KAJIAN GEOKIMIA LOGAM BERAT DAN PENILAIAN KUALITI SEDIMEN MARIN DAN TANAH SEKITAR TELUK MARUDU, SABAH MALAYSIA.

DG AZEMAH BINTI AG MAMUN

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

TESIS INI DISERAHKAN UNTUK MEMENUHI KEPERLUAN PENGIJAZAHAN IJAZAH SARJANA SAINS

FAKULTI SAINS DAN SUMBER ALAM
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

2019

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

JUDUL: **KAJIAN GEOKIMIA LOGAM BERAT DAN PENILAIAN KUALITI SEDIMEN MARIN DAN TANAH SEKITAR TELUK MARUDU, SABAH, MALAYSIA**

IJAZAH: **SARJANA SAINS (GEOLOGI)**

Saya **DG AZEMAH BINTI AG MAMUN**, Sesi **2015-2019**, mengaku membenarkan tesis Sarjana ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis ini adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (/):

[ ]	SULIT	(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA 1972)
[ ]	TERHAD	(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)
[✓]	TIDAK TERHAD	

PERPUSTAKAAN UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Disahkan Oleh,

NORAZLYNNE MOHD. JOHAN @ JACKLYNE
PUSTAKAWAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

(Tandatangan Pustakawan)

DG AZEMAH BINTI AG MAMUN
MS1521035T

Tarikh : 18 September 2019

(Prof. Dr. Baba Musta)
Penyelia Utama

(Dr. Rahman Yaccup)
Penyelia Bersama

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN

Karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan, ringkasan dan rujukan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

12 September 2019

Dg Azemah binti Ag Mamun
MS1521035T

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGESAHAN

NAMA	**:DG. AZEMAH BINTI AG MAMUN**
NO MATRIK	**:MS1521035T**
TAJUK	**:KAJIAN GEOKIMIA LOGAM BERAT DAN PENILAIAN KUALITI SEDIMEN MARIN DAN TANAH SEKITAR TELUK MARUDU, SABAH, MALAYSIA.**
IJAZAH	**:SARJANA SAINS (GEOLOGI)**
TARIKH VIVA	**:27 JUN 2019**

DISAHKAN OLEH;

Tandatangan

1. PENYELIA UTAMA

Prof. Dr. Baba Musta

2. PENYELIA BERSAMA

Dr. Rahman Yaccup

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang Maha Pemurah dan Maha Mengasihani.

Alhamdulillah dengan izin-Nya, perjuangan mendapatkan Ijazah Sarjana Sains dalam Geologi ini telah sampai ke penghujungnya. Kajian bertajuk "Kajian Geokimia Logam Berat dan Penilaian Kualiti Sedimen Marin dan Tanah sekitar Teluk Marudu, Sabah, Malaysia" telah selesai selepas hampir 4 tahun lalu dimulakan. Dan saya bersyukur akan segala yang telah berlaku dalam tempoh masa ini.

Semuanya tidak akan dapat saya capai sendirian tanpa sokongan kedua ibubapa dan keluarga yang memahami, banyak membantu dalam pelbagai bentuk dan juga sentiasa memberikan galakan kepada saya sewaktu susah dan senang. Saya berharap pencapaian saya ini membawa kebanggaan walau sekelumit kepada bapa saya yang merupakan tulang belakang saya selama ini.

Saya berterima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia, Prof. Dr. Baba Musta dan Dr. Rahman Yaccup yang sudi menerima saya di bawah seliaan mereka serta memberikan tunjuk ajar, nasihat dan teguran sehingga saya berjaya melengkapkan kajian ini. Selain itu, kepada tenaga pengajar tidak kira bidang Geologi ataupun bukan dan kepada pihak pemeriksa, saya bersyukur dan berterima kasih kerana diberi kesempatan untuk menerima ilmu dari mereka. Hanya Allah SWT yang mampu membalas kebaikan dan jasa mereka semua.

Sekalung penghargaan juga saya dedikasikan kepada staf-staf makmal, warga pentadbiran FSSA, bahagian Pasca UMS, warga UMS seluruhnya dan mereka yang terlibat yang telah membantu dan memudahkan urusan saya tidak kira waktu dan tempat, secara langsung ataupun tidak. Penghargaan khas juga diberikan kepada Agensi Nuklear Malaysia, yang membiayai dana projek ini serta memberikan kelengkapan makmal, sumbangan tenaga dan masa serta tunjuk ajar dalam tempoh kajian. Saya bersyukur dan berterima kasih dengan segala kebaikan yang telah diberikan.

Selain itu, kepada rakan-rakan seperjuangan, terima kasih untuk segala perkongsian, galakan, teguran juga sumbangan masa dan tenaga sepanjang tempoh ini. Saya mendoakan yang terbaik untuk kesemuanya dalam mencapai impian masing-masing. Tidak lupa kepada insan teristimewa yang sentiasa disisi dan memberikan semangat dalam jatuh bangun saya. Yang sudi menjadi pendengar yang baik serta menjadikan saya manusia yang lebih baik. Hanya Allah SWT mampu membalas segalanya.

Terima kasih.

Dg. Azemah binti Ag. Mamun
12 September 2019

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

ABSTRAK

Kawasan kajian terletak di sekitar Kudat iaitu Sg. Karang dan Kg. Tampakan bagi persampelan sedimen marin serta beberapa lokaliti lain di sekitar daerah ini bagi pengambilan sampel tanah. Objektif kajian ialah menentukan geokimia 9 jenis unsur logam berat (V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As dan Pb) dan kualiti sedimen marin dan tanah di kawasan tersebut. Sebanyak 8 sampel tanah dan 120 sampel sedimen marin dari 8 lokaliti darat serta 20 stesen teras sedimen telah dipilih dalam kajian ini. Penilaian kualiti sedimen marin dan tanah melibatkan perbandingan nilai piawaian, Indeks Geoakumulasi (I_{geo}), Faktor Pengkayaan (EF), Faktor Kontaminasi (C_f) dan Indeks Beban Pencemaran (PLI). Hasil analisis sampel Sg. Karang (SK) menunjukkan purata pH 5.80 - 7.30, peratusan bahan organik 1.80% - 9.66% serta pengelasan tekstur tanah pasir berlom, lom berpasir dan lom lempung berpasir. Unsur logam V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As dan Pb masing-masing mempunyai purata tertinggi mencecah 2.73 bpsj, 3.35 bpsj, 11.76 bpsj, 0.37 bpsj, 2.22 bpsj, 2.76 bpsj, 3.77 bpsj, 1.78 bpsj dan 1.43 bpsj. Analisis mineralogi menunjukkan kehadiran mineral lempung monmorilonit dalam sedimen kawasan ini. Sampel Pantai Kg. Tampakan (KT) mempunyai nilai purata pH 8.00 - 8.36, bahan organik 2.00% - 2.37% dan tekstur sedimen pasir, pasir berlom serta lom berpasir. Manakala logam berat V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As dan Pb masing-masing menunjukkan purata tertinggi 3.05 bpsj, 8.64 bpsj, 68.83 bpsj, 0.55 bpsj, 5.56 bpsj, 2.03 bpsj, 5.69 bpsj, 0.71 bpsj dan 4.46 bpsj. Besi oksida magnetit dan kromit telah ditemui dalam analisis mineralogi sampel sedimen ini. Analisis geokimia dan penilaian kualiti terhadap sampel kawalan iaitu sampel tanah sekitaran menunjukkan pencemaran berbeza peringkat bagi logam Mn, Pb, Ni dan As dalam sampel tanah batuan ofiolit dan melanj disebabkan sumber litogenik dan antropogenik. Perbandingan pencirian geokimia, mineralogi dan taburan logam berat menunjukkan SK dan KT dipengaruhi oleh persekitaran dan jenis batuan induk berhampiran. Berdasarkan analisis penilaian kualiti, sumber litogenik tidak membawa pencemaran logam berat terhadap sedimen marin di kawasan Teluk Marudu, Kudat, Sabah. Namun, unsur-unsur ini boleh memberikan ancaman pencemaran dalam masa jangka panjang terhadap ekosistem jika tidak diberikan perhatian sewajarnya.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

ABSTRACT

GEOCHEMISTRY OF HEAVY METALS AND SEDIMENT QUALITY ASSESSMENT OF MARINE SEDIMENT AND SOIL AROUND TELUK MARUDU, SABAH, MALAYSIA.

The study area is located around Kudat which are Sg. Karang and Kg Tampakan for marine sediment sampling and several other localities around the district for the soil sampling. The main objectives in this study is to investigate the geochemistry of 9 selected heavy metals (V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As and Pb) as well as the sediment quality on the area. A total of 8 soil samples and 120 marine sediment samples from 8 localities and 20 sediment core stations were chosen in this research. The sediment quality assessment involves a number of methods and indexes including Sediment Quality Guidelines, Geoaccumulation Index, Enrichment Factor, Contamination Factor and Pollution Load Index. The analysis on SK shows pH average of 5.80 – 6.30, organic matter percentage 1.80% - 9.66% and soil texture classification of loamy sand, sandy loam and sandy clay loam. Meanwhile heavy metals V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As and Pb have average values of 2.73 ppm, 3.35 ppm, 11.76 ppm, 0.37 ppm, 2.22 ppm, 2.76 ppm and 3.77 ppm repectively. Mineralogy analysis shows the presence of montmorilonite in the samples from this area. For samples at Pantai Kg. Tampakan, the average pH values are 8.00 – 8.36, organic matter percentage 2.00% - 2.37% and sand, loamy sand as well as sandy loam soil texture. The metals V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As and Pb shows average concentration of 3.05 ppm, 8.64 ppm, 68.83 ppm, 0.55 ppm, 5.56 ppm, 2.03 ppm, 5.69 ppm, 0.71 ppm and 4.46 ppm respectively. Other than that, mineralogy analysis indicated the presence of magnetite and chromite. Geochemical analysis and quality assessment towards the control samples or the soil samples shows different stages of metal Mn, Pb, Ni and As pollution in ophiolite and mélange samples due to lithogenic and anthropogenic sources. Comparison between geochemical characteristic, mineralogy and heavy metal distribution of SK and KT proves that the samples were influenced by the nearby parent rock. The sediment quality assessment also shows that lithogenic source does not cause any heavy metal pollution on the study area. However, continuous monitoring must be conducted to avoid long term pollution towards the ecosystem in Teluk Marudu, Sabah.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

ISI KANDUNGAN

		Halaman
TAJUK		i
PENGAKUAN		ii
PENGESAHAN		iii
PENGHARGAAN		iv
ABSTRAK		v
ABSTRACT		vi
ISI KANDUNGAN		vii
SENARAI JADUAL		xi
SENARAI RAJAH		xiii
SENARAI FOTO		xv
SENARAI LAMPIRAN		xvii
BAB 1:	**PENDAHULUAN**	1
1.1	Pengenalan	1
1.2	Penyataan Masalah	2
1.3	Objektif	2
1.4	Kepentingan Kajian	3
1.5	Kawasan Kajian	3
1.6	Sistem Saliran	3
1.7	Topografi	5
1.8	Sistem Perhubungan	8

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BAB 2: SOROTAN KAJIAN TERDAHULU 11

2.1 Pengenalan 11

2.2 Kedudukan Tektonik 11

2.3 Stratigrafi Kawasan Kudat 12

2.3.1 Batuan Jujukan Ofiolit dan Formasi Chert-Spilit 13

2.3.2 Formasi Kudat 14

2.3.3 Melanj 16

2.3.4 Endapan Aluvium 16

2.4 Kajian Geokimia 17

2.4.1 Proses Geokimia dan Luluh hawa 17

2.4.2 Logam Berat dalam Sedimen Marin dan Penilaian Kualiti Sedimen 18

2.4.3 Logam Berat dan Penilaian Kualiti Sedimen Marin di Perairan Sabah 20

BAB 3: METODOLOGI 22

3.1 Pengenalan 22

3.2 Kajian Awal 22

3.3 Kajian Lapangan dan Persampelan 23

3.3.1 Sampel Darat (Batuan dan Tanah) 23

3.3.2 Teras Sedimen Marin 24

a) Persampelan di Lapangan 27

b) Persampelan di Makmal 31

3.4 Kajian Makmal 31

3.4.1 Analisis pH Tanah 32

3.4.2 Analisis Peratusan Kandungan Kelembapan Tanah (ω%) 33

3.4.3 Analisis Peratusan Kandungan Bahan Organik (BOT%) 34

3.4.4 Analisis Taburan Saiz Butiran (PSD) 34

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

	3.4.5	Analisis Kepekatan Logam Berat menggunakan *Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer* (ICP – OES)	37
	3.4.6	Analisis Pembelauan Sinar-X Tanah (XRD)	38
	3.4.7	Analisis keratan nipis batuan	39
3.5	Analisis dan Interpretasi Data		41
3.6	Penulisan Disertasi		41
BAB 4:	**HASIL KAJIAN**		42
4.1	Pengenalan		42
4.2	Kajian Fiziko-Kimia		42
	4.2.1	Analisis pH Tanah	42
	4.2.2	Analisis Peratusan Kandungan Kelembapan Tanah	46
	4.2.3	Analisis Peratusan Kandungan Bahan Organik	46
	4.2.4	Analisis Taburan Saiz Butiran	51
4.3	Kajian Mineralogi		55
	4.3.1	Analisis Petrografi Batuan	55
	4.3.2	Analisis XRD (Pembelauan Sinar-X Sedimen)	56
4.4	Kajian Kepekatan Logam Berat		59
	4.4.1	Analisis ICP-OES (*Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer*)	62
BAB 5:	**PERBINCANGAN**		71
5.1	Pengenalan		71
5.2	Geokimia Logam Berat		71
	5.2.1	Analisis Fiziko-Kimia, Mineralogi dan Taburan Logam Berat Sedimen Marin	71
	5.2.2	Korelasi Ciri Fiziko Kimia dan Taburan Logam Berat Sedimen	74

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

5.3	Penilaian Kualiti Sedimen		77
	5.3.1	Garis Panduan Kualiti Sedimen	77
	5.3.2	Indeks Geoakumulasi (I_{geo})	79
	5.3.3	Faktor Pengkayaan (EF)	81
	5.3.4	Faktor Pencemaran (C_f)	84
	5.3.5	Indeks Beban Pencemaran (PLI)	86
5.4	Penilaian Kualiti Sampel Tanah		87
	5.4.1	Garis Panduan Kualiti Tanah	88
	5.4.2	Indeks Geoakumulasi (I_{geo})	90
	5.4.3	Faktor Pengkayaan (EF)	90
	5.4.4	Faktor Pencemaran (C_f)	91
	5.4.5	Indeks Beban Pencemaran (PLI)	92
5.5	Pengaruh Luluh hawa Batuan Terhadap Taburan Logam Berat dalam Sedimen Marin		93
BAB 6:	**KESIMPULAN DAN CADANGAN**		96
6.1	Kesimpulan		96
6.2	Cadangan		98
RUJUKAN			99
LAMPIRAN			109

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI JADUAL

		Halaman
Jadual 3.1:	Jenis sampel dan koordinat bagi persampelan di darat.	25
Jadual 3.2:	Koordinat bagi stesen persampelan teras sedimen di Sg. Karang (SK).	29
Jadual 3.3:	Koordinat bagi stesen persampelan teras sedimen di Pantai Kg. Tampakan (KT).	30
Jadual 3.4:	Pengelasan Udden – Wentworth (Pettijohn *et. al,* 1975).	36
Jadual 4.1:	Pengelasan pH tanah, USDA *National Conservation Service* (1998).	43
Jadual 4.2:	Nilai pH tanah bagi teras sedimen Sungai Karang (SK).	44
Jadual 4.3:	Nilai pH tanah bagi teras sedimen Pantai Kg. Tampakan (KT).	45
Jadual 4.4:	Pengelasan kandungan bahan organik pengikut Acres *et al.* (1975).	47
Jadual 4.5:	Nilai peratusan kandungan bahan organik bagi teras sedimen Sg. Karang (SK).	49
Jadual 4.6:	Nilai peratusan kandungan bahan organik bagi teras sedimen Pantai Kg. Tampakan (KT).	50
Jadual 4.7:	Pengelasan tekstur butiran bagi sampel tanah.	52
Jadual 4.8:	Purata kepekatan logam berat dalam setiap sampel tanah.	63
Jadual 4.9:	Julat dan purata kepekatan logam berat bagi setiap stesen di Sungai Karang (SK).	65
Jadual 4.10:	Julat dan purata kepekatan logam berat bagi setiap stesen di Pantai Kg. Tampakan (KT).	68
Jadual 5.1:	Pengelasan kekuatan korelasi, *r* (Evans, 1996).	74
Jadual 5.2(a):	Korelasi Spearman bagi lokaliti SK.	76
Jadual 5.2(b):	Korelasi Spearman bagi lokaliti KT.	76
Jadual 5.3:	Perbandingan nilai piawaian ANZECC/ARMCANZ (2000)	78

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

dengan purata kepekatan logam berat bagi setiap teras sedimen marin.

Jadual 5.4: Pengelasan nilai Indeks Geoakumulasi Müller (1969). 79

Jadual 5.5(a): Nilai Indeks Geoakumulasi bagi teras sedimen Sg. Karang (SK). 80

Jadual 5.5(b): Nilai Indeks Geoakumulasi bagi teras sedimen Pantai Kg. Tampakan (KT). 80

Jadual 5.6: Pengelasan nilai Faktor Pengkayaan. 81

Jadual 5.7(a): Nilai Faktor Pengkayaan bagi teras sedimen Sg. Karang (SK). 83

Jadual 5.7(b): Nilai Faktor Pengkayaan bagi teras sedimen Pantai Kg. Tampakan (KT). 83

Jadual 5.8: Pengelasan nilai Faktor Pencemaran (Hakanson, 1979). 84

Jadual 5.9(a): Nilai Faktor Pencemaran bagi teras sedimen Sg. Karang (SK). 85

Jadual 5.9(b): Nilai Faktor Pencemaran bagi teras sedimen Pantai Kg. Tampakan (KT). 85

Jadual 5.10: Pengelasan Indeks Pencemaran. 86

Jadual 5.11: Nilai Indeks Beban Pencemaran teras sedimen SK dan KT. 87

Jadual 5.12: Perbandingan kepekatan sampel tanah dengan nilai piawaian kualiti tanah. 89

Jadual 5.13: Nilai Indeks Geoakumulasi bagi sampel tanah. 90

Jadual 5.14: Nilai Faktor Pengkayaan bagi sampel tanah. 91

Jadual 5.15: Nilai Faktor Kontaminasi bagi sampel tanah. 92

Jadual 5.16: Nilai Indeks Beban Pencemaran bagi sampel tanah. 92

Jadual 5.17: Perbandingan penilaian kualiti tanah dan sedimen marin. 93

Jadual 6.1: Pencirian geokimia bagi sampel sedimen marin SK dan KT. 96

Jadual 6.2: Pencirian geokimia bagi sampel tanah. 97

Jadual 6.3: Perbandingan kualiti antara sedimen marin SK dan KT dengan sampel tanah. 97

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI RAJAH

		Halaman
Rajah 1.1:	Peta Sabah dan kedudukan kawasan kajian.	4
Rajah 1.2:	Peta dasar kawasan kajian.	5
Rajah 1.3:	Peta saliran dan contoh pola sungai di kawasan kajian.	6
Rajah 1.4:	Peta topografi kawasan kajian.	7
Rajah 1.5:	Peta jalan kawasan kajian.	10
Rajah 2.1:	Stratigrafi Semenanjung Kudat (Sanudin dan Baba, 2007).	12
Rajah 2.2:	Peta geologi kawasan kajian.	13
Rajah 3.1:	Metodologi kajian.	22
Rajah 3.2:	Carta alir kajian lapangan dan persampelan.	23
Rajah 3.3:	Peta geologi Kudat dan kawasan persampelan.	24
Rajah 3.4:	Stesen persampelan bagi kawasan Sg. Karang (SK).	29
Rajah 3.5:	Stesen persampelan bagi kawasan Pantai Kg. Tampakan (KT).	30
Rajah 3.6:	Segi tiga pengelasan tanah USDA (1975).	37
Rajah 4.1:	Graf purata pH tanah bagi sampel tanah.	43
Rajah 4.2:	Graf pH tanah sampel teras sedimen Sungai Karang (SK) melawan kedalaman teras.	45
Rajah 4.3:	Graf pH tanah sampel teras sedimen Pantai Kg. Tampakan (KT) melawan kedalaman teras.	46
Rajah 4.4:	Graf peratusan kandungan kelembapan bagi sampel tanah.	47
Rajah 4.5:	Graf peratusan kandungan bahan organik bagi sampel tanah.	48
Rajah 4.6:	Graf peratusan kandungan bahan organik melawan kedalaman teras Sg. Karang (SK).	49

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Rajah 4.7:	Graf peratusan kandungan bahan organik melawan kedalaman teras Pantai Kg. Tampakan (KT).	50
Rajah 4.8:	Segitiga pengelasan tekstur butiran sampel tanah.	51
Rajah 4.9:	Segitiga pengelasan tekstur sedimen sampel Sg. Karang (SK).	53
Rajah 4.10:	Segi tiga pengelasan tekstur tanah sedimen Pantai Kg. Tampakan (KT).	54
Rajah 4.11:	XRD bagi sampel Sg. Karang (SK).	60
Rajah 4.12:	XRD bagi sampel Pantai Kg. Tampakan (KT).	61
Rajah 4.13:	Graf kepekatan unsur logam berat melawan jenis unsur bagi sampel tanah.	62
Rajah 4.14:	Graf kepekatan logam berat melawan kedalaman teras bagi setiap stesen di Sungai Karang (SK).	67
Rajah 4.15:	Graf kepekatan logam berat melawan kedalaman teras bagi setiap stesen di Pantai Kg. Tampakan (KT).	70

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI FOTO

		Halaman
Foto 1.1:	Kawasan Sg. Karang (SK) yang menghala ke Teluk Marudu.	6
Foto 1.2:	Pemandangan topografi sekitar kawasan kajian.	7
Foto 1.3:	Antara tanah landai yang menjadi kawasan penanaman padi di Kg. Dampirit.	8
Foto 1.4:	Hotel Dreamland Beach Holiday yang dibina di kawasan Pantai Kg. Tampakan (KT).	8
Foto 1.5:	Jalan raya yang terdapat sekitar Pekan Kudat.	9
Foto 1.6:	Keadaan jalan raya tidak berturap menuju ke Kg. Tampakan.	9
Foto 2.1:	Lensa batu kapur pada batuan pasir yang ditemui di Jalan Tai Cheong, Kudat.	15
Foto 2.2:	Singkapan selang lapis batu lumpur dan batu pasir di Kg. Sumandakon.	15
Foto 2.3:	Endapan di persisiran Pantai Kg. Tampakan.	17
Foto 3.1:	Singkapan Formasi Kudat di Kg. Sg. Karang.	25
Foto 3.2:	Sampel batu pasir dari Kg. Ayer.	26
Foto 3.3:	Batuan ultramafik ofiolit yang tersingkap di sekitar Kg. Tampakan.	26
Foto 3.4:	Paip PVC yang digunakan untuk mengambil teras sedimen.	27
Foto 3.5:	*Sediment core sampler.*	27
Foto 3.6:	Persampelan sedimen marin di lapangan.	28
Foto 3.7:	Hujung paip yang ditutup menggunakan gabus.	31
Foto 3.8:	Proses pengukuran dan pemotongan teras sedimen.	32
Foto 3.9:	Persampelan di makmal.	32
Foto 3.10:	Alat pH meter model Mettler Toledo.	33

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Foto 3.11:	Relau yang digunakan bagi analisis kandungan bahan organik tanah.	35
Foto 3.12:	Mesin ICP-OES model Perkin Elmer Optima 5300 DV.	38
Foto 3.13:	Mesin Philips X'Pert Pro.	39
Foto 3.14:	Mikroskop Carl Zeiss Axiolab yang digunakan untuk analisis.	40
Foto 4.1:	Keratan nipis batu pasir Formasi Kudat (Ahli Tajau) di bawah nikol bersilang (XPL) (5x pembesaran kanta objektif).	57
Foto 4.2:	Keratan nipis batu pasir Formasi Kudat (Ahli Tajau) di bawah nikol sejajar (PPL) (5x pembesaran kanta objektif).	57
Foto 4.3:	Keratan nipis batuan ofiolit di bawah nikol bersilang (XPL) (10x pembesaran kanta objektif).	58
Foto 4.4:	Keratan nipis batuan ofiolit di bawah nikol sejajar (PPL) (10x pembesaran kanta objektif).	58

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SENARAI LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1:	Profil teras sedimen marin SK	109
Lampiran 2:	Profil teras sedimen marin KT	112
Lampiran 3:	Jadual berkala unsur	116
Lampiran 4:	Graf piawaian ICP-OES.	117
Lampiran 5:	Analisis makmal.	118
Lampiran 6:	Analisis statistik.	149

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Logam berat merupakan salah satu komposisi umum dalam mineral pembentuk batuan dan juga dalam tanah selain humus, organisma, air dan udara. Duffus (2002) menjelaskan bahawa definisi bagi "logam berat" merupakan suatu isu yang telah lama dipertikaikan disebabkan penggunaan istilah mengikut pengelasan yang pelbagai oleh penulis-penulis terdahulu seperti mengikut ketumpatan, berat atom, nombor atom, sifat kimia dan ketoksikan logam. Namun secara umumnya, ia merupakan bahan pencemar yang mengundang bahaya kepada alam sekitar dan hidupan kerana sifatnya yang bertoksik, kebolehtetapan yang tinggi dalam suatu sekitaran, mampu terbioakumulasi dan tidak terbiodegradasi (Edokpayi *et al.*, 2016; Yu *et al.*, 2016).

Kehadiran logam berat dalam tanah boleh berpunca dari beberapa sumber seperti batuan induk sekitaran yang tersingkap dan telah melalui proses luluh hawa yang menyebabkan perubahan dan hakisan (Moor *et al.*, 2001). Bahan-bahan ini kemudiannya melalui proses pengangkutan serta pengendapan. Hal ini seterusnya berkait rapat dengan kehadiran logam berat di persekitaran marin yang berperanan sebagai sinki semula jadi bagi pengumpulan bahan hakisan dan endapan dari darat (Khan *et al.*, 2014). Selain itu, aktiviti antropogenik yang berlaku di darat dan persekitaran marin seperti perindustrian, pembuangan bahan sisa, perladangan dan penempatan juga menjurus kepada penambahan kepekatan logam-logam berat (Mohd. Talib *et al.*, 2001; Roozbahani *et al.*, 2015).

Beberapa kajian terdahulu menjelaskan bahawa logam berat bersifat tetap dalam sekitaran dan boleh terbioakumulasi di dalam organisma seterusnya menjejaskan kesihatan manusia sejagat (Boboria, 2014). Perkara yang sama juga telah disebutkan Papastergios *et al.* (2009) yang menerangkan keadaan logam berat yang terkumpul dalam mikroorganisma, flora dan fauna akuatik akan menjurus

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

kepada kemasukan bahan pencemar ini ke dalam rantai makanan dan menyebabkan masalah kesihatan. Ini kerana kawasan perairan memainkan peranan penting dalam kehidupan manusia dalam memberikan sumber makanan dan sebagainya.

Oleh itu, kajian ini telah mengambil sedimen marin sebagai medium yang sesuai bagi menentukan tahap pencemaran logam-logam berat di kawasan Teluk Marudu. Kajian menitikberatkan analisis logam-logam berat dari sudut parameter sedimen dengan melihat beberapa ciri-ciri fiziko-kimia tanah seterusnya membuat penilaian kualiti sedimen bagi memastikan punca-punca yang membawa kepada taburan sedemikian. Dapatan kajian ini sekaligus boleh dijadikan sebagai rujukan dan bahan tambahan untuk perancangan pengurusan alam sekitar yang lebih baik oleh pihak tertentu seperti Jabatan Alam Sekitar dan sebagainya.

1.2 Penyataan Masalah

Kehadiran batuan ofiolit, melanj dan Formasi Kudat sebagai batuan induk di Semenanjung Kudat membawa kepada kewujudan beberapa jenis logam berat. Melalui proses yang berbeza seperti luluh hawa, hakisan dan akhirnya menjadi bahan endapan, logam-logam ini boleh menyebabkan impak buruk terhadap sedimen marin di kawasan Teluk Marudu sekiranya mencapai kepekatan yang berlebihan. Tambahan lagi, aktiviti antropogenik yang pesat berlaku di sekitarnya turut menyumbang kepada pengumpulan logam-logam berat tersebut. Kajian ini merupakan salah satu langkah bagi menentukan secara umum tahap pencemaran logam-logam berat di kawasan kajian yang sebenarnya kurang diambil perhatian oleh sesetangah pihak.

1.3 Objektif

Tiga objektif utama yang hendak dicapai melalui kajian ini merangkumi;

1. Menentukan sifat fiziko-kimia dan mineralogi sampel-sampel sedimen marin dan tanah di kawasan sekitar Teluk Marudu.
2. Menentukan kandungan logam-logam berat (V, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn, As dan Pb) dalam profil sedimen marin dan tanah di Teluk Marudu.
3. Membuat penilaian kualiti dan perbandingan terhadap sedimen marin dan sampel tanah sekitar Teluk Marudu, Sabah.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

1.4 Kepentingan Kajian

Kajian taburan geokimia logam-logam berat dan mineralogi di dalam sedimen marin dan tanah sekitar Teluk Marudu, Kudat mempunyai beberapa kepentingan:

1. Melihat tahap kualiti sedimen marin dan tanah di kawasan kajian berdasarkan parameter geokimia sedimen.
2. Menekankan kesedaran mengenai kepentingan menjaga alam sekitar serta kesan kehadiran logam-logam berat dalam sedimen marin dan tanah.
3. Menyediakan data tambahan bagi pencemaran logam-logam berat dalam sedimen laut cetek dan tanah di kawasan kajian.

1.5 Kawasan Kajian

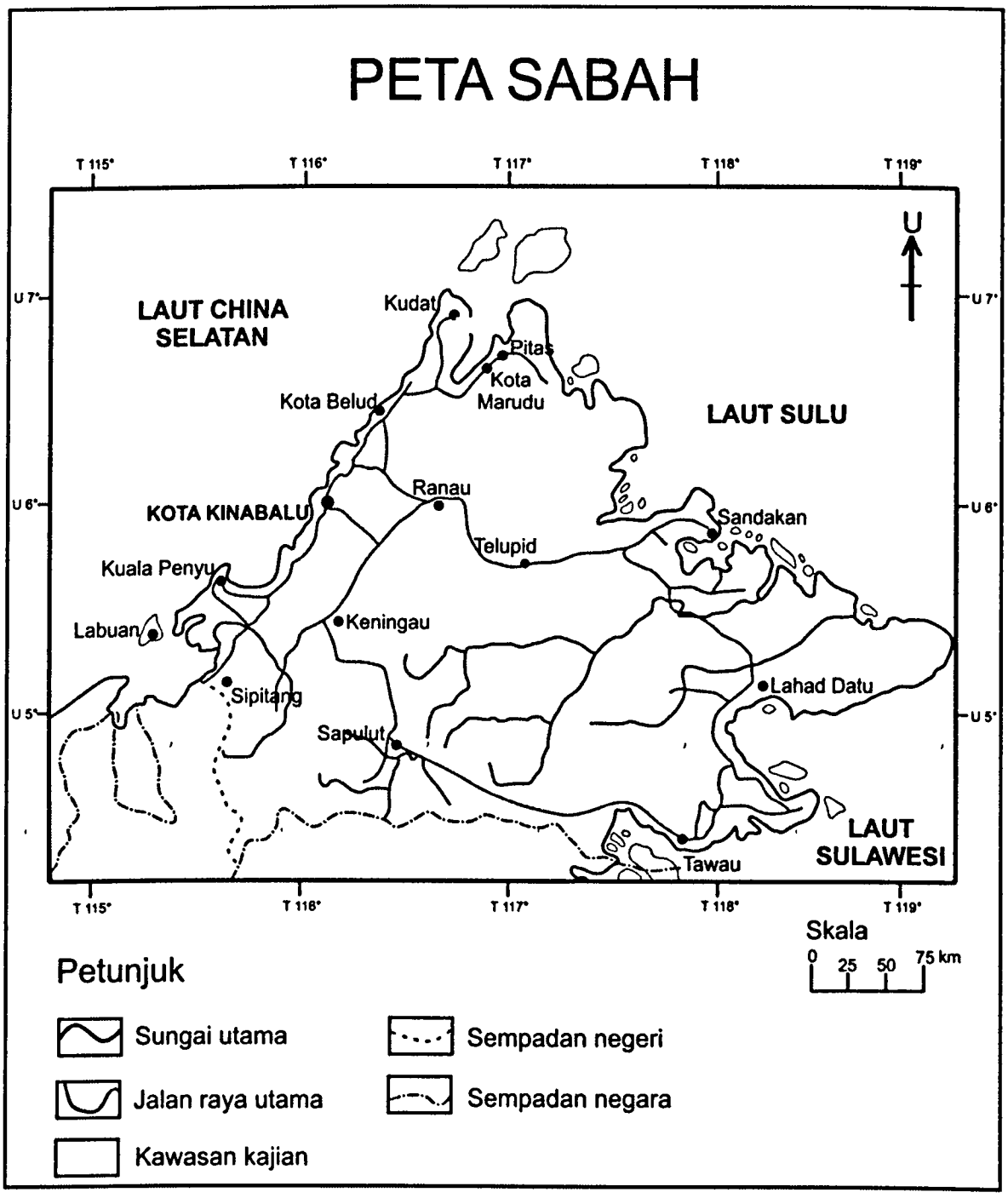
Kawasan kajian secara umumnya bertempat di daerah Kudat, kira-kira 180 kilometer dari Kota Kinabalu. Selain itu, kawasan kajian juga merupakan sebahagian kecil daripada Teluk Marudu yang terletak di utara Sabah dan telah membentuk Semenanjung Kudat (Rajah 1.1). Persampelan bahagian darat telah dilakukan di beberapa kawasan terpilih sepanjang garis lintang U 06°50″ hingga U 06°55″ dan garis bujur T 116°45″ sehingga T 116°52″. Manakala persampelan teras sedimen marin cetek terletak berhampiran hilir Sg. Karang (garis lintang U 06°53″ dan garis bujur T 116°49″) dan Kg. Tampakan (garis lintang U 06°52″ dan garis bujur T 116°51″) yang merupakan kawasan muara serta perairan cetek (Rajah 1.2). Kawasan kajian terdiri daripada beberapa unit batuan dan formasi berbeza iaitu Formasi Kudat, Kompleks Ofiolit Teluk Marudu, melanj serta aluvium Kuaterner.

1.6 Sistem Saliran

Sistem saliran ataupun rangkaian sungai memainkan peranan penting dalam kehidupan manusia sebagai kawasan yang sesuai untuk membuat penempatan, rekreasi, pembangunan, pelancongan, pertanian, perladangan dan sebagainya (Khan *et al.*, 2014). Selain itu, sungai juga berpengaruh dalam mengangkut bahan-bahan hakisan dan sedimen darat melalui kekuatan arus yang akhirnya akan mengalir ke kawasan estuari dan muara (Ahmad Zaharin *et al.*, 2014). Foto 1.1 menunjukkan Sg. Karang (SK) yang menghala ke Teluk Marudu. Kawasan kajian mempunyai beberapa

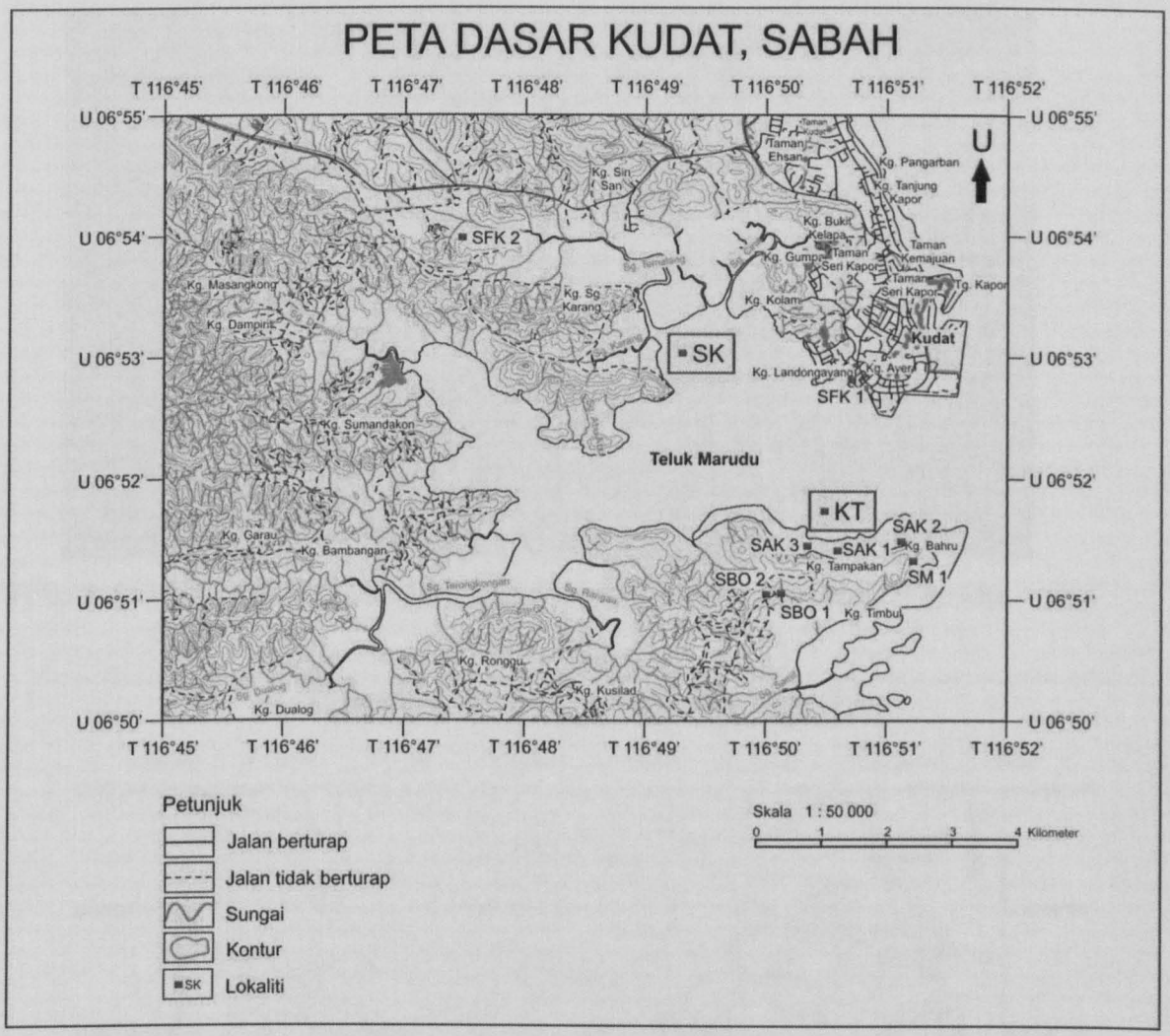
UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

batang sungai utama dengan corak pola yang berbeza seperti pola sejajar pada Sg. Dualog dan pola reranting di Kg. Kusilad (Rajah 1.3).



Rajah 1.1: Peta Sabah dan kedudukan kawasan kajian.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



Rajah 1.2: **Peta dasar kawasan kajian.**

Sumber: Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia, 2008.

1.7 Topografi

Menurut *Oxford Advanced Learner's Dictionary* edisi ke-7, topografi bermaksud fitur–fitur fizikal pada kawasan sekitaran darat terutamanya kedudukan sungai, gunung-ganang dan sebagainya. Kawasan kajian terdiri dari topografi yang bervariasi iaitu kawasan tanah tinggi seperti perbukitan yang mencecah ketinggian sehingga 120 m serta kawasan rendah iaitu pantai dan paya bakau (Foto 1.2 dan Rajah 1.4). Kawasan-kawasan bukit ini kebanyakannya telah dimanfaatkan sebagai kawasan perladangan dan pertanian seperti penanaman kelapa sawit, getah serta padi bukit. Selain itu, kawasan kajian juga mempunyai beberapa pantai berhampiran Kg. Bharu, Kg. Tampakan dan Kg. Tanjung Kapor dimana ianya dibangunkan bagi tujuan pelancongan, rekreasi dan sebagainya (Foto 1.4).

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Foto 1.1: Kawasan Sg. Karang (SK) yang menghala ke Teluk Marudu.

Rajah 1.3: Peta saliran dan contoh pola sungai di kawasan kajian.

Sumber: Jabatan Ukur dan Pemetaan Malaysia, 2008.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

RUJUKAN

Abdul Ghani, R., Abdul Rahim, S., Yee, E., Rahman, Y. & Umar, H. 2000. Pencirian Geomekanik Jasad Batuan Riolit, Genting Sempah, Selangor-Pahang: Beberapa Hasil Awal. *Geological Society of Malaysia Annual Geological Conference.* September 8-9, 2000. Pulau Pinang.

Abrahim, G. M. S. & Parker, R. J. 2008. Assessment of Heavy Metal Enrichment Factors and the Degree of Contamination in Marine Sediments from Tamaki Estuary, Auckland, New Zealand. *Environ Monit Assess.* 136:227-238.

Acres, B. D., Bower, R. P., Burrough, P. A. Foiland, C., Kalsi, M.S., Thomas, P. & Wright, P.S. 1975. The Soils of Sabah. *Land Resources Study.* England. 20.

Ahmad Zaharin, A., Nadzhratul Husna, A. P., Nur Aliaa, S., Looi, L. J., Praveena, S. M., Mohammad Firuz, R. & Mohd Kamil, Y. 2014. The Chemometric Approach as a Useful Tool in the Identification of Metal Pollution Sources of Riverine-Mangrove Sediment of Kota Marudu, Sabah, Malaysia. *EnvironmentAsia.* 7 (2):70-78.

Ali, Z., Malik, R. N., Shinwari, Z. K. & Qadir, A. 2015. Enrichment, Risk Assessment, and Statistical Apportionment of Heavy Metals in Tannery-Affected Areas. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 12:537-550.

Arina Azmina, A. Z. & Farah Naemah, M. S. 2018. Contamination and Pollution Assessment of Heavy Metal in Kuala Perlis Sediment Phase: A Statistical Analysis Approach. *Applied Mathematics and Computational Intelligence.* 7(1):1-12.

Asamuddin, A. H. & Mohamed, C. A. R. 2011. Distribution of Trace Elements and Total Organic Carbon in Surface Sediments of the Sulu and Sulawesi Seas. *Journal of Tropical Marine Ecosystem.* 2:22-29

Australian and New Zealand Guidelines for Fresh and Marine Water Quality. 2000. *National Water Quality Management Strategy.* 4 (1).

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Baba, M. & Muhd. Barzani, G. 1996. Rejahan Ultrabes di Kawasan Telupid: Sifat Geokimia dan Tektoniknya. *Geological Society of Malaysia Bulletin.* 40:37-45.

Balachandran, K. K., Laluraj, C. M., Martin, G. D., Srivinas, K. & Venugopal, P. 2006. Environmental Analysis of Heavy Metal Deposition in a Flow-Restricted Tropical Estuary and its Adjacent Shelf. *Author Version: Environmental Forensics.* 7 (4):345-351.

Basir, J. 1991. The Sabah Complex - A Lithodermic Unit (A New Name for the Chert-Spilite Formation and its Ultramafic Association). *Warta Geologi.* 17 (6):253-259.

Beldjazia, A. & Alatou, D. 2016. Precipitation Variability on the Massif Forest of Mahouna (North Eastern-Algeria) from 1986 to 2010. *International Journal of Management Sciences and Business Research.* 5 (3):21-28.

Birch, G. F. & Olmos, M. A. 2008. Sediment-Bound Heavy Metals as Indicators of Human Influence and Biological Risk in Coastal Water Bodies. *ICES Journal of Marine Science.*

Boboria, D. M. 2014. *Heavy Metals (Cr, Pb, Cd, Cu) in Sediment and Bivalves and Nutrients (Phosphate and Nitrate) in Marovo Lagoon, Western Province, Solomon Islands.* Suva: The University of the South Pacific.

BS: 1377-Part-2. 1990. British Standard Methods of Test for Soil for Engineering Purposes: Classification Tests. *BSI. London.*

Buccolieri, A., Buccolieri, G., Cardellicchio, N., Dell'Atti, A., Di Leo, A. & Maci, A. 2006. Heavy metals in marine sediments of Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy). *Marine Chemistry.* 99:227-235

Canadian Environmental Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life. 2001. *Canadian Council of Ministers of the Environment.*

Clarke, F. W. 1924. *The Data of Geochemistry.* Creative Media Partners, LLC.

Cook, H. E., Johnson, P. D., Matti, J. C., & Zemmels, I. 1975. IV. Methods of Sample Preparation and X-ray Diffraction Data Analysis. *Initial Reports of the Deep*

PERPUSTAKAAN UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UMS UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Sea Drilling Project, X-ray mineralogy laboratory, Deep Sea Drilling Project. University of California, Riverside. 25.

Dembicki, Harry, J. 2017. Practical Petroleum Geochemistry for Exploration and Production. Elsevier. 1-17.

Denil, D. J., Ching, F. F & Ransangan, J. 2017. Health Risk Assessment Due to Heavy Metals Exposure Via Consumption of Bivalves Harvested from Marudu Bay, Malaysia. *Open Journal of Marine Science.* 7:494-510.

Duffus, J. H. 2002. "Heavy Metals" - A Meaningless Term?. *Pure and Applied Chemistry.* 74 (5):793-807.

Edokpayi, J. N., Odiyo, J. O., Popoola, O. E. & Msagati, T. A. M. 2016. Assessment of Trace Metals Contamination of Surface Water and Sediment: A Case Study of Mvudi River, South Africa. *Sustainability.* 8 (135).

Faridah, O., Md Sadek, U. C., Wan Zurina, W. J., Mohammad Faresh, E. M. & Shirazi, S. M. 2018. Assessing Risk and Sources of Heavy Metals in a Tropical River Basin: A Case Study of the Selangor River, Malaysia. *Pol. J. Environ. Stud.* 27 (4):1659-1671

Fergusson, J. E. & Kim, N. D. 1991. Trace Elements in Streets and House Dusts: Sources and Speciation. *Science of The Total Environment.*

Fitch, F. H. 1955. The Geology and Mineral Resources of Part of the Segama Valley and Darvel Bay Area, Colony of North Borneo. *British Borneo Geol. Survey Mem. 4.*

Gao, W., Du, Y., Gao, S., Ingels, J. & Wang, D. 2014. Heavy Metal Accumulation Reflecting Natural Sedimentary Processes and Anthropogenic Activities in Two Contrasting Coastal Wetland Ecosystems, Eastern China. *J Soils Sediments.*

Goher, M. E., Farhat, H. I., Abdo, M. H. & Salem, S. G. 2014. Metal Pollution Assessment in the Surface Sediment of Lake Nasser, Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research.* 40:213-224.

Goldschmidt, V. M. 1954. Geochemistry. *Clarendon Press, Oxford, NY*

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Graves, J. E., Hutchison, C. S., Bergman, S. C. & Swauger, D. A. 2000. Age and MORB Geochemistry of the Sabah Ophiolite Basement. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia.* 44:151-158.

Hakanson, L. 1979. An Ecological Risk Index for Aquatic Pollution Control: A Sedimentological Approach. *Water Research.* 14:975-1001

Hall, R. 2013. Contraction and Extension in Northern Borneo Driven by Subduction Rollback. *Journal of Asian Earth Sciences.* 76:399-411

Harikumar, P. S., Nasir, U. P & Mujeebu Rahman, M. R. 2009. Distribution of Heavy Metals in the Core Sediments of a Tropical Wetland System. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 6 (2):225-232.

Hazebroek, H. P. & Tan, D. N. K. 1992. Tertiary Tectonic Evolution of The NW Sabah Continental Margin. *Geological Society of Malaysia - Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources.* Kuala Lumpur, Malaysia.

Jaja, N. 2016. Understanding the Texture of your Soil for Agricultural Productivity. *Virginia Cooperative Extension.* Virginia Tech.

Junaidi, A. & Basir, J. 2010. Radiolaria Kapur dalam Kompleks Ofiolit Teluk Darvel di Sungai Sipit Lahundai, Kunak, Sabah. *Borneo Science.* 27:1-14.

Junaidi, A. & Basir, J. 2012. Aptian to Turonian Radiolaria from the Darvel Bay Ophiolite Complex, Kunak, Sabah. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia.* 58:89-96

Kabata-Pendias, A. & Pendias, H. 1992. *Trace Elements in Soils and Plants.* CRC Press.

Khadijeh, R. E. S., Mohammad Reza, A., Kazem, N., Elias, S. Mohammad Ali, S. & Nayere. S. 2011. Distribution of Heavy Metals in the Surface Sediments from the South China Sea Ecosystem, Malaysia. *Environ Monit Assess.* 183:545-554

Khan, M. B., Masiol, M., Hofer, A. & Pavoni, B. 2014. Harmful Elements in Estuarine and Coastal Systems. *Dalam* Bini, C., Bech, J. (eds.). *Potentially Harmful Elements in the Environment and the Impact on Human Health.* Springer., hlmn. 37-83.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Kirkman, J. H. 1975. Clay Minerals in Soils Derived from Ultrabasic Rocks of Southern Westland, New Zealand. *N. Z. Journal of Geology and Geophysics.* 18 (6):849-864.

Liu, M., Yang, Y., Yun, X., Zhang, M., Li, Q. L. & Wang, J. 2014. Distribution and Ecological Assessment of Heavy Metals in Surface Sediments of the East Lake, China. *Ecotoxicology.* 23:92-101.

Lutgens, F. K. & Tarbuck, E. J. 2015. Essentials of Geology. 12 Ed. Pearson. England. hlm. 181-184.

MacKenzie, W. S. & Adams, A. E. 1994. *A Colour Atlas of Rocks and Minerals in Thin Section.* Wiley Publishing.

Majid, M. F., Sanudin, T., Shariff, A. K. O. & Khairiah, J. 1996. Groundwater Quality Investigation at North Kudat, Sabah, Malaysia. *Borneo Science.* 2:73-90.

Marchand, C., Lallier-Vergés, E. Baltzer, F., Alberic, P., Cossa, D. & Bailif, P. 2006. Heavy Metals Distribution in Mangrove Sediments along the Mobile Coastline of French Guiana. *Marine Chemistry.* 98 (1):1-17.

McCauley, A., Jones, C. & Olson-Rutz, K. 2017. Soil pH and Organic Matter. *Nutrient Management Module No. 8.* Montana State University.

McNab, W. H. 1991. Factors Affecting Temporal and Spatial Soil Moisture Variation In and Adjacent to Group Selection Openings. *8th Central Hardwood Forest Conference.*

Method 200.7, Revision 4.4: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry. 1994. *United States Environmental Protection Agency.*

Mohamed Ali Yusof, M. H., Hennie Fitri, W. S. E. & Baba, M. 2015. Assessment of Toxicity in Selected Heavy Metals in Volcanic Soils from Tawau, Sabah. *Borneo Science.* 36 (1):1-11.

Mohd Harun, A., Shahbudin. S, Palanisamy, K. 2007. Taburan Logam Berat (Cd dan Pb) dalam Sedimen Teluk Mengkabong, Sabah. *Borneo Science: The Journal of Science and Technology.* 20 (1):40-49.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Mohd. Talib, L., Mohd. Rozali, O. & Azhar, A. H. 2001. Kepekatan Logam Berat dalam Zarahan Termendap di Kawasan Perindustrian Teluk Kalung, Kemaman, Terengganu. *Malaysian Journal of Analytical Science.* 7 (2):417-421.

Moor, C., Lymberopulou, T. & Dietrich, V. J. 2001. Determination of Heavy Metals in Soils, Sediments and Geological Materials by ICP-AES and ICP-MS. *Microchimica Acta.* 136:123-128.

Muda, J. & Tongkul, F. 2008 Geoheritage Resources of the Baliajong River: Potential for Geotourism Development. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia.* 54:139-145.

Naga Raju, M., Golla, N. & Vengatampalli, R. 2016. *Soil Enzymes.* Springer. New Zealand.

Naseem, S., Hamza, S. & Bashir, E. 2012. Assessment of Geochemistry of Soils for Agriculture at Winder, Balochistan, Pakistan. *Dalam Teang Shui Lee (ed.). Water Quality, Soil and Managing Irrigation of Crops.* InTech., hlm. 73-94.

Ndikumana, J. & Mugerwa, T. 2015. Field and Petrographic Study of Rocks from Vada Mamandur, Vilupuram District, Tamil Nadu, India. *International Research Journal of Earth Sciences.* 3 (10):14-23.

Oxford Advanced Learner's Dictionary. (7th edition). Oxford University Press.

Özkan, E. Y. 2012. A New Assessment of Heavy Metal Contaminations in an Eutrophicated Bay (Inner Izmir Bay, Turkey). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences.* 12:135-147.

Pachana, K. Wattanakornsiri, A. & Nanuam, J. 2010. Heavy Metals Transport and Fate in the Environmental Compartments. *NU Science Journal.* 7 (1):1-11.

Papastergio, G., Georgakopoulos, A., Fernandez-Turiel, J. L. & Gimeno, D. 2009. A Correlation Study of Major and Trace Elements in Sediments of River Nestos, Northern Greece and Comparison with Other Fluvial Systems. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM.* 431-438.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Parra, S., Bravo, M. A., Quiroz, W., Querol, X. & Paipa, C. 2015. Distribution and Pollution Assessment of Trace Elements in Marine Sediments in the Quintero Bay (Chile). *Marine Pollution Bulletin.* 99:256-263.

Pettijohn, F. J. 1975. *Sedimentary Rocks (2nd Edition).* Harper and Brothers. New York.

Potter, P. E., Maynard, J. B. & Depetris, P. J. 2005. *Mud & Mudstones.* Springer, Germany.

Qishlaqi, A. & Moore, F. 2007. Statistical Analysis of Accumulation and Sources of Heavy Metals Occurrence in Agricultural Soils of Khoshk River Banks, Shiraz, Iran. *American-Eurasian J. Agric & Environ. Sci.* 2 (5):565-573.

Radojevic, M., Praveena, S. M. & Mohd Harun, A. 2008. Statistical Perspective and Pollution Indicator in Mengkabong Mangrove Sediment Sabah. *Modern Applied Science.* 2 (4):131-143.

Raj, S., Kumar Jee, P. & Panda, C. R. 2013. Textural and Heavy Metal Distribution in Sediments of Mahanadi Estuary, East Coast of India. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences.* 42 (3):370-374.

Rezaee, K., Saion, E. B., Yap, C. K., Abdi, M. R. & Riyahi Bakhtiari, A. 2010. Vertical Distribution of Heavy Metals and Enrichment in the South China Sea Sediment Cores. *Int. J. Environ. Res.* 4 (4):877-886.

Rezal, R. & Shariff, A. K. O. 2013. Jujukan Batuan Kompleks Ofiolit Marudu Bay (KOTM): Cerapan Lapangan dan Petrografi. *NGC 2013: Proceedings of the National Geoscience Conference.* 8-9 Jun, 2013. Ipoh Perak.

Roozbahani, M. M., Sobhanardakani, S., Karimi, H. & Sorooshnia, R. 2015. Natural and Anthropogenic Source of Heavy Metals Pollution in the Soil Samples of an Industrial Complex; a Case Study. *Iranian Journal of Toxicology.* 9 (29):1336-1341.

Ruqia, N., Muslim, K., Muhammad, M., Hameed, U. R., Naveed, U. R., Surrya, S., Nosheen, A., Muhammad, S., Mohib, U., Muhammad, R. & Zeenat, S.. 2015. Accumulation of Heavy Metals (Ni, Cu, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe) in the Soil and

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Water Collected from Tanda Dam Kohat. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research.* 7 (3):89-97.

Sahibin, A. R., Mohamad, M. T. & Baba, M. 1995. Heavy Metals Composition of Some Soils Developed from Basic and Ultrabasic Rocks in Malaysia. *Borneo Science.* 1:33-46.

Sanudin, T. & Baba, M. 2007. Pengenalan kepada Stratigrafi. Penerbitan UMS. Kota Kinabalu, Sabah.

Setya Putri, A. M., Suryanti & Widyorini, N. 2016. Hubungan Tekstur Sedimen dengan Kandungan Bahan Organik Dan Kelimpahan Makrozoobenthos di Muara Sungai Banjir Kanal Timur Semarang. *Journal of Fisheries Science and Technology.* 12 (1):75-80.

Shariff, A. K. O. 1994. Petrology and Geochemistry of the Mantle-Sequence Peridotite of the Darvel Bay Ophiolite, Sabah, Malaysia. *Annual Geological Conference.* 11-12 Jun. Kuala Terengganu.

Shariff, A. K. O. 1996. Petrology and Geochemistry of the Volcanic Rocks Associated with the Darvel Bay Ophiolite, Lahad Datu, Eastern Sabah, Malaysia. *Geological Society of Malaysia Bulletin.* 39:65-80.

Shariff, A. K. O., Majeed, M. F. & Sanudin, T. 1994. The Kudat Ophiolite Complex, Northern Sabah, Malaysia - Field Description and Discussion. *Warta Geologi.* 20 (5):337-345.

Sherene, T. 2010. Mobility and Transport of Heavy Metals in Polluted Soil Environment. *Biological Forum - An International Journal.* 2 (2):112-121.

Siti Aishah, M. A., Tan, W. H., Rohana, T. Apsa, A. N. & Fatin, S. 2014. Surface Sediment Analysis on Heavy Metals in Coastal Area of UMS - Tuaran, Sabah. *Borneo Science.* 34:6-10.

Soil Quality Indicators: pH. 1998. *USDA Natural Resources Conservation Service.*

Supriyadi, S. 2008. Kandungan Bahan Organik Sebagai Dasar Pengelolaan Tanah di Lahan Kering Madura. *Embryo.* 5 (2):176-183.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Suswati, D., Candra, T. O. & Yacoub, Y. 2016. Role of Coastal Sediment on Soil Nutrient Availability and Oil Palm Yield at Peatlands. *Journal of Soil Science and Agroclimatology.* 13 (1):31-40.

Tan, D. N. K. & Lamy, J. M. 1990. Tectonic Evolution of the NW Sabah Continental Margin since Late Eocene. *Geol. Soc. Of Malaysia Bulletin.* 27:241-260.

Tan, W. H., Rohana, T., Siti Aishah, M. A., Asdalifah, T., Fatin, S. & Payus, C. 2016. Distribution of Heavy Metals in Seawater and Surface Sediment in Coastal Area of Tuaran, Sabah. *Transactions on Science and Technology.* 3 (1-2):114-122.

Tashakor, M., Wan Zuhairi, W. M., Hamzah, M. & Azman, A. G. 2014. Geochemical Characteristics of Serpentinite Soils from Malaysia. *Malaysian Journal of Soil Science.* 18:35-49.

Tjia, H. D. 1988. Accretion Tectonics in Sabah: Kinabalu Suture and East Accreted Terrane. *Geological Society of Malaysia Bulletin.* 22:237-251.

Tomlinson, D. L., Wilson, J. G., Harris, C. R. & Jeffrey, D. W. 1980. Problems in the Assessment of Heavy-Metal Levels in Estuaries and the Formation of a Pollution Index. *Helgoländer Meeresunters.* 33:566-575.

Tongkul, F. 1997. Polyphase Deformation in the Telupid area, Sabah, Malaysia. *Journal Southeast Asian Earth Sciences.* 15 (2-3):175-183.

Tongkul, F. 2003. The Structural Style of Lower Miocene Sedimentary Rocks, Kudat Peninsula, Sabah. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia.* 49:119-124.

Tongkul, F. 2008. Geological Heritage of Tip Of Borneo at Tanjung Simpang Mengayau, Kudat Peninsula, Sabah. *Bulletin of the Geological Society of Malaysia.* 54:159-163.

Turekian, K. K. & Wedepohl, K. H. 1961. Distribution of the Elements in some Major Units of the Earth's Crust. *Geological Society of America Bulletin.* 72:175-192.

Using Soil Guidelines Values. 2009. *Environment Agency Science Programme.* Bristol.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Van Hattum, M. W. A., Hall, R., Pickard, A. L. & Nichols, G. J. 2013. Provenance and Geochronology of Cenezoic Sandstones of Northern Borneo. *Journal of Asian Earth Sciences.* 76:266-282.

Wawan, B. 2011. Adsorption of Heavy Metal by Natural Clayey Soil. *J. SE. Asian Appl. Geol.* 3 (1):72-75.

Yu, R., Zhang, W., Hu, G., Lin, C. & Yang, Q. 2016. Heavy Metal Pollution and Pb Isotopic Tracing in the Intertidal Surface Sediments of Quanzhou Bay, Southeast Coast of China. *Marine Pollution Bulletin.* 105:416-421.

Yunus, A. R. Peta Geologi Negeri Sabah (Edisi Ke-4). 2015. *Jabatan Mineral dan Geosains Malaysia.*

Zal U'yun, W. M., Zaharudin, A. & Che Abd Rahim, M. 2010. Kepekatan Mn dan Fe dalam Teras Sedimen di Perairan Sarawak dan Sabah. *Sains Malaysiana.* 39 (1):13-20.

Zal U'yun, W. M., Zaharudin, A. & Che Abd Rahim, M. 2011. Assessment of Metal Pollution in Sediment Cores from the Sabah - Sarawak Coastal Waters. *Jurnal Sains Nuklear Malaysia.* 23 (2):81-94.

Zhang, C., Yu, Z. G., Zeng, G. M., Jiang, M., Yang, Z. Z., Cui, F., Zhu, M. Y., Shen, L. Q. & Hu, L. 2014. Effects of Sediment Geochemical Properties on Heavy Metal Bioavailability. *Environment International.* 73:270-281.

Zhang, J., Zhou, F., Chen, C., Sun, X., Shi, Y., Zhao, H. & Chen, F. 2018. Spatial Distribution and Correlation Characteristics of Heavy Metals in the Seawater, Suspended Particulate Matter and Sediments in Zhanjiang Bay, China. *PLoS ONE.* 13 (8). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201414.

UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH