

AGIHAN BEBERAPA LOGAM BERAT DI PERSISIRAN PANTAI  
KEMAMAN, TERENGGANU

AHMAD SHAMSUDDIN BIN AHMAD

MASTER SAINS  
UNIVERSITI PERTANIAN MALAYSIA  
1996



C/N: 3141

C/N: ~~25277~~

PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI PERTANIAN MALAYSIA

tesis

GB 450 .M3 A3 1996



1000387618

Agihan beberapa logam berat di persisiran pantai Kemaman,  
Terengganu / Ahmad Shamsuddin Ahmad.

TERENGGANU



PERPUSTAKAAN SULTANAH NUR ZAHIRAH  
UNIVERSITI MALAYSIA TERENGGANU (UMT)  
21030 KUALA TERENGGANU


3141

Lihat sebelah

IKHLAS DARI:  
SUMING.

HAK MILIK  
PERPUSTAKAAN KUSTEM

**AGIHAN BEBERAPA LOGAM BERAT DI PERSISIRAN PANTAI  
KEMAMAN, TERENGGANU**

24 JUL 1996

1996

Universiti Malaysia  
Pertanian (UMPM)

**AHMAD SHAMSUDDIN BIN AHMAD**

Tesis yang Dipersembahkan bagi Memenuhi Syarat untuk Gelar Master Sains di  
Fakulti Pertanian dan Sains Semulajadi, Universiti Pertanian Malaysia

**MASTER SAINS**

**UNIVERSITI PERTANIAN MALAYSIA**

**1996**

GB  
450  
.M3  
A386

**1000387618**

**AGIHAN BEBERAPA LOGAM BERAT DI PERSISIRAN PANTAI  
KEMAMAN, TERENGGANU**

**24 JUL 1996**

**Oleh**

**AHMAD SHAMSUDDIN BIN AHMAD**

Tesis yang Dikemukakan bagi Memenuhi Syarat untuk Ijazah Master Sains di  
Fakulti Perikanan dan Sains Samudera, Unversiti Pertanian Malaysia.

**JUN, 1996**

0200003842

1000387818

## PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Alhamdulillah dan syukur ke hadirat Allah yang telah memberikan nikmat dan kelabihan serta kemudahan dan kelapangan hatinya kepada saya sehingga saya dapat menamatkan tesis ini. Terima kasih yang tidak terhingga kepada ayahanda dan bunda serta keluarga karena bimbingan dan dorongan, dapat juga saya menamatkan segala urusan dan urusan sepanjang perjalanan.

Dengan perhatian yang sama perhatian penuh, respon serbaguna-dinggi terima kasih ditujukan kepada Prof. Madya Dr. Hj. Noor Azhar b. Mohd. Saif, Dr. Hj. Lokman b. Hussin dan Dr. Hj. Mohd Kamil b. Abdur Razak di atas segala perancangan dan sumbangan dalam semua perkara.

## DEDIKASI

Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada semua kakitangan UNIPERTAMA III, Encik Saifuddin, Encik Johari, Encik Kassim, Encik Shahbudin, Encik Amara, dan individu-individu yang terlibat secara langsung atau tidak langsung kerana banyak membantu saya bagi menyiapkan tesis ini. Didoakan semoga Allah S.W.T. memberkati di atas segala yang telah dilakukan.

0200003842

## PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Alhamdulillah dan syukur ke hadrat Ilahi yang telah memberikan nikmat dan ketabahan serta ketenangan dan dengan keizinanNya jualah maka dapatlah saya menyiapkan tesis ini. Terima kasih yang tidak terhingga kepada ayahanda dan bonda serta keluarga kerana berkat doa dan rangsangan, dapat jua saya menempuh segala cabaran dan dugaan sepanjang pengajian.

Dengan perasaan yang amat terhutang budi, ucapan setinggi-tinggi terima kasih ditujukan kepada Prof. Madya Dr. Hj. Noor Azhar b. Mohd. Shazili, Dr. Hj. Lokman b. Husain dan Dr. Hj. Mohd Kamil b. Abdul Rashid di atas segala pertolongan dan sumbangan dalam semua perkara. Terima kasih atas segala-galanya. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada semua kakitangan UNIPERTAMA III, Encik Sulaiman, Encik Johari, Hj. Sukiman, Puan Kartini, Encik Mokhtar, Encik Hashim, Encik Ku Kassim, Encik Shahbudin, Encik Asmawi, rakan-rakan dan individu-individu yang terlibat secara langsung atau tidak langsung kerana banyak membantu saya bagi menyiapkan tesis ini. Didoakan semoga Allah S.W.T. memberkati di atas segala yang telah dilakukan.



## ISI KANDUNGAN

	MUKA SURAT
PENGHARGAAN.....	III
SENARAI JADUAL.....	XI
SENARAI RAJAH.....	XIX
SENARAI SINGKATAN.....	XXIX
ABSTRAK.....	XXX
ABSTRACT.....	XXXIII
<b>BAB</b>	
I. PENGENALAN.....	1
Objektif:Kajian.....	5
II. SOROTAN LITERATUR.....	6
Latar Belakang Pengkajian Logam Berat.....	6
Takrifan Logam Berat.....	7
Sumber-Sumber Logam Berat.....	8
Aliran Logam Berat Secara umum.....	11
Proses Geokimia Bagi Logam Berat.....	14
Penyerapan, Pelekatan dan Pergerakan Logam Berat.....	16
Logam Berat dalam Ekosistem Akuatik.....	18
Logam Berat Terlarut dan Partikulat.....	18
Logam Berat di dalam Enapan.....	20
Beberapa Faktor yang Mempengaruhi Kepekatan Logam Berat di dalam Air dan Organisma.....	27

	Suhu.....	27
	Musim.....	27
	Saliniti.....	29
	Corak Pemakanan.....	30
	Sifat-sifat Individu Logam Berat.....	30
	Aluminium.....	30
	Besi.....	31
	Kadmium.....	32
	Kobalt.....	33
	Kromium.....	34
	Kuprum.....	35
	Mangan.....	36
	Nikel.....	37
	Plumbum.....	37
	Zink.....	38
	Karbon Organik.....	39
		40
III.	METODOLOGI.....	42
	Latar Belakang Lokasi Kajian.....	42
	Stesen-stesen kajian.....	46
	Stesen di Kawasan Persisiran Pantai Teluk Kalong.....	46
	Stesen di Kawasan Pelabuhan Kemaman.....	46
	Stesen di Kawasan Muara Kuala Kemaman.....	46
	Kepentingan Lokasi Kajian.....	47
	Penyampelan.....	51
	Pengukuran Parameter Fizikal Air Laut.....	52
	Saliniti.....	52
	Suhu.....	52



Arah dan Halaju Arus.....	52
Penentuan Kandungan Logam Berat dalam Enapan.....	53
Penyampelan Enapan Dasar.....	53
Penyediaan Sampel Enapan Dasar.....	53
Pencernaan Secara Keseluruhan.....	54
Ujian Ketepatan Analisis.....	56
Penentuan Kandungan Logam Berat Melalui Proses Pemecahan Berturutan.....	57
Penormalan.....	59
Penentuan Faktor Pengkayaan.....	60
Penentuan Kandungan Logam Berat Terlarut dan Partikulat.....	63
Penyediaan Peralatan Penyampelan.....	63
Penyampelan air.....	65
Kerja-kerja di Makmal.....	66
Proses Pengasingan Bahan Terlarut dengan Partikulat.....	66
Pemekatan Logam Terlarut.....	67
Ujian Ketepatan.....	70
Penentuan Pengkosong (Blank).....	70
Analisis Logam Berat dalam Partikulat.....	72
Analisis Karbon .....	74
Penyediaan Sampel Enapan Dasar.....	74
Penentuan Jumlah Karbon dalam Enapan Dasar.....	75
Penentuan Jumlah Karbon Organik dalam Enapan Dasar.....	75
Analisis Enapan Dasar.....	75
Penganalisaan Enapan Kasar (Ayak Kering).....	75
Penganalisaan Enapan Halus (Keadah Pembiasan Laser).....	76
Analisis Statistik.....	77

IV. KEPUTUSAN.....	78
Saliniti.....	78
Persisiran Pantai Teluk Kalong.....	78
Pelabuhan Kemaman.....	79
Muara Kuala Kemaman.....	80
pH.....	81
Persisiran Pantai Teluk Kalong.....	81
Pelabuhan Kemaman.....	83
Muara Kuala Kemaman.....	84
Suhu.....	85
Persisiran Pantai Teluk Kalong.....	85
Muara Kuala Kemaman.....	86
Pergerakan Arus.....	87
Tekstur Enapan Dasar.....	89
Persisiran Pantai Teluk Kalong.....	89
Pelabuhan Kemaman.....	89
Muara Kuala Kemaman.....	89
Taburan Jumlah Karbon dan Karbon Organik dalam Enapan Dasar.....	91
Logam Berat.....	91
Logam dalam Enapan Dasar.....	91
Kandungan Logam Mengikut Fasa Pemecahan.....	93
Logam di dalam Partikulat.....	93
Logam Terlarut.....	98
Aluminium.....	100
Logam dalam Enapan .....	100
Penguraian Berterusan.....	103
Logam Partikulat.....	107
Logam Terlarut.....	113

Kadmium.....	116
Logam Berat dalam Enapan Dasar.....	116
Penguraian Berterusan.....	120
Logam Partikulat.....	124
Logam Terlarut.....	129
Kobalt.....	132
Logam dalam Enapan.....	132
Penguraian Berterusan.....	136
Logam Partikulat.....	140
Logam Terlarut.....	145
Kromium.....	148
Logam Berat dalam Enapan.....	148
Penguraian Berterusan.....	152
Logam Partikulat.....	156
Logam Terlarut.....	161
Kuprum.....	164
Logam dalam Enapan.....	164
Penguraian Berterusan.....	168
Logam Partikulat.....	172
Logam Terlarut.....	177
Besi.....	180
Logam dalam Enapan.....	180
Penguraian Berterusan.....	184
Logam Partikulat.....	188
Logam Terlarut.....	193
Mangan.....	197
Logam dalam Enapan.....	197
Penguraian Berterusan.....	201



Logam Partikulat.....	205
Logam Terlarut.....	210
Nikel.....	213
Logam dalam Enapan.....	213
Penguraian Berterusan.....	217
Logam Partikulat.....	221
Logam Terlarut.....	226
Plumbum.....	229
Logam dalam Enapan.....	229
Penguraian Berterusan.....	233
Logam Partikulat.....	237
Logam Terlarut.....	242
Zink.....	245
Logam dalam Enapan .....	245
Penguraian Berterusan.....	249
Logam Partikulat.....	253
Logam Terlarut.....	258
Perhubungan di Antara Logam Terlarut dengan Logam Partikulat.....	263
Persisiran Pantai Teluk Kalong.....	263
Muara Kuala Kemaman.....	268
Pelabuhan Kemaman.....	271
Penormalan.....	276
VI Faktor Pengkayaan.....	279
V. PERBINCANGAN.....	280
Kepekatan Logam Berat di dalam Enapan Dasar.....	280
Persisiran Pantai Teluk Kalong.....	283

Perhubungan di Antara Kepekatan Logam dalam Enapan Persisiran Pantai Teluk Kalong dengan Pelabuhan Kemaman.....	288
Perhubungan di Antara Kepekatan Logam dalam Enapan Dasar Persisiran Pantai Teluk Kalong dengan Muara Kuala Kemaman.....	289
Penguraian Berterusan.....	297
Aluminium.....	299
Kadmium.....	300
Kobalt.....	301
Kromium.....	303
Kuprum.....	304
Besi.....	306
Mangan.....	307
Nikel.....	308
Plumbum.....	308
Zink.....	310
Penormalan.....	311
Faktor Pengkayaan.....	312
Logam Terlarut dan Partikulat.....	313
Faktor yang Mempengaruhi Kepekatan Serta Taburan Logam Partikulat dan Terlarut.....	317
Perbezaan di Antara Nisbah Logam Terlarut dengan Logam Partikulat.....	330
<b>VI. KESIMPULAN.....</b>	<b>337</b>
<b>RUJUKAN.....</b>	<b>341</b>
<b>VITA.....</b>	<b>363</b>

## SENARAI JADUAL

Jadual		Mukasurat
1	Punca air di mukabumi dan peratusan jumlahnya (Sumber: Brown et al., 1989).....	2
2.	Profil air buangan daripada kilang pembuatan di Malaysia (Sumber: Maheswaran dan Singam, 1985).....	10
3.	Sumber pencemaran logam berat yang penting di kawasan industri Kuala Lumpur, Petaling Jaya dan Shah Alam (Sumber: Mohd Tusirin, 1988).....	11
4.	Mekanisma penghasilan dan substrat bagi logam berat di dalam beberapa jenis logam utama (Sumber: Forstner, 1984).....	22
5	Peratusan jumlah kepekatan bagi Si, Al, Ca dan S dalam enapan Saint-Marcel dan Pierreville.....	25
6.	Keputusan kajian Ouseph (1992) bagi kandungan logam terlarut dan partikulat dalam sungai Periyar.....	28
7.	Keputusan kajian Ouseph (1992) bagi kandungan logam terlarut dan partikulat dalam muara Cochin.....	29
8.	Kedudukan lokasi stesen-stesen kajian.....	50
9.	Nilai ujian ketepatan bagi enapan piawai NBS 1646 (enapan muara).....	56
10	Kepekatan logam dalam enapan dasar kawasan tengah laut China Selatan.....	62
11	Kepekatan logam dalam kerak bumi .....	62
12.	Nilai kepekatan logam terlarut yang diperolehi bagi sampel rujukan.....	71
13.	Nilai bacaan pengkosong (blank) logam terlarut.....	72
14	Nilai bacaan blank partikulat .....	74



15.	Purata saliniti (‰)±sisihan piawai dan julat saliniti mengikut kedalaman di sepanjang tempoh kajian di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	79
16	Nilai saliniti (‰) mengikut kedalaman di perairan pelabuhan Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	80
17	Purata saliniti (‰)±sisihan piawai dan julat saliniti mengikut kedalaman di sepanjang tempoh kajian di perairan muara Kuala Kemaman.....	81
18.	Nilai purata pH±sisihan piawai mengikut kedalaman bagi perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	82
19.	Nilai pH mengikut kedalaman di perairan pelabuhan Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	83
20.	Purata nilai pH mengikut kedalaman bagi perairan muara Kuala Kemaman semasa penyampelan kedua dan ketiga.....	84
21.	Bacaan purata suhu (°C) mengikut kedalaman bagi perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	85
22.	Bacaan suhu (°C) mengikut kedalaman di perairan pelabuhan Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	86
23.	Purata bacaan suhu (°C) mengikut kedalaman bagi perairan muara Kuala Kemaman semasa penyampelan kedua dan ketiga.....	87
24.	Purata jumlah karbon (%), karbon organik (%), peratusan pasir, peratusan liat dan kelodak, saiz (phi) dan tekstur enapan dasar bagi kawasan kajian.....	90
25.	Nilai purata logam berat dalam enapan dasar bagi kawasan persisiran pantai Teluk Kalong, muara Kuala Kemaman dan pelabuhan Kemaman.....	92
26.	Purata kepekatan logam berat dalam enapan dasar persisiran pantai Teluk Kalong mengikut fasa-fasa pemecahan (kepekatan logam dalam unit µg/g kecuali Al dan Fe dalam unit %). .....	95

27.	Purata kepekatan logam berat dalam enapan dasar pelabuhan Kemaman mengikut fasa-fasa pemecahan (kepekatan logam dalam unit $\mu\text{g/g}$ kecuali Al dan Fe dalam unit %)	96
28	Purata kepekatan logam partikulat pada lapisan permukaan bagi ketiga-tiga kawasan penyampelan	97
29.	Purata kepekatan logam terlarut pada lapisan permukaan bagi ketiga-tiga kawasan penyampelan	99
30.	Kepekatan logam aluminium mengikut fasa-fasa penguraian bagi setiap stesen di kawasan muara Kuala Kemaman	106
31.	Kepekatan logam Al partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan julat kepekatan mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian	110
32.	Purata kepekatan logam Al partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) diperairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian	111
33.	Kepekatan logam Al terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian	115
34.	Purata kepekatan logam Al terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian	116
35.	Kepekatan logam kadmium mengikut fasa-fasa penguraian bagi setiap stesen di kawasan muara Kuala Kemaman	123
36.	Kepekatan logam Cd partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian	126
37.	Purata kepekatan logam Cd partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) diperairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian	127
38.	Kepekatan logam Cd terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian	131

39.	Purata kepekatan logam Cd terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	132
40.	Kepekatan logam kobalt mengikut fasa-fasa penguraian bagi setiap stesen di kawasan muara Kuala Kemaman.....	139
41.	Kepekatan logam Co partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan julat kepekatan mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	142
42.	Purata kepekatan logam Co partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) diperairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	143
43.	Kepekatan logam Co terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	147
44.	Purata kepekatan logam Co terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	148
45.	Kepekatan logam kromium mengikut fasa-fasa penguraian bagi setiap stesen di kawasan muara Kuala Kemaman.....	155
46.	Kepekatan logam Cr partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan julat kepekatan mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	158
47.	Purata kepekatan logam Cr partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) diperairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	159
48.	Kepekatan logam Cr terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	163
49.	Purata kepekatan logam Cr terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	164



50.	Kepekatan logam kuprum mengikut fasa-fasa penguraian bagi setiap stesen di kawasan muara Kuala Kemaman.....	171
51.	Kepekatan logam Cu partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	174
52.	Purata kepekatan logam Cu partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) diperairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	175
53.	Kepekatan logam Cu terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	179
54.	Purata kepekatan logam Cu terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	180
55.	Kepekatan logam ferum mengikut fasa-fasa penguraian bagi setiap stesen di kawasan muara Kuala Kemaman.....	187
56.	Kepekatan logam Fe partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	190
57.	Purata kepekatan logam Fe partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) diperairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	191
58.	Kepekatan logam Fe terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	195
59.	Purata kepekatan logam Fe terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	196
60.	Kepekatan logam mangan mengikut fasa-fasa penguraian bagi setiap stesen di kawasan muara Kuala Kemaman.....	204

61.	Kepekatan logam Mn partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	207
62.	Purata kepekatan logam Mn partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) diperairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	208
63.	Kepekatan logam Mn terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	212
64.	Purata kepekatan logam Mn terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	213
65.	Kepekatan logam nikel mengikut fasa-fasa penguraian bagi setiap stesen di kawasan muara Kuala Kemaman.....	220
66.	Kepekatan logam Ni partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	223
67.	Purata kepekatan logam Ni partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	224
68.	Kepekatan logam Ni terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	228
69.	Purata kepekatan logam Ni terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	229
70.	Kepekatan logam plumbum mengikut fasa-fasa penguraian bagi setiap stesen di kawasan muara Kuala Kemaman.....	236
71.	Kepekatan logam Pb partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	239
72.	Purata kepekatan logam Pb partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	240

73.	Kepekatan logam Pb terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	244
74.	Purata kepekatan logam Pb terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	245
75.	Kepekatan logam zink mengikut fasa-fasa penguraian bagi setiap stesen di kawasan muara Kuala Kemaman.....	252
76.	Kepekatan logam Zn partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	255
77.	Purata kepekatan logam Zn partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	256
78.	Kepekatan logam Zn terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) mengikut kedalaman di perairan persisiran pantai Teluk Kalong disepanjang tempoh kajian.....	260
79.	Purata kepekatan logam Zn terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) $\pm$ sisihan piawai dan (julat kepekatan logam) di perairan muara Kuala Kemaman di sepanjang tempoh kajian.....	261
80.	Peratusan nilai logam terlarut dan partikulat di persisiran pantai Teluk Kalong.....	262
81.	Peratusan nilai logam terlarut dan partikulat di muara Kuala Kemaman.....	267
82.	Peratusan nilai logam terlarut dan partikulat di pelabuhan Kemaman.....	272
83.	Nilai faktor pengkayaan bagi enapan dasar kawasan kajian.....	279
84.	Perbandingan kepekatan logam dalam enapan dasar kawasan kajian dengan kepekatan logam dalam kerak bumi.....	281
85.	Kepekatan logam dalam enapan dasar di beberapa kawasan di Asia Tenggara.....	282



86.	Nilai pekali korelasi bagi perhubungan diantara kepekatan logam dalam enapan dasar dengan peratusan kkelodak dan liat bagi enapan dasar persisiran pantai Teluk Kalong (Nilai $p < 0.05$ ).....	286
87.	Beberapa industri yang boleh membebaskan logam berat ke persekitaran.....	298
88.	Kepekatan logam terlarut ( $\mu\text{g/l}$ ) di beberapa kawasan di dunia.....	314
89.	Perbandingan kepekatan logam terlarut dengan purata kepekatan logam terlarut di laut dan nilai INWQS.....	315
90.	Perbandingan kepekatan logam partikulat ( $\mu\text{g/l}$ ) dengan beberapa tempat lain di dunia.....	316
91.	Punca dan jumlah ( $10^9\text{g/tahun}$ ) logam berat yang masuk ke perairan laut (Sumber: Mackenzie et al. 1979).....	319
92.	Jumlah ( $\text{ng cm}^2/\text{tahun}$ ) kepekatan logam yang dipindahkan oleh atmosfera ke dalam perairan laut (Sumber: Clark, 1992).....	320
93.	Nilai purata kepekatan logam terlarut dan partikulat serta nisbah logam partikulat berbanding dengan jumlah keseluruhan di laut, laut lepas dan teluk (Sumber: Emelyanov dan Shimkus, 1986).....	332
94.	Faktor-faktor utama biogeokimia yang mempengaruhi logam berat dalam badan air di kawasan persisiran lagun. (Sumber: Santschi, 1988).....	335

## SENARAI RAJAH

Rajah		Mukasurat
1.	Corak aliran logam berat dalam persekitaran akuatik. (Sumber: Badri, 1988).....	12
2.	Kitaran logam berat dalam atmosfera (Sumber: Solomon dan Forstner, 1984).....	13
3.	Proses pengkayaan logam berat keatas permukaan hablur kaolinit (Sumber: Jenne, 1977).....	17
4.	Keputusan kajian yang dijalankan oleh Martin et al. (1987).....	26
5.	Taburan POC, DOC dan VOC di dalam persekitaran laut yang berbeza.....	40
6.	Kitaran bahan organik di dalam ekosistem laut. (Sumber: Wangersky, 1972).....	41
7.	Kedudukan kawasan kajian.....	44
8.	Pembahagian kawasan kajian berdasarkan aktiviti ekonomi dan penempatan.....	45
9.	Stesen-stesen kajian.....	49
10.	Peralatan yang digunakan untuk proses pemekatan logam terlarut.....	69
11.	Arah pergerakan arus di perairan persisiran pantai Teluk Kalong pada penyampelan pertama, kedua dan ketiga.....	88
12.	Taburan Al dalam enapan di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	101
13.	Perhubungan diantara kepekatan aluminium melawan jarak dari sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	102
14.	Perhubungan diantara kepekatan aluminium melawan jarak dari sungai Chukai menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	103

15 .	Peraturan kepekatan Al mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	104
16 .	Peraturan kepekatan Al mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan pelabuhan Kemaman.....	105
17 .	Peraturan kepekatan Al mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar muara Kuala Kemaman.....	107
18 .	Taburan kepekatan Al partikulat di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	109
19 .	Perhubungan logam Al partikulat di sungai Kemaman dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	112
20	Perhubungan logam Al partikulat di sungai Chukai dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	112
21 .	Taburan kepekatan Al terlarut di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	114
22 .	Taburan Cd dalam enapan di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	117
23 .	Perhubungan diantara kepekatan Cd melawan jarak dari sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	119
24 .	Perhubungan diantara kepekatan Cd melawan jarak dari sungai Chukai menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	119
25 .	Peraturan kepekatan Cd mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	120
26 .	Peraturan kepekatan Cd mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan pelabuhan Kemaman.....	121
27 .	Peraturan kepekatan Cd mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar muara Kuala Kemaman.....	122



28	Taburan kepekatan Cd partikulat di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	125
29	Perhubungan logam Cd partikulat di sungai Kemaman dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	128
30	Perhubungan logam Cd partikulat di sungai Chukai dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	128
31	Taburan kepekatan Cd terlarut di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	130
32	Taburan Co dalam enapan di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	133
33	Perhubungan diantara kepekatan Co melawan jarak dari sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	135
34	Perhubungan diantara kepekatan Co melawan jarak dari sungai Chukai menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	135
35	Peraturan kepekatan Co mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	136
36	Peraturan kepekatan Co mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan pelabuhan Kemaman.....	137
37	Peraturan kepekatan Co mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar muara Kuala Kemaman.....	138
38	Taburan kepekatan Co partikulat di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	141
39	Perhubungan logam Co partikulat di sungai Kemaman dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	144
40	Perhubungan logam Co partikulat di sungai Chukai dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	144

41 .	Taburan kepekatan Co terlarut di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	146
42 .	Taburan Cr dalam enapan di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	149
43 .	Perhubungan diantara kepekatan Cr melawan jarak dari sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	151
44 .	Perhubungan diantara kepekatan Cr melawan jarak dari sungai Chukai menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	151
45 .	Peratusan kepekatan Cr mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	152
46 .	Peratusan kepekatan Cr mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan pelabuhan Kemaman.....	153
47 .	Peratusan kepekatan Cr mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar muara Kuala Kemaman.....	154
48 .	Taburan kepekatan Cr partikulat di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	157
49 .	Perhubungan logam Cr partikulat di sungai Kemaman dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	160
50 .	Perhubungan logam Cr partikulat di sungai Chukai dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	160
51 .	Taburan kepekatan Cr terlarut di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	162
52 .	Taburan Cu dalam enapan di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	165
53 .	Perhubungan diantara kepekatan Cu melawan jarak dari sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	167

54 .	Perhubungan diantara kepekatan Cu melawan jarak dari sungai Chukai menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	167
55 .	Peratusan kepekatan Cu mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	168
56 .	Peratusan kepekatan Cu mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan pelabuhan Kemaman.....	169
57 .	Peratusan kepekatan Cu mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar muara Kuala Kemaman.....	170
58 .	Taburan kepekatan Cu partikulat di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	173
59 .	Perhubungan logam Cu partikulat di sungai Kemaman dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	176
60 .	Perhubungan logam Cu partikulat di sungai Chukai dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	176
61 .	Taburan kepekatan Cu terlarut di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	178
62 .	Taburan Fe dalam enapan di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	181
63.	Perhubungan diantara kepekatan Fe melawan jarak dari sungai Chukai menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	183
64 .	Perhubungan diantara kepekatan Fe melawan jarak dari sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	184
65 .	Peratusan kepekatan Fe mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	184
66 .	Peratusan kepekatan Fe mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan pelabuhan Kemaman.....	185



67 .	Peratusan kepekatan Fe mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar muara Kuala Kemaman.....	186
68 .	Taburan kepekatan Fe partikulat di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	189
69 .	Perhubungan logam Fe partikulat di sungai Kemaman dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	192
70 .	Perhubungan logam Fe partikulat di sungai Chukai dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	192
71 .	Taburan kepekatan Fe terlarut di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	194
72 .	Taburan Mn dalam enapan di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	198
73 .	Perhubungan diantara kepekatan Mn melawan jarak dari sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	200
74 .	Perhubungan diantara kepekatan Mn melawan jarak dari sungai Chukai menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	200
75 .	Peratusan kepekatan Mn mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	201
76 .	Peratusan kepekatan Mn mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan pelabuhan Kemaman .....	202
77 .	Peratusan kepekatan Mn mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar muara Kuala Kemaman.....	203
78 .	Taburan kepekatan Mn partikulat di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	206

79	. Perhubungan logam Mn partikulat di sungai Kemaman dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong. (a: Menunjukkan perhubungan logam Mn partikulat dari sungai Kemaman sehingga muara Kuala Kemaman. b: Menunjukkan perhubungan logam Mn partikulat dari muara Kuala Kemaman sehingga persisiran pantai Teluk Kalong).....	209
80	. Perhubungan logam Mn partikulat di sungai Chukai dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong .(a: Menunjukkan perhubungan logam Mn partikulat dari sungai Chukai sehingga muara Kuala Kemaman. b: Menunjukkan perhubungan logam Mn partikulat dari muara Kuala Kemaman sehingga persisiran pantai Teluk Kalong).....	209
81	. Taburan kepekatan Mn terlarut di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	211
82	. Taburan Ni dalam enapan di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	214
83	. Perhubungan diantara kepekatan Ni melawan jarak dari sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	216
84	. Perhubungan diantara kepekatan Ni melawan jarak dari sungai Chukai menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	217
85	. Peratusan kepekatan Ni mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	217
86	. Peratusan kepekatan Ni mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan pelabuhan Kemaman.....	218
87	. Peratusan kepekatan Ni mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar muara Kuala Kemaman.....	219
88	. Taburan kepekatan Ni partikulat di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	222
89	. Perhubungan logam Ni partikulat di sungai Kemaman dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	225

90 .	Perhubungan logam Ni partikulat di sungai Chukai dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	225
91 .	Taburan kepekatan Ni terlarut di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	227
92 .	Taburan Pb dalam enapan di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	230
93 .	Perhubungan diantara kepekatan Pb melawan jarak dari sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	232
94 .	Perhubungan diantara kepekatan Pb melawan jarak dari sungai Chukai menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	232
95 .	Peratusan kepekatan Pb mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	233
96 .	Peratusan kepekatan Pb mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan pelabuhan Kemaman.....	234
97 .	Peratusan kepekatan Pb mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar muara Kuala Kemaman.....	235
98 .	Taburan kepekatan Pb partikulat di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	238
99 .	Perhubungan logam Pb partikulat di sungai Kemaman dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	241
100 .	Perhubungan logam Pb partikulat di sungai Chukai dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	241
101 .	Taburan kepekatan Pb terlarut di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	243
102 .	Taburan Zn dalam enapan di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	246



103 .	Perhubungan diantara kepekatan Zn melawan jarak dari sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	248
104 .	Perhubungan diantara kepekatan Zn melawan jarak dari sungai Chukai menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	248
105 .	Peratusan kepekatan Zn mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	249
106 .	Peratusan kepekatan Zn mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar kawasan pelabuhan Kemaman.....	250
107 .	Peratusan kepekatan Zn mengikut fasa-fasa penguraian bagi enapan dasar muara Kuala Kemaman.....	251
108 .	Taburan kepekatan Zn partikulat di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	254
109 .	Perhubungan logam Zn partikulat di sungai Kemaman dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	257
110 .	Perhubungan logam Zn partikulat di sungai Chukai dengan jarak menghala ke persisiran pantai Teluk Kalong.....	257
111 .	Taburan kepekatan Zn terlarut di perairan persisiran pantai Teluk Kalong.....	259
112	Persamaan korelasi di antara Cu dan Cr dengan Al dalam enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	277
113	Persamaan korelasi di antara Fe, Ni dan Zn dengan Al dalam enapan dasar kawasan persisiran pantai Teluk Kalong.....	278
114	Kadar penurunan kepekatan logam dan peratusan liat dan kelodak dalam enapan di sungai Chukai menghala ke persisiran pantai.....	293
115	Kadar penurunan kepekatan logam dan peratusan liat dan kelodak dalam enapan di sungai Chukai menghala ke persisiran pantai.....	294

116	Kadar penurunan kepekatan logam dan peratusan liat dan kelodak dalam enapan di sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai.....	295
117	Kadar penurunan kepekatan logam dan peratusan liat dan kelodak dalam enapan di sungai Kemaman menghala ke persisiran pantai.....	296
118	Arah pergerakan arus dan taburan logam Al partikulat di persisiran pantai Teluk Kalong.....	325
119	Arah pergerakan arus dan taburan logam Cu partikulat di persisiran pantai Teluk Kalong.....	326
120	Arah pergerakan arus dan taburan logam Zn partikulat di persisiran pantai Teluk Kalong.....	327
121	Proses yang terlibat dalam proses pertukaran logam terlarut dengan partikulat dalam sistem akuatik (1) pemekatan/pencairan, (2) penjerapan/penyahjerapan, (3) pengambilan dan pengeluaran bilogi.....	334
122.	Pergabungan logam dengan kompaun dalam julat saiz yang berbeza.....	336

## SENARAI SINGKATAN

AAS	Spektrofotometri Serapan Atom
Al	Aluminium
Cd	Kadmium
Co	Kobalt
Cr	Kromium
Cu	Kuprum
Fe	Besi
GFAAS	Spektrofotometer Serapan Atom Relau Grafit
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Pb	Plumbum
Zn	Zink
$\mu\text{g/l}$	Mikro-gram per liter
$\mu\text{g/ml}$	Mikro-gram per mililiter
$\mu\text{g/g}$	Mikro-gram per gram
CHNS	Penganalisis Karbon, Hidrogen, Nitrogen dan sulfur
Plb.	Pelabuhan

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Pertanian Malaysia bagi memenuhi syarat keperluan untuk Ijazah Master Sains.

**AGIHAN BEBERAPA LOGAM BERAT DI PERSISIRAN PANTAI KEMAMAN,  
TERENGGANU**

Oleh

**AHMAD SHAMSUDDIN BIN AHMAD**

**JUN, 1996**

Pengerusi : Prof. Madya. Noor Azhar bin Mohd Shazili, Ph.D

Fakulti : Perikanan dan Sains Samudera.

Kajian penentuan taburan, agihan, kepekatan dan tahap pencemaran logam berat telah dijalankan di perairan persisiran pantai Teluk Kalong, pelabuhan Kemaman dan muara Kuala Kemaman. Penentuan kepekatan logam berat yang dijalankan telah melibatkan logam terlarut, logam partikulat dan logam dalam enapan dasar. Di samping itu juga penentuan kandungan jumlah karbon, organik karbon dan saiz enapan juga telah dijalankan. Aktiviti penyampelan telah dijalankan pada bulan Mei, 1993, September, 1993 dan Jun, 1994.