT: the case for a treatment approach. *The Science of The Total Environment*, **258**, 5 – 9
- Anon, (1987). Material Safety Data Sheet for P-tert-butyltoluene. U.S. Occupational Health Services, May 1987.
- Anon, (1995). *Glosari Alam Sekitar*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur. 19 pp
- Anon, (2002). *Perangkaan Tahunan Perikanan 2000*. Jabatan Perikanan Malaysia, Kuala Lumpur. 188 pp
- Alzieu, C. (1991). Environmental problems caused by TBT in France: assessment, regulation, and prospects. *Marine Environmental Research*, **32**, 7 – 17
- Alzieu, C. (1998). Tributyltin: case study of a chronic contaminant in the coastal environment. *Ocean and Coastal Management*, **40**, 23 - 36
- Alzieu, C. (2000). Environmental impacts of TBT: the French experience. *The Science of The Total Environment*, **258**, 99 – 102
- Alzieu, C., Sanjuan, J., Detriél, J.P. & Borel, M. (1986). Tin contamination in Arcachon Bay the effect on oyster shell anomalies. *Marine Pollution Bulletin*, **17**, 494 - 498
- Axiak, V., Vella, A.J., Agius, D., Bonnici, P., Cassar, G., Cassone, R., Chircop, P., Micallef, D., Mintoff, B. Sammut, M. (2000). Evaluation of environmental

levels and biological impacts of TBT in Malta (central Mediterranean). *The Science of the Total Environment*, **258**, 89 – 97

- Beaumont, A.R., and Budd, M.D. (1984). High mortality of the larvae of the common mussel at low concentrations of tributyltin. *Marine Pollution Bulletin* , **15**, 402 – 405
- Baker, J.M. and Crothers, J.H. (1987). Intertidal rock. **In**. Baker, J.M. and Wolff, W.J. (eds). *Biological Surveys of Estuaries and Coasts*. Cambridge University Press, London. pp 157 – 197.
- Bailey, S.K., & Davies, I.M. (1988). Tributyltin contamination around the oil terminal in Sullom Voe (Shetland). *Environmental Pollution* , **55**, 161 - 172
- Bailey, S.K., & Davies, I.M. (1991). Continuing impact of TBT previously used in mariculture, on dogwhelks (*Nucella lapillus* L.) populations in a Scottish sea loch. *Marine Environmental Research* , **32**, 187 - 199.
- Ballantine, W.J. (1961). A biological defined exposure scale for the comparative description of rocky shores. *Field Studies*, **1**(3), 1 - 19
- Barnes, R.S.K. and Hughes, R.N. (1988). *An Introduction to Marine Ecology (2ⁿ Edition)*, Blackwell Science Ltd, Oxford, 358 pp
- Bayne, B.L. (1989). Measuring the biological effect of pollution: the mussel watch approach. *Water Science Technology*, **108**, 1089 - 1100
- Bech, M. (1999). Increasing levels of Tributyltin-induced imposex in muricid gastropods at Phuke t Island, Thailand. *Applied Organometallic Chemistry*, **13**, 799 – 804

- Bech, M. (2002). Imposex and tributyltin contamination as a consequence of the establishment of a marina, and increasing yachting activities at Phuket Island, Thailand. *Environmental Pollution*, **117**, 421 – 429
- Bettin, C., Oehlmann, J., dan Stroben, E. (1996). TBT-induced imposex in marine neogastropods is mediated by an increasing androgen levels. *Helgolander Meeresuntersuchungen* **50**, 299 - 317
- Blabber, S.J.M. (1970). The occurrence of a penis like outgrowth behind the right tentacle in spent female *Nucella lapillus*. *Proceedings of the Malacological Society of London*, **39**, 231 – 233
- Blunden, S.J. and Champman, A.H. (1994). The environmental degradation of organotin compounds – a review. *Environmental Technology Letters*, **3**, 267 - 272
- Bohari, M.Y. (1996). *Kimia Organotimah dan Ferosena*. Berita Publishing Sdn. Bhd. Kuala Lumpur, 318 pp
- Bradshaw, A.A. dan McNeily, T. (1989). *Kajian Dalam Biologi; Evolusi Dan Pencemaran* (Penterjemah: Mahani Mansor), Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur, 102 pp
- Bryan, G.W., Gibbs, P.E., Hummerstone, L.G. & Burt, G.R. (1986). The decline of the gastropod *Nucella lapillus* around South-West England: Evidence for the effect of tributyltin from antifouling paints. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **66**, 611 - 640
- Bryan, G.W., Gibbs, P.E., Burt, G.R & Hummerstone, L.G. (1987). The effect of tributyltin accumulation on adult dogwhelks, *Nucella lapillus*: Long-term field and laboratory experiments. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **67**, 525 - 544

- Bryan, G.W., Gibbs, P.E., Hugget, R.J., Curtis, L.A., Bailey, D.S. & Dauer, D.M. (1989). Effect of tributyltin pollution on the mud snail *Ilyanassa obsoleta*, from the York River and Sarah Creek, Chesapeake Bay. *Marine Pollution Bulletin*, **20**, 458 - 462
- Bryan, G.W. & Gibbs, P.E. (1991). Impact of low concentrations of tributyltin (TBT) on marine organisms: a review. In: Newman, M.C. & McIntosh, A.W. (eds.), *Metal Ecotoxicology: Concept and application*. Ann Arbor, Lewis Publishers, Michigan. pp. 323 - 361
- Bryan, G.W., Burt, G.R., Gibbs, P.E. & Pascoe, P.L. (1993). *Nassarius reticulatus* (Nassaridae; Gastropoda) as an indicator of tributyltin pollution before and after TBT restrictions. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **73**, 913 - 929
- Bushong, S.J., Hall, J.L.W., Johnson, W.E., Herman, R.L. (1988). Acute toxicity of tributyltin to selected Chesapeake Bay fish and invertebrate. *Water Research*, **8**, 1027 - 1032
- Cajaraville, M.P., Bebianno, M.J., Blasco, J., Porte, C., Sarasquete, Viarengo, A. (2000). The use of biomarkers to assess the impact of pollution in coastal environments of the Iberian Peninsula: a practical approach. *The Science of Total Environment*, **247**, 295 - 311
- Cardwell, R.D., Brancato, M.S., Toll, J., DeForest, D. and Tear, L. (1999) Aquatic ecological risks posed by tributyltin in United States surface water: 1989 - 1996 data. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **18(3)**, 567 - 577
- Carlier-Pinasseau, C., Lespes, G., Astruc, M. (1997). Validation of organotin compound determination in environmental samples using nabet₄ ethylation and GC-FPD. *Environmental Technology*, **18(12)**, 1179 - 1186

- Ceulemans, M., Slaets, S., Adams, F. (1998). Speciation of organotin in environmental sediment samples. *Talanta*, **46**, 395 – 405.
- Champ, M. (2000) A review of organotin regulatory strategies, pending actions, related costs and benefits. *The Total Science of The Environmental*, **258**, 21 – 71
- Champ, M.A. and Lowenstein, F.L. (1987). TBT: the dilemma of high-technology antifouling paints. *Oceanus*, **30**, 69 - 77.
- Choo, P.S. (1987). *Pemeliharaan tiram*. Risalah Perikanan Bil. 9. Jabatan Perikanan Kementerian Pertanian, Kuala Lumpur. 12 pp
- Chuang, S.H. (1961). *On the Malayan Shores*. Caslon Printers Ltd, Hong Kong, 235 pp
- Cleary, J.J. (1991). Organotin in the marine surface micro layer and subsurface waters of Southwest England: relation to toxicity threshold and the UK environmental quality standard. *Marine Environmental Research* , **32**, 65 – 73
- Craig, P.J. (1994). *Sebatian Organologam Di Dalam Alam Sekitar: Prinsip dan Tindakbalas*. (Penterjemah, Wan Azelee, W. A.B., dan Rosmidah, A.), Penerbitan Universiti Teknologi Malaysia, Johor. 419 pp.
- Coulton, H.S. (1916). On some varieties of *Thais lapillus* in the Mount Desert region, study of individual ecology. *Proceeding of the Natural History Society Philadelphia* , **LXVII**, 440 - 454
- Crothers, J.H. (1985). Dogwhelks: an introduction to biology of *Nucella lapillus* (L.). *Field Studies*, **6**, 291 - 360

- Crothers, J.H. (1989). Has the population decline due to TBT pollution affected shell-shape variation in the dogwhelks *Nucella lapillus* (L.)? *Journal of Molluscan Studies*, **55**, 461 - 467
- Curtis, L.A. (1994). A decade-long perspective on a bioindicator of pollution: imposex in *Ilyanassa obsoleta* on Cape Henlopen, Delaware Bay. *Marine Environmental Research*, **38**, 291 - 302.
- Davies, I.M. and Bailey, S.K. (1991). The impact of tributyltin from large vessels on dogwhelk (*Nucella lapillus*) populations around Scottish oil ports. *Marine Environmental Research*, **32**, 201 - 211.
- Davies, I.M., Bailey, S.K. & Moore, D.C. (1987). Tributyltin in Scottish sea-loch, as indicated by degree of imposex in the dogwhelks, *Nucella lapillus* (L). *Marine Pollution Bulletin*, **18**, 400 – 404
- Davies, I.M., Bailey, S.K. & Harding, M.J. (1998). Tributyltin inputs to the North Sea from shipping activities, and potential risk of biological effects. *ICES Journal of Marine Science*, **55**, 34 – 43
- Davis, M.T., Newell, P.F., dan Quinn, N.J. (1999). TBT contamination of an artisanal subsistence fishery in Suva harbour, Fiji. *Ocean & Coastal Management*, **42**, 591 – 601.
- De Mora, S.J. and Pelletier, E. (1997). Environmental tributyltin research: past, present and future. *Environmental Technology*, **18**(12), 1169 – 1177
- De Mora, S.J. and Phillips, D.R. (1997). Tributyltin (TBT) pollution in riverine sediments following a spill from a timber treatment facility in Henderson, New Zealand. *Environmental Technology*, **18**(12), 1187 – 1193

- De Mora, S.J. Stewart, C., Phillips, D.R. (1995). Sources and rates of degradations of tri(n-butyltin) in marine sediments near Auckland, New Zealand, *Marine Pollution Bulletin*, **30**, 50 - 57
- Douglas, E.W., Evans, S.M., Frid, C.L.J., Hawkins., S.T., Mercer, T.S. & Scott, C.L. (1993). Assessment of imposex in the dogwhelks (*Nucella lapillus*) and tributyltin along the northeast coast of England. *Invertebrate Reproduction Development*, **24**, 243 – 248
- Dow, K.M. (1993). *An overview of pollution issue in the Straits of Malacca* . MIMA Issue Paper No. 5/95. Maritime Institute of Malaysia, Kuala Lumpur. 35 pp
- Dowson, P.H., Bubb, J.M., Lester, J.N. (1993). Temporal distribution of organotins in the aquatic environment: five years after the 1987 UK retail ban on TBT based antifouling paints. *Marine Pollution Bulletin* , **24**, 483 – 494
- Dukes, M.J. (1994). Assessment of recovery from the effects of tributyltin pollution observed in *Nucella lapillus* around the coast of Anglesey, North Wales. B.Sc. (Honours) Dissertation, University of Wales, Bangor. (Unpublished)
- Eisler, R. (1989). *Tin hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review*. Fish and Wildlife Series, U.S. Department of the Interior. Contaminant Hazard Reviews Report No. 15. 83 pp.
- Elgethun, K., Neumann, C., Blake, P. (2000). Butyltins in shellfish, finfish, water and sediment from Coos Bay estuary (Oregon, USA). *Chemosphere*, **41**, 953 – 964
- Ellis, D.E. & Pattisina, L.A. (1990). Widespread neogastropod imposex: a biological indicator of global TBT contamination. *Marine Pollution Bulletin* , **21**(5), 248 - 253

- Evans, S.M., Hutton, A., Kendall, M.A. & Samosir, A.M. (1991). Recovery in populations of dogwhelks *Nucella lapillus* (L.) suffering from imposex. *Marine Pollution Bulletin*, **22**(7), 331 – 333
- Evans, S.M., Hawkins, S.T., Porter, J. & Samosir, A.M. (1994). Recovery of dogwhelk populations on the Isle of Cumbrae, Scotland, following legislation limiting the use of TBT as an antifoulant. *Marine Pollution Bulletin*, **28**(1), 15 - 17
- Evans, S.M., Leksono, T. & McKinnel, P.D. (1995). Tributyltin pollution: A diminishing problem following legislation limiting the use of TBT-based antifouling paints. *Marine Pollution Bulletin*, **30**, 14 – 21
- Evans, S.M., and Leksono, T. (1995). The use of whelks and oysters as biological indicators of pollution from antifouling paints. *Journal of Biological Education*, **29**(2), 97 – 105
- Evans, S.M., Kerrigan, E., Palmer, N. (2000). Causes of imposex in dogwhelk *Nucella lapillus* (L.) and its use as a biological indicator of tributyltin contamination. *Marine Pollution Bulletin*, **40**(3), 212 – 219
- Feare, C.J. (1970). The reproductive cycle of dogwhelk (*Nucella lapillus*). *Proceedings of the Malacological Society of London*, **39**, 125 - 137
- Feare, C.J. (1971). The adaptive significance of aggregation behaviour in dogwhelks *Nucella lapillus* (L.). *Oecologia* (Berlin), **7**, 117 - 126
- Fent, K. (1996). Ecotoxicology of organotin compounds. *Critical Review of Toxicology*, **26**, 1- 117
- Feral, C. and LeGall, S. (1983). The influence of pollutant factor (tributyltin) on the neuroendocrine mechanism responsible for the occurrence of a penis in the

females of *Ocenebra erinacea* . In, Molluscan neuro-endocrinology. Eds, J. Lever and H. Boerpp. 173 – 175, North Holland Publishing Company, Amsterdam.

Field Studies Council Research Centre (1992). Caernarfon and Cardigan Bay. An Environmental Appraisal. Hamilton Oil Co. Ltd. London. 71p.

Foales, S. (1993). An evaluation of the potential of gastropod imposex as a bioindicator of tributyltin pollution in Port Phillips Bay, Victoria. *Marine Pollution Bulletin*, **26**, 546 - 552

Folsvik, N., Berge, J.A., Brevik, E.M. and Walday, M. (1999). Quantification of organotin compounds and determination of imposex in populations of dogwhelks (*Nucella lapillus*) from Norway. *Chemosphere*, **38**(3), 681 - 691

Folsvik, N. and Brevik, E.M. (1999). Level of organotin compounds in burbot (*Lota lota*) from Norwegian lakes. *Journal of High Resolution Chromatograph*, **22**(3), 177 - 180

Fretter, V. and Graham, A. (1962). *British Prosobranch Molluscs*. Ray Society, London.

Gabrielides, G.P., Alzieu, C., Readman, J.W., Bacci, E., Aboul Dahab, O., and Salihoglu, I. (1990). MED POL survey of organotins in Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, **21**(5), 233 - 237

Gibbs, P.E. & Bryan, G.W. (1986). Reproductive failure in the populations of the dogwhelks, *Nucella lapillus*, caused by imposex induced by tributyltin from antifouling paints. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **66**, 767 - 777

- Gibbs, P.E., Bryan, G.W., Pascoe, P.L. & Burt, G.R. (1987). The use of dogwhelks *Nucella lapillus* as an indicator of TBT contamination. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **67**, 507 - 523
- Gibbs, P.E., Pascoe, P.L. & Burt, G.R. (1988). Sex change in the female dogwhelk, *Nucella lapillus*, induced by tributyltin from antifouling paints. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **68**, 715 – 731
- Goldberg, E.D. (1975). Mussel watch. *Marine Pollution Bulletin*, **6**, 111 – 113
- Goldberg, E.D. (1986). TBT: an environmental dilemma. *Environment*, **28**, 17 – 44
- Gomez-Ariza, J.L., Giraldez, I., Morales, E. (2000). Temporal fluctuations of tributyltin in the bivalve *Venerupis decussata* at five stations in southwest Spain, *Environmental Pollution*, **108**, 279 - 290.
- Guruge, K.S., Tanabe, Iwata, H., M., Tatsukawa, R. Yamagishi, S., (1996). Distribution, biomagnification, and elimination of butyltin compounds in common cormorants (*Phalacrocorax carbo*) from Lake Biwa, Japan. *Archives of Environmental Contamination and Toxicological*, **31**, 210– 217
- Guruge, K.S., Iwata, H., Tanaka, H., and Tanabe, S. (1997a). Butyltin accumulation in the liver and kidney of seabirds. *Marine Environmental Research*, **44(2)**, 191 – 199
- Guruge, K.S., Tanabe, S., Fukuda, M., Yamagishi, S., Tatsukawa, R. (1997a). Comparative tissue distribution of butyltin compounds in common cormorants (*Phalacrocorax carbo*) from Japan *Toxicological and Environmental Chemistry*, **58**, 197 – 208

- Guruge, K.S. dan Tanabe, S. (2001). Contamination by persistent organochlorines and butyltin compounds in the West Coast of Sri Lanka. *Marine Pollution Bulletin*, **42**, 179 – 186
- Hall, L.W.Jr. (1988). Tributyltin environmental studies in Chesapeake Bay. *Marine Pollution Bulletin*, **19**(9). 431 – 438.
- Hampton, R.E. (1994). *Introductory Biological Statistics*. Wm. C. Brown Publishers, Oxford, England. 233p.
- Hamzah, B.A. (1997). The Straits of Malacca: A profile. In: Hamzah, B.A. (ed.). *The Straits of Malacca: International Co-operation In Trade, Funding and Navigational Safety*. Pelanduk Publications and Maritime Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, pp 3 - 14
- Harino, H., Fukushima, M., Yamamoto, Y., Kawai, S., Miyazaki, N. (1998). Contamination of butyltin and phenyltin compounds in marine environment of Otsuchi Bay, Japan. *Environmental Pollution*, **101**, 209 - 214
- Hawkins, S.J. and Hartnoll, R.G. (1985). The use of fixed quadrats in monitoring rocky shore communities. In: Hiscock, K (ed). *Rocky Shore Survey and Monitoring Workshop*, BP International, London. Pp 68 – 72
- Hashimoto, S., Watanabe, M., Noda, Y., Hayashi, T., Kurita, Y., Takasu, Y. dan Otsuki, A. (1998). Concentration and distribution of butyltin compounds in a heavy tanker route in the Straits of Malacca and in Tokyo Bay. *Marine Environmental Research*, **45**(2), 169 – 177
- Heidrich, D.D., Steckelbroeck, S. dan Klingmuller, D. (2001). Inhibition of human cytochrome P405 aromatase activity by butyltins. *Steroids*, **66**, 763 - 769

- Higashiyama, T., Shiraishi, H., Otsuki, A. and Hashimoto, S. (1991). Concentration of organotin compounds in blue mussels from wharves of Tokyo Bay. *Marine Pollution Bulletin*, **22**(12), 585 – 587
- Hoch, M. (2001). Organotin compounds in the environment – an overview. *Applied Geochemistry* **16**, 719 - 743
- Horiguchi, T., Shiraishi, H., Shimizu, H., Yamazaki, S. & Morita, M. (1994a). Organotin compound and their effects on aquatic organisms, focusing on imposex in gastropods. *Main Group Metal Chemistry*, **17**(1-4), 81 – 100
- Horiguchi, T., Shiraishi, H., Shimizu, H & Morita, M. (1994b). Imposex and organotin compound in *Thais clavigera* and *Thais bronni* in Japan. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, **74**, 651 – 669
- Horiguchi T. Shiraishi H. Shimizu M. and Morita M. (1995). Imposex in Japanese gastropods (neogastropods and mesogastropods): effects of tributyltin and triphenyltin from antifouling paints. *Marine Pollution Bulletin*, **31**(4-12), 402 – 405
- Horiguchi T. Shiraishi H. Shimizu M. and Morita M. (1997a). Imposex in sea snails, caused by organotin (tributyltin and triphenyltin) pollution in Japan: A survey. *Applied Organometallic Chemistry*, **11**(5), 451 - 455.
- Horiguchi T. Shiraishi H. Shimizu M. and Morita M. (1997b). Effects of triphenyltin chloride and five other organotin compounds on the development of imposex in the rock shell, *Thais clavigera*. *Environmental Pollution*, **95**(1), 85-91.
- Horiguchi, T., Hyeon-Seo, C., Shiraishi, H., Shibata, Y., Morita, M. and Shimizu, M. (1998a). Field studies on imposex and organotin accumulation in the rock shell, *Thais clavigera*, from the Seto Inland Sea and Sanriku region, Japan *The Total Science of the Environmental*, **214**, 65 – 70

- Horiguchi, T., Imai, T., Cho, H.S., Shairaishi, H., Shibata, Y., Morita, M. and Shimizu, M. (1998b). Acute toxicity of organotin compounds to larvae of the rock shell, *Thais clavigera*, and disk abalone, *Haliotis discus discus* and giant abalone *Haliotis madaka*. *Marine Environmental Research*, **46** (1-5), 469 – 473
- Houston, R.S. (1971). Reproductive biology of *Thais emarginata* (Deshayes, 1939) and *Thais canaculata* (Duclas, 1832). *Veliger*, **13**, 348 – 357
- Huet, M., Paulet, Y.M. and Glemaree, M. (1996). Tributyltin (TBT) pollution in the coastal waters of West Brittany as indicated by imposex in *Nucella lapillus*. *Marine Environmental Research*, **41**(2), 157 - 167.
- Hughes, R.N. (1986). *A Functional Biology of Marine Gastropods*. Croom Helm, London and Sidney.
- Hung, T.S. Hsu, W.K., Mang, P.J. and Chuang, A. (2001) Organotins and imposex in the rock shells, *Thais clavigera*, from oyster mariculture areas in Taiwan. *Environmental Pollution*, **112**, 145 – 152
- Hwang, H.M., Oh, J.R., Kahng, S.H., Lee, K.W. (1999). Tributyltin compounds in mussels, oysters and sediment of Chinhae Bay, Korea. *Marine Environmental Research*, **47**, 61 – 67
- Hyman, L.H. (1967). *The Invertebrates: Volume VI Mollusca*, McGraw Hill Book Company, London
- Iwata, H., Tanabe, S., Miyazaki, N., Tatsukawa, R. (1994). Detection of butyltin compound residues in the blubber of marine mammals. *Marine Pollution Bulletin*, **28**(10), 607 – 612

- Ismail, J. (1992). *Kajian Pencemaran Tributyltin (TBT) Di Pesisiran Pantai Dungun, Kemaman Dan Port Dickson Menggunakan Thais sp. (Gastropoda)*. Tesis Ijazah Bachelo Sains Perikanan, Universiti Pertanian Malaysia, 54 pp
- Kan-Atireklap, S., Tanabe, S. and Sanguansin, J. (1997a). Contamination by tributyltin compounds in sediments from Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, **14**(11), 894 – 899
- Kan-Atireklap, S., Tanabe, S., Sanguansin, J. Tabucanon, M.S. and Hungspreugs, M. (1997b). Contamination by butyltin compounds and organochlorines residues in green mussels (*Perna viridis*, L.) from Thailand coastal waters. *Environmental Pollution*, **97**, 79 - 89
- Kannan, K., Tanabe, S., Iwata, S. and Tatsukawa, R. (1995). Butyltin in muscle and liver collected from certain Asian and Oceanian countries. *Environmental Pollution*. **90**(3). 279 – 280.
- Kannan, K., Senthilkumar, K., Giesy, J.P. (1999). Occurrence of butyltin compounds in human blood. *Environmental Science and Technology*, **33**, 1776 – 1779
- Kementerian Pengangkutan Malaysia, (1995). *Statistik Pengangkutan Malaysia*. Kementerian Pengangkutan Malaysia, Kuala Lumpur. 64pp
- Ko, M.M.C., Bradley, G.C., Neller, A.H., Broom, M.J. (1995). Tributyltin contamination of marine sediments of Hong Kong, *Marine Pollution Bulletin*, **31**, 249 - 253
- Lai, H.C. dan Tong, S.L. (2001). Impact of the use of anti-fouling agents in marine environment. Paper presented at MIMA Aquaculture Seminar, Kuala Lumpur, 2001.

- Langston, W.J., Bryan, G.W., Burt, G.R. and Gibbs, P.E. (1990). Assessing the impact and TBT in the estuaries and coastal regions. *Functional Ecology*, **4**, 433 – 443
- Lau, M.M.M. (1991). Tributyltin anti-fouling: a threat to the Hong Kong marine environment. *Archives of Environmental Contamination and Toxicological*, **20**, 299 – 304
- Laughlin Jr, R.B. and Linden, O. (1985). Fate and effects of organotins. *Ambio*, **14**, 88 – 94.
- Lee, R.F. (1991). Metabolism of tributyltin by marine organisms and possible linkages to effects. *Marine Environmental Research*, **32**, 29 – 35
- Leong, T.S. (1980). Marine invertebrate of the east coast of Peninsular Malaysia. In: Chua, T.E. and Charles, J.K. (eds), *Coastal Resources of East Coast Peninsular Malaysia*, Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang. Pp 228 – 240
- Lewis, J.R. (1964). *The Ecology of Rocky Shores*. Hodder and Stoughton, London.
- Liu, L.L. and Suen, I.J. (1996a). Prosobranch gastropod imposex in the West Coast of Taiwan. *Venus*, **55**(3), 207 – 214
- Liu, L.L. and Suen, I.J. (1996b). Organotins promoting the development of imposex in oyster drill *Thais clavigera*. *Journal of the Fisheries Society Taiwan*, **23**(2), 149 – 154
- Liu, L.L. and Chen, J.L. (1992). Sex ratio changes of the drill oyster, *Thais clavigera* Kuster in Taiwan. *Journal of the Fisheries Society Taiwan*, **19**(2), 85 - 88

- Liu, L.L. , Chen, J.L., Peng, W.Y. and Hung, J.J. (1997). Organotin concentrations in three intertidal neogastropods from the coastal waters of Taiwan. *Environmental Pollution*, **98**(1), 113 – 118
- Maguire, R.J. (1987). Review: Environmental aspects of tributyltin. *Applied Organometallic Chemistry*, **1**, 475 – 498
- Maguire, R.J., Carey, J.H., Hale, E.J. (1983). Degradation of the tributyltin species in water. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, **31**, 1060 – 1065
- Masshor. M. (1986). *Ekologi Populasi*, Penerbit Universiti Sains Malaysia, Pulau Pinang. 83 pp
- Matthiessen, P., Waldock, R., Thain, J.E., Waite, M.E. & Scorpe-Howe, S. (1995). Changes in periwinkle (*Littorina littorea*) populations following the ban of TBT-based antifoulings on small boats in the United Kingdom. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **30**, 180 - 194.
- Mathiessen, P. and Gibbs, P.E. (1998). Critical appraisal of the evidence for tributyltin-mediated endocrine disruption in molluscs. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **17**(1), 37 - 43
- Mensink, B.P., Boon, J.P., Ten Hallers-Tjabbes, C.C., Van Hattum, B. and Koeman, J.H. (1997). Bioaccumulation of organotin compounds and imposex occurrence in a marine food chain (Eastern Scheldt, The Netherlands). *Environmental Technology*, **18**(12), 1235 – 1244
- Meredith, L.E. (1987). Tributyltin induced imposex in population of the dogwhelks *Nucella lapillus* (L.) in North Wales, M.Sc. Thesis, University of Wales, Bangor.

- Minchin, A. and Minchin, D. (1997). Dispersal of TBT from fishing port determined using the dogwhelk *Nucella lapillus* as an indicator. *Environmental Technology*, **18**(12), 1225 - 1234
- Minchin, D., Bauer, B., Oehlmann, J., Schulte Oehlmann, U., Duggan, C.B. (1997). Biological indicators used to map organotin contamination from a fishing port, Killybegs, Ireland. *Marine Pollution Bulletin*, **34**(4), 233 - 243
- Moore, H.B. (1938). The biology of *Purpura lapillus*. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*. **24**, 57 - 75.
- Moore, D.R.J., Noble, D.G., Walker, S.L., Trotter, D.M., Wong, M.P. Pierce, R.C. (1992). *Canadian Water Quality Guidelines for Organotins*. Ecosystems Sciences and Evaluation Directorate, Ottawa, Ontario. 145 pp
- Morcillo, Y., dan Porte, C. (1998). Monitoring of organotin compounds and their effects in marine molluscs. *Trends In Analytical Chemistry*, **17**(2), 109 - 116
- Naidu, J. (1994). Shipping and international trade in Asian region. An international view. MIMA International Conference on the Straits of Malacca, 14 – 15 June 1994, Kuala Lumpur.
- Nakano, D. Nishiwaki, S. (1992). Local variation of imposex in *Thais clavigera* (Prosobranchia: Muricidae). *Venus: Japanese Journal of Malacology / Kairuigaku Zasshi*. **51**(1-2). 79-87.
- Nias, D.J., McKillup, S.C. & Edyvane, K.S. (1993). Imposex in *Lepsiella vinosa* from Southern Australia. *Marine Pollution Bulletin*, **26**(7), 381 – 384
- Nor' Aini, D. (1992). *Memahami Ekologi I*, Dewan Bahasa Dan Pustaka, Kuala Lumpur, 140 pp.

- Noer, J.H., and Gregory, D. (1996). *Chokepoint: Maritime Economic Concern in Southeast Asia*. National Defense University Press, Washington DC. 99pp
- Nur' Azah, A.M. dan Mazlan, M.A.H. (2000). *Statistik*. Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor Darul Takzim. 227p.
- Nur Fajar, Y. (2000)). *Analisis Berapa Logam Berat Dalam Air, Sedimen, Dan Haiwan Bercangkerang Di Persisiran Pantai Semenanjung Malaysia Dan Potensi Haiwan Tersebut Sebagai Penunjuk-Bio Pencemaran Marin*. Tesis Sarjana, Universiti Teknologi Malaysia, Johor.
- Oberdorster, E., Rittschoff, D, and McClellan-Green, P. (1998). Testosterone metabolism in imposex and normal *Ilyanassa obsoleta*: Comparison of field and TBTA Cl-induced imposex. *Marine Pollution Bulletin*, **36**(2), 144 – 151
- Odum, E.P. (1971). *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders, London, 574p
- Oehlmann, J., Stroben, E. & Fiorini, P. (1991). The morphological expression of imposex in *Nucella lapillus* (Linneus) (Gastropoda: Muricidae). *Journal of Molluscan Studies*, **57**, 375 – 390
- Oehlmann, J., Fiorini, P., Stroben, E. & Markert, B. (1996). Tributyltin (TBT) effects on *Ocenebrea aciculata* (Gastropoda: Muricidae): imposex development, sterilization, sex change and population decline. *The Science of the Total Environment*, **188**, 205 – 223
- Oehlmann, J., Baur, B., Minchin, D., Schulte-Oehlmann, U., Fiorini, P., Markert, B. (1998). Imposex in *Nucella lapillus* and intersex in *Littorina littorea*: interspecific comparison of two TBT-induced effects and their geographical uniformity. *Hydrobiologia*, **378**, 199 – 213

- Omae, I. (1989). *Organotin Chemistry*. Journal of Organometallic Chemistry Library, **21**, Elseviers, Amsterdam, 355p.
- Pandey, E and Evans, S.M. (1996). The incidence of imposex ingastropods from Indonesian coastal waters. *Asian Marine Biology*, **13**, 53 - 61
- Pang, F. V. (1993). Analytical Environmental Study of TBT in Coastal Waters. M.Sc Thesis, University of Malaya, Kuala Lumpur (unpublished).
- Pang, F. V., Ng, Y.L., Phang, S.M., Tong, S.L., (1993). Determination of total tin and tributyltin in biological tissues. *International Journal of Environmental and Analytical Chemistry*, **53**, 53 - 61
- Page, D.S., Ozbal, C.C., and Lanphear, M.E. (1996). Concentration of butyltin species in sediments associated with dockyard activity, *Environmental Pollution*, **91**, 237 - 243
- Phelps, H.L. and Page, D.S. (1997). Tributyltin biomonitoring in the Portuguese estuaries with the Portuguese oyster (*Crassostrea angulata*). *Environmental Technology*, **18**(12), 1269 – 1276
- Phillip, D.J.H., Richardson, A.P. Murray, A.P., Fabris, J.G. (1992). TBT contamination in Port Phillips, Australia, *Marine Pollution Bulletin*, **24**, 200 – 217
- Poli, G., Salvat, B., & Streiff, W. (1971). Aspect particulier de la sexualite chez *Ocenebra erinacea*. *Haliotis*, **1**, 29 – 30
- Potts, G.W. and Reay, P.J. (1987). Fish. In. Baker, J.M. and Wolff, W.J. (eds.). *Biological Surveys of Estuaries and Coasts*, pp 343 - 373. Cambridge University Press, London, 449 p.

- Poutiers, J.M. (1998). *Gastropods*. In: Carpenter, K.E. and Niem, V.H. (eds). *FAO Species Identification guide for Fishery Purposes: The Living Marine Resources of the Western Central Pacific. Vol. 1. Seaweeds, Corals, Bivalves and Gastropods*. FAO Rome, pp 364 - 686
- Prudente, M., Ichihashi, M, Kan-Atirelap, S., Watanabe, I., and Tanabe, S. (1999). Butyltins, organochlorines and metal levels in green mussel, *Perna viridis*. L. from the coastal waters of the Philippines. *Fisheries Science*, **65**, 698 - 702
- Proud, S.V. (1994). Tributyltin pollution and the bioindicator *Nucella lapillus*: population recovery and community levels responds. Ph.D thesis, University of Liverpool (unpublished).
- Prouse, N.J. and Ellis, D.V. (1997). A baseline survey of dogwhelk (*Nucella lapillus*) imposex in eastern Canada (1995) and interpretation in terms of tributyltin (TBT) contamination. *Environmental Technology*, **18**(12), 1255 - 1264
- Purchon, R.D. (1968). *The Biology of Mollusca*. Pergamon Press, London. 560 pp
- Purchon, R.D. and Purchon, D.E.A. (1981). The marine shelled mollusca of West Malaysia and Singapore. Part 1. General introduction and an account of collecting station. *Journal of Molluscan Studies*, **47**, 290 – 312
- Quevauviller, Ph., Donard, O.F.X., Etcheber, H. (1994). Butyltin distribution in a sediment core from Arcachon Harbour (France). *Environmental Pollution*, **84**, 89 - 92.
- Reish, J.D. (1960). The use of marine invertebrates as indicators of marine quality. In: Pearson, E.A. (ed.), *Proceedings of 1st International Conference on Waste Disposal in the Marine Environment* University of California, Berkeley.

- Ridzwan, H. (1993). *Sumber Makanan Pesisiran Laut Sabah*. Dewan Bahasa Dan Pustaka, Kuala Lumpur. 309 pp.
- Ritsema, R., Laane, R.W.P.M., Donard, O.F.X. (1991). Netherlands in 1988 and 1989: TBT concentrations and effects, *Marine Environmental Research*, **32**(1 - 4), 243 - 260.
- Ruiz, J.M., Bryan, G.W., Gibbs, P.E. (1995). Effects of tributyltin (TBT) exposure on the veliger larvae development of bivalve *Scorbicularia plana* (da Costa), *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **186**, 53 – 63
- Santos, M.M., Viera, N., Santos, A.M. (2000). Imposex in the Dogwhelk *Nucella lapillus* (L.) along the Portuguese Coast. *Marine Pollution Bulletin*, **40**(7), 643 – 646
- Sasekumar, A. (1974). Distribution of macrofauna on a Malayan mangrove shore. *Journal of Animal Ecology*, **43**, 51 - 69
- Seligman, P.F., Maguire, R.J., Lee, R.F., Hinga, K.R., Valkirs, A.O., and Stang, P.F. (1996). Persistence and fate of tributyltin in aquatic ecosystem. In; Champ, M.A. and Seligman, P.F. (eds). *Organotins: environmental and effects*. Chapman and Hall, London. pp 429 – 457
- Shim, W.J., Oh, J.R., Kahng, S.H., Shim, J.H., and Lee, S.H. (1999). Horizontal distribution of butyltin in surface sediments from an enclosed bay system, Korea. *Environmental Pollution*, **106**, (351 – 357)
- Shim, W.J., Oh, J.R., Kahng, S.H., Hong, S.H., Kim, N.S., Kim, S.K., and Shim, J.H. (2000). Imposex in the rock shells *Thais clavigera*, as evidence of organotins contamination in the marine environment of Korea. *Environmental Research*, **49**, (435 – 451)

- Shiraishi, H., Higashiyama, T., Hashimoto, S., Otsuki, A. (1992). Identification of metabolites of organotin compounds in mussel by GC/MC. *Mass Spectrophotometry*, **40**, 137 - 146
- Smith, B.S. (1971). Sexuality in the American mud-snail *Nassarius obsoletus* (Say). *Proceedings of the Malacological Society of London*, **39**, 377 - 378
- Smith, B.S. (1980). The estuarine mud-snail *Nassarius obsoletus* abnormalities in the reproductive system. *Journal of Molluscan Studies*, **46**, 247 - 256
- Smith, B.S. (1981a). Male characteristic on female mud snails caused by antifouling bottom paints. *Journal of Applied Toxicology*, **1**, 22 - 25
- Smith, B.S. (1981b). Tributyltin compound induced male characteristic on female mud snails *Nassarius obsoletus* = *Ilyanassa obsoleta*. *Journal of Applied Toxicology*, **1**, 141 - 144
- Sole, M., Morcillo, Y., Porte, C. (1998). Imposex in the commercial snail *Bolinus bandaris* in the northwestern Mediterranean. *Environmental Technology*, **99**, 241 - 246
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. (1993). *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. W.H. Freeman & Co. New York. 887p.
- Soule, D.F. (1988). Marine organisms as indicators: Reality or wishful thinking? In: Soule, D.F. and Kleppel, G.S., (eds) *Marine Organisms as Indicator*. Springe-Verlag, New York.
- Sparre, P and Venema, S.C. (1992). *Introduction to Tropical Fish Stock Assessment*. FAO Fisheries Technical Paper 306/1. FAO, Rome. 376p.

- Spence, S.K., Bryan, G.W., Gibbs, P.E., Masters, D., Morris, L. and Hawkin, S.J. (1990). Effects of TBT contamination on *Nucella lapillus* populations. *Functional Ecology*, **4**, 425 – 432
- Spooner, N., Gibbs, P.E., Bryan, G.W., Goad, L.J. (1991). The effect of tributyltin upon steroid titters in the female dogwhelk, *Nucella lapillus*, and development of imposex. *Marine Environmental Research*, **32**(1-2), 37 - 49
- Stewart, C., and Thompson, J.A.J. (1997). Vertical distribution of butyltin residues in sediments of British Columbia Harbours. *Environmental Technology*, **18**, 1195 - 1202
- Stewart, C., de Mora, S.J., Jones, M.R.C. & Muller, M.C. (1992). Imposex in New Zealand gastropods. *Marine Pollution Bulletin*, **24**, 204 – 209
- Strand, J. and Asmund, G. (2003). Tributyltin accumulation and effects in marine molluscs from West Greenland, *Environmental Technology*, (in press)
- Sudaryanto, A., Takahashi, S., Tanabe, S., Muchtar, M., and Razak, H. (2000). Occurrence of butyltins compounds in mussels from Indonesian waters and some Asian countries. *Water Science and Technology*, **42**, 71 – 78
- Sukarno, B.W. (1995). Recovery in the levels of imposex in the populations of dogwhelks, *Nucella lapillus* (L.) around the coast of North Wales. MSc Thesis, University of Wales, 97 pp. (unpublished).
- Svavarsson, J. and Skarphendinsdottir, H. (1995). Imposex in the dogwhelks *Nucella lapillus* (L.) in Icelandic waters. *Sarsia*, **80**, 35 – 40
- Swensen, C., Ruttanadakul, N., Ardseungnern, S., Singh, H.R., Mensink, B.P. and Ten Hallers-Tjabbes, C.C. (1997). Imposex in sublittoral and littoral

gastropods from the Gulf of Thailand and Straits of Malacca in relation to shipping. *Environmental Technology*, **18**, 1245 - 1254

- Tan, K.S. (1995). Taxonomy of *Thais* and *Morula* (Mollusca: Gastropoda: Muricidae) in Singapore and vicinity. Ph.D Thesis, National University of Singapore. 545 pp (Unpublished).
- Tan K S. (1997). Imposex in three species of *Thais* from Singapore, with additional observations on *T. clavigera* (Kuster) from Japan. *Marine Pollution Bulletin*, **34**(7), 577-581
- Tan K S. (1999). Imposex in three species of *Thais gradata* and *Chicoreus capucius* (Mollusca, Neogastropoda, Muricidae) from the Straits of Johor: a case study using penis length, area and weight as measures of imposex severity. *Marine Pollution Bulletin*, **39**(1-12), 295 – 303
- Tan, K.S. and Sigurdsson, J.B. (1996). Two new species of *Thais* (Mollusca: Neogastropoda: Muricidae) from Peninsular Malaysia and Singapore, with notes on *T. tissoti* (Petit, 1852) and *T. blanfordi* (Melvill, 1893) from Bombay, India. *The Raffles Bulletin of Zoology*, **44**, 77 – 107
- Takahashi, S., Lee, J.D., Tanabe, S., Kubodera, T. (1998). Contamination and specific accumulation of organochlorine and butyltin compounds in deep-sea organisms collected from Suruga Bays, Japan. *The Science of Total Environment*, **214**, 49 - 64
- Takahashi, S., Mukai, H., Tanabe, S., Sakayama, K., Miyazaki, T. and Matsuno, H. (1999a). Butyltin residues in livers of human and wild terrestrial mammals and plastic products. *Environmental Pollution*, **106**, 213 – 218

- Takahashi, S., Tanabe, S., Takeuchi, I., and Miyazaki, T. (1999b). Distribution and specific bioaccumulation of butyltin compounds in a marine ecosystem. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **37**, 50 – 61
- Tanabe, S. (1999). Butyltin contamination in marine mammals: a review. *Marine Pollution Bulletin*, **39**(1 – 2), 62 – 72
- Tanabe, S. (2000a). Asian developing regions; persistent organic pollutants in the seas. In, Sheppard, C. (ed.), *Sea at millennium: An environmental evaluation*. Vol. II, Elsevier Science Ltd., Amsterdam, pp 447 – 462
- Tanabe, S. (2000b). Asia-Pacific mussel watch progress report. *Marine Pollution Bulletin*, **40**(8), 651
- Taylor, J.D. and Morton, B. (1996). The diets of predatory gastropods in the Cape D'Angular Marine Reserve, Hong Kong, *Asian Marine Biology*, **13**, 141 - 166
- Terlizzi, A., Geraci, S and Minganti, V. (1998). Tributyltin (TBT) pollution in the coastal waters of Italy as indicated by imposex in *Hexaplex trunculus* (Gastropoda, Muricidae). *Marine Pollution Bulletin*, **36**(9), 749 – 752
- Ten Hallers-Tjabbes, C.C. (1997). Tributyltin and policies for antifouling. *Environmental Technology*, **18**(12), 1265 - 1268
- Ten Hallers-Tjabbes, C.C., Kemp, J.F. & Boon, J.P. (1994). Imposex in whelks (*Buccinum undatum*) from the open North Sea: Relating to shipping traffic intensities. *Marine Pollution Bulletin*, **28**(5), 311 – 313
- Tester, M. & Ellis, D. (1995). TBT controls and the recovery of whelks from imposex. *Marine Pollution Bulletin*, **30**(1), 90 - 91

- Tester, M., Ellis, D. V., and Thompson, J. A. J. (1996). Neogastropod imposex for monitoring recovery from TBT contamination. *Environmental Toxicology and Chemistry*. **15**(4), 560-567.
- Thiele, J. (1992). *Handbook of Systematic Macology. Part 1 (Loricata: Gastropoda: Prosobranchia)*. Smithsonian Institution Libraries & The National Science Foundation, Washington D.C. 625 pp
- Tong, L.K.Y. (1986). The population dynamics and growth of *Thais clavigera* and *Morula masiva* (Gastropoda: Muricidae) in Hong Kong. *Asian Marine Biology*, **3**, 145 - 162
- Tong, L.K.Y. (1988). The reproductive biology of *Thais clavigera* and *Morula masiva* (Gastropoda: Muricidae) in Hong Kong. *Asian Marine Biology*, **5**, 65 - 75
- Tong, S.L., Pang, F.Y., Phang, S.M. and Lai, H.C. (1996). Tributyltin distribution in the coastal environment of Peninsular Malaysia. *Environmental Pollution*, **91**, 209 - 216
- Venkatesan, M.I., Chalaux N., Bayona, J.M. and Zeng, E. (1998). Butyltins in sediments from Santa Monica and San Pedro basins, California. *Environmental Pollution*, **99**, (263 – 269)
- Wade, T.L., Garcia-Romero, B. & Brohs, J.M. (1991). Oyster as biomonitor of butyltins in the Gulf of Mexico, *Marine Environmental Research*, **32**, 233 - 241
- Waldock, M.J. (1986). TBT in U.K. estuaries, 1982 – 1986. Evaluation of the environmental problems. Proceedings of the Conference Oceans 86 Vol. 4 Organotin Symposium, Washing DC, 23 – 25 September 1986.

- Waite, M.E., Waldock, M.J., Thain, J.E., Smith, D.J. & Milton, S.M. (1991).
Reduction in TBT concentration in the UK estuaries following legislation in
1986 and 1987. *Marine Environmental Research*, **32**, 89 - 111
- Waldock, M.J., Thain, J.E., Miller, D. (1983). *The accumulation and depuration of
bis tributyltin oxide in oysters: comparison between the Pacific oyster
Crassostrea gigas and the European flat oyster Ostrea edulis*. ICES CM;
E52:9
- Waldock, M.J., Waite, M.E. and Thain, J.E. (1987). Inputs of TBT to the marine
environment from shipping activity in the UK. *Environmental Technology
Letters*, **9**, 999 – 1010
- Walsh, G.E., McLaughlin, L.L., Lores, E.M., Louei, M.K., Deans, C.H. (1987).
Effects of organotins on growth and survival of two marine diatoms
Skeletonema costatum and *Thalassiosira pseudonana*. *Chemosphere*, **14**, 383
– 392
- Way, K. and Purchon, R.D. (1981). The marine shelled mollusca of West Malaysia
and Singapore. Part 2. Polyplacophora and Gastropoda. *Journal of
Molluscan Studies*, **47**, 313 – 321
- Wilson, S.P., Ahsanullah, M. & Thompson, G.B. (1993). Imposex in neogastropods
as indicators of tributyltin contamination in eastern Australia. *Marine
Pollution Bulletin*, **26**, 44 – 48
- Wong, T.M., Charles, J.K., Khoo, T.T. (1980). The mangrove invertebrate of the east
coast of Peninsular Malaysia. In: Chua, T.E. and Charles, J.K. (eds), *Coastal
Resources of East Coast Peninsular Malaysia*, Universiti Sains Malaysia,
Pulau Pinang. Pp. 58 - 94

- Yuan, D., Yang, D., Wade, T.L., Qian, Y. (2001). Status of persistent organic pollutants in the sediments from several estuaries in China. *Environmental Pollution*, **114**, 101 - 111
- Zainoddin, J. (1999). ASEAN marine water quality criteria for tributyltin (TBT). In. McPherson, C.A., Chapman, P.M., Vigers, G.A. and Ong, K.S. (eds). *ASEAN Marine Water Quality Criteria: Contextual Framework, Principles, Methodology and Criteria for 18 Parameters*. ASEAN Marine Environmental Quality Criteria – Working Group (AMEQC-WG), ASEAN- Canada Cooperative Programme on Marine Science – Phase II (CPMS-II). EVS Environment Consultants, North Vancouver and Department of Fisheries Malaysia. Pp XX1 –XX19
- Zar, J.H. (1974). *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall Inc. Englewood. N.J. 620p.