

**KAJIAN RADIOLOGI ALAM SEKITAR  
DI ISKANDAR MALAYSIA, JOHOR, MALAYSIA**

**NOOR ZATI HANI BINTI ABU HANIFAH**

**UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA**

KAJIAN RADIOLOGI ALAM SEKITAR  
DI ISKANDAR MALAYSIA, JOHOR, MALAYSIA

NOOR ZATI HANI BINTI ABU HANIFAH

Tesis ini dikemukakan  
sebagai memenuhi syarat penganugerahan  
Sarjana Sains (Fizik)

Fakulti Sains  
Universiti Teknologi Malaysia

MAC 2015

**DEDIKASI**

**Kepada:**

**Keluarga tercinta;**

**Abah, Ummi,**

**Along, Ngah, Adik**

**Penyelia;**

**Prof. Dr. Ahmad Termizi Ramli**

**Sahabat seperjuangan;**

**Afifah, Sarah, Amira, Nabiha, Huda, Syazwan, Muneer, Sadiq**

**TERIMA KASIH**

## **PENGHARGAAN**

### **DENGAN NAMA ALLAH YANG MAHA PEMURAH LAGI MAHA PENYAYANG**

Jutaan terima kasih ditujukan kepada penyelia saya, Prof. Ahmad Termizi Ramli yang telah bersusah payah membantu saya dalam memberi panduan, nasihat, cadangan dan idea bagi memastikan kesempurnaan tesis ini.

Tidak dilupakan juga ucapan terima kasih kepada kedua ibubapa saya yang memahami kesukaran yang saya alami dan memberi sokongan moral sepanjang usaha saya menyiapkan kajian ini.

Setinggi – tinggi penghargaan diucapkan kepada Kementerian Pengajian Tinggi kerana menaja pengajian ini dibawah program MyBrain15. Ribuan terima kasih juga diucapkan kepada Makmal Nuklear, Jabatan Fizik, Agensi Nuklear Malaysia dan Iskandar Regional Development Authority (IRDA) kerana membekalkan instrumen dan maklumat yang diperlukan dalam kajian ini.

Akhir sekali, buat sahabat seperjuangan dan semua pihak yang terlibat dalam kajian ini secara langsung atau tidak langsung, ribuan terima kasih diatas segala sokongan dan bantuan yang telah kalian berikan.

## ABSTRAK

Kajian dilakukan untuk menganggar risiko sinaran mengion dan mendapatkan data dasar untuk penilaian radiologi alam sekitar di kawasan Iskandar Malaysia, Johor, Malaysia. Pengumpulan data dos sinaran gama daratan telah dilakukan. Sampel tanah, air, flora dan fauna yang diambil dianalisis bagi mendapatkan kepekatan unsur radionuklid semulajadi iaitu  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$ . Sampel tanah, flora dan fauna dianalisis menggunakan spektrometer gama, germanium hiper tulen (HPGe – *Hyper Pure Germanium*). Sampel air dianalisis menggunakan spektrometer jisim gandingan plasma teraruh (ICP-MS- *Induced Coupled Plasma Mass Spectrometer*) dan spektrometer serapan atom (*Atomic Absorption Spectrometer*). Aras keradioaktifan alfa dan beta turut diperolehi menggunakan spektrometer alfa-beta. Nilai faktor pembetulan yang diperolehi,  $C_f$  ialah 0.795. Dos sinar gama daratan bagi daerah-daerah di kawasan Iskandar Malaysia berada di antara  $74 \text{ nGy j}^{-1}$  hingga  $168 \text{ nGy j}^{-1}$ . Purata kepekatan keaktifan alfa, beta,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam sampel tanah masing-masing ialah  $796 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $864 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $67 \text{ Bq kg}^{-1}$ ,  $94 \text{ Bq kg}^{-1}$  dan  $177 \text{ Bq kg}^{-1}$ . Purata kepekatan keaktifan alfa, beta,  $^{226}\text{Ra}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam sampel flora dan fauna masing-masing ialah  $4.5 \text{ mBq kg}^{-1}$ ,  $87 \text{ mBq kg}^{-1}$ ,  $2 \text{ mBq kg}^{-1}$  dan  $60 \text{ mBq kg}^{-1}$ . Purata kepekatan keaktifan alfa, beta,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam sampel air permukaan sungai masing-masing ialah  $0.02 \text{ Bq l}^{-1}$ ,  $0.14 \text{ Bq l}^{-1}$ ,  $23 \text{ mBq l}^{-1}$ ,  $2 \text{ mBq l}^{-1}$  dan  $51 \text{ Bq l}^{-1}$ . Purata dos berkesan tahunan keseluruhan daripada pengambilan air, flora dan fauna ialah  $0.4 \text{ mSv per tahun}$ . Kebarangkalian risiko terjadinya kanser bagi penduduk kawasan Iskandar Malaysia ialah  $5.9 \times 10^{-5}$  per tahun akibat daripada dos berkesan tahunan sinar gama di udara dan dos akibat penelanan radionuklid pemancar alfa, beta dan gama. Kadar dos sinar gama berpemberat penduduk di kawasan Iskandar Malaysia ialah  $127 \text{ nGy j}^{-1}$ . Dapat disimpulkan, penduduk Iskandar Malaysia menerima dos sinar gama daratan melebihi dua kali ganda purata dos sinar gama daratan di dunia tetapi masih berada dalam julat biasa dan dijangka tidak menyebabkan ancaman kepada kesihatan.

## ABSTRACT

This study has been conducted to estimate the risk from ionizing radiation and to obtain baseline data for environmental radiological assessment for Iskandar Malaysia, Johor, Malaysia. The terrestrial gamma dose rate data were collected. Samples of soil, water, flora and fauna were collected and analysed to obtain the natural radionuclide concentrations of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$ . Samples of soil, flora and fauna were analysed using gamma spectrometer, hyper pure germanium (HPGe). Water samples were analysed using an induced coupled plasma mass spectrometer (ICP-MS) and atomic absorption spectrometer (AAS). Alpha and beta radioactivity level was obtained using alpha-beta spectrometer. The correction factor value,  $C_f$  for this study is 0.795. The terrestrial gamma dose rate for each district in Iskandar Malaysia ranged from 74 nGy h<sup>-1</sup> to 168 nGy h<sup>-1</sup>. The average activity concentrations for gross alpha-beta,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  in the soil samples were 796 Bq kg<sup>-1</sup>, 864 Bq kg<sup>-1</sup>, 67 Bq kg<sup>-1</sup>, 94 Bq kg<sup>-1</sup> and 177 Bq kg<sup>-1</sup> respectively. The average of activity concentrations for gross alpha-beta,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  in the flora and fauna sample were 4.5 mBq kg<sup>-1</sup>, 87 mBq kg<sup>-1</sup>, 2 mBq kg<sup>-1</sup> and 60 mBq kg<sup>-1</sup> respectively. The average activity concentrations for gross alpha-beta,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  and  $^{40}\text{K}$  in surface river water were 0.02 Bq l<sup>-1</sup>, 0.14 Bq l<sup>-1</sup>, 23 mBq l<sup>-1</sup>, 2 mBq l<sup>-1</sup> and 51 Bq l<sup>-1</sup> respectively. The average total annual effective dose from ingestion of water, flora and fauna is 0.4 mSv per year. The cancer risk probability for Iskandar Malaysia population were estimated to be  $5.9 \times 10^{-5}$  per year from annual effective gamma dose in air and dose from ingestion of alpha, beta and gamma emitters' radionuclide. The population weighted dose rate in Iskandar Malaysia region is 127 nGy h<sup>-1</sup>. As a conclusion, population in Iskandar Malaysia receive terrestrial gamma dose rate more than twice the world average but this is still within the normal range and not expected to cause any health concern.

## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>AKUAN PELAJAR</b>	ii
	<b>DEDIKASI</b>	iii
	<b>PENGHARGAAN</b>	iv
	<b>ABSTRAK</b>	v
	<b>ABSTRACT</b>	vi
	<b>ISI KANDUNGAN</b>	vii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xi
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xiii
	<b>SENARAI SINGKATAN</b>	xiv
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	xv
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xvi
<b>I</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>1</b>
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Pernyataan Masalah	2
	1.3 Objektif Kajian	3
	1.4 Skop Kajian	3
	1.5 Kepentingan Kajian	4
	1.6 Susun Atur Bab	5
<b>II</b>	<b>KAJIAN LITERATUR</b>	<b>6</b>
	2.1 Pengenalan	6
	2.2 Asas Keradioaktifan dan Sinaran Mengion	8

2.2.1 Jenis dan Sifat Sinaran Mengion	8
2.2.2 Unit Ukuran Sinaran	10
2.3 Sumber sinaran mengion	14
2.3.1 Sumber Sinaran Mengion Semulajadi	14
2.3.2 Sumber Sinaran Buatan Manusia	18
2.4 Risiko dan Had Dos Sinaran	19
2.5 Kawasan Kajian	20
2.5.1 Iskandar Malaysia	20
2.5.2 Populasi Penduduk	21
2.5.3 Latar Belakang Geologi	21
2.5.4 Kumpulan Tanah dan Siri Tanah	24
2.6 Kajian Terdahulu	28
2.6.1 Kajian Sinaran Gama Daratan di Malaysia	28
2.6.2 Kajian Sinaran Gama Daratan di Negara Lain	31
<b>III METODOLOGI</b>	<b>34</b>
3.1 Pengenalan	35
3.2 Pengumpulan Sampel	35
3.2.1 Pengukuran Dos Sinar Gama Daratan dan Pengukuran Sampel Tanah	35
3.2.2 Pengukuran Sampel Air	36
3.2.3 Pengukuran Sampel Flora dan Fauna	36
3.3 Penyediaan Sampel	37
3.3.1 Penyediaan Sampel untuk Analisis Gama	37
3.3.2 Penyediaan Sampel untuk Analisis Alfa Beta Kasar	38
3.4 Analisis Sampel	40
3.4.1 Analisis Sinar Gama	40
3.4.2 Analisis Alfa dan Beta Kasar	42
3.5 Tentukuran Kadar Dos Sinar Gama Daratan	42
3.6 Penilaian Risiko Radiologi	43
3.6.1 Kadar Dos Terserap	44
3.6.2 Dos Setara Berkesan Terhadap Gonad	44



3.6.3 Keaktifan Setara Radium	45
3.6.4 Indeks Hazad	45
3.6.5 Dos Setara Berkesan Tahunan	46
3.6.6 Dos Berkesan Tahunan Sumbangan Air, Flora dan Fauna	46
3.6.7 Anggaran Kebarangkalian Risiko Kejadian Kanser	47
3.6.8 Min Kadar Dos Berpemberat Penduduk	47
3.7 Pembinaan Peta Isodos	48
<b>IV HASIL KAJIAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>50</b>
4.1 Pengenalan	50
4.2 Tentukuran Dos Sinar Gama Daratan	50
4.3 Taburan Dos Sinar Gama Daratan di Iskandar Malaysia	51
4.4 Siri Tanah dan Dos Sinar Gama	52
4.5 Jenis Geologi dan Dos Sinar Gama	53
4.6 Keradioaktifan dalam Sampel Tanah	54
4.7 Keradioaktifan dalam Sampel Air	60
4.8 Keradioaktifan dalam Sampel Flora dan Fauna	62
4.9 Penilaian Risiko Radiologi	65
4.9.1 Keaktifan Setara Radium	65
4.9.2 Indeks Hazad	66
4.9.3 Dos Setara Berkesan Terhadap Gonad	67
4.9.4 Dos Setara Berkesan Tahunan	68
4.9.5 Dos Berkesan Tahunan Sumbangan Air, Flora dan Fauna	68
4.9.6 Kebarangkalian Risiko Kejadian Kanser	69
4.9.7 Min Kadar Dos Berpemberat Penduduk	70
4.10 Pemetaan Isodos	70
4.11 Perbincangan Keseluruhan	73
<b>V KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>76</b>
5.1 Kesimpulan	76

5.2 Cadangan	78
<b>RUJUKAN</b>	<b>79</b>
Lampiran A - F	87 - 92

## SENARAI JADUAL

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Faktor pemberat sinaran $W_R$ mengikut jenis sinaran	12
2.2	Faktor pemberat $W_T$ untuk pelbagai jenis tisu dan organ	13
2.3	Siri reputan radioaktif $^{238}\text{U}$	15
2.4	Siri reputan radioaktif $^{232}\text{Th}$	16
2.5	Jumlah penduduk berdasarkan daerah dan mukim di kawasan Iskandar Malaysia	21
2.6	Struktur geologi dan ciri-cirinya	22
2.7	Klasifikasi tanah dan ciri-cirinya mengikut FAO/UNESCO	25
2.8	Siri tanah di Iskandar Malaysia dan klasifikasinya	26
4.1	Purata kadar dos sinar gama di kawasan Iskandar Malaysia	52
4.2	Purata dos sinar gama mengikut siri tanah	53
4.3	Purata dos sinar gama mengikut jenis geologi	54
4.4	Kepekatan aktiviti $^{226}\text{Ra}$ , $^{232}\text{Th}$ $^{40}\text{K}$ , alfa dan beta kasar dalam sampel tanah	55
4.5	Kepekatan aktiviti alfa, beta, $^{238}\text{U}$ , $^{232}\text{Th}$ dan $^{40}\text{K}$ dalam sampel air	60
4.6	Dos berkesan tahunan daripada pengambilan air	62
4.7	Kepekatan aktiviti alfa, beta, $^{226}\text{Ra}$ dan $^{40}\text{K}$ dalam sampel flora dan fauna	63
4.8	Pengambilan radionuklid tahunan daripada penelanan	64
4.9	Purata keaktifan setara radium berdasarkan siri tanah	65

4.10	Purata indeks hazad berdasarkan siri tanah	66
4.11	Purata AGED berdasarkan siri tanah	67
4.12	Dos setara berkesan tahunan di kawasan Iskandar Malaysia	68
4.13	Dos berkesan tahunan daripada pengambilan radionuklid	69
4.14	Min kadar dos berpemberat penduduk dan jumlah populasi kawasan Iskandar Malaysia	70

**SENARAI RAJAH**

<b>NO.</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
2.1	Peta geologi bagi kawasan Iskandar Malaysia	23
2.2	Peta siri tanah bagi kawasan Iskandar Malaysia	27
4.1	Hubungan di antara dos dikira dengan dos yang diukur	51
4.2	Hubungan di antara kepekatan $^{226}\text{Ra}$ dan $^{234}\text{Th}$ dalam sampel tanah	57
4.3	Hubungan di antara kepekatan $^{232}\text{Th}$ dan dos sinar gama daratan	57
4.4	Hubungan di antara kepekatan $^{226}\text{Ra}$ dan dos sinar gama daratan	58
4.5	Hubungan di antara kepekatan alfa dan beta dalam sampel tanah	59
4.6	Hubungan di antara kepekatan alfa dan kadar dos sinar gama	59
4.7	Hubungan di antara kepekatan beta dan kadar dos sinar gama	60
4.8	Peta isodos sinar gama daratan kawasan Iskandar Malaysia	72

## SENARAI SINGKATAN

AAS	-	<i>Atomic Absorption Spectrometer</i> (Spektrometer Serapan Atom)
FAO	-	<i>Foods and Agriculture Organization</i> (Pertubuhan Makanan dan Pertanian )
GIS	-	<i>Geographic Information System</i> (Sistem Maklumat Geografi)
GPS	-	<i>Global Positioning System</i> (Sistem Kedudukan Global)
HNO <sub>3</sub>	-	Asid Nitrik
HPGe	-	<i>Hyper Pure Germanium</i> (Germanium Hiper tulen)
IAEA	-	<i>International Atomic Energy Agency</i> (Agensi Tenaga Atom Antarabangsa)
ICP-MS	-	<i>Induced Coupled Plasma Mass Spectrometer</i> (Spektrometer Jisim Gandingan Plasma Teraruh)
ICRP	-	<i>International Commission on Radiological Protection</i> (Suruhanjaya Perlindungan Radiologi Antarabangsa)
ICRP	-	<i>International Commission on Radiation Unit</i> (Suruhanjaya Unit Sinaran Antarabangsa)
KCl	-	Kalium Klorida
U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	-	Triuranium Oktosida
UNESCO	-	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> (Organisasi Pendidikan, Sainifik dan Kebudayaan,Pertubuhan Bangsa-bangsa bersatu)
UNSCEAR	-	<i>United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation</i> (Jawatankuasa Sainifik Kesan Radiasi Atom Pertubuhan Bangsa -bangsa Bersatu)
WHO	-	<i>World Health Organization</i> (Pertubuhan Kesihatan Dunia)

## SENARAI SIMBOL

$^{226}\text{Ra}$	-	Unsur radium-226
$^{232}\text{Th}$	-	Unsur torium-232
$^{237}\text{Cs}$	-	Unsur sesium-137
$^{40}\text{K}$	-	Unsur kalium-40
$A$	-	Keaktifan
$C_f$	-	Faktor pembetulan
$D$	-	Dos terserap
$D_c$	-	Kadar dos sinar gama daratan berdasarkan kepekatan kadar dos berpemberat penduduk
$D_m$	-	Dos sinar gama daratan yang diukur
$D_{rf}$	-	Dos berkesan tahunan daripada pengambilan air, flora dan fauna
$D_w$	-	Kadar dos berpemberat penduduk
$G$	-	Kebarangkalian terjadinya kanser
$H$	-	Dos setara
$H_E$	-	Dos setara berkesan
$H_{ex}$	-	Indeks hazad luaran
$H_T$	-	Dos setara pada tisu
$n$	-	Bilangan data
$P$	-	Jumlah populasi penduduk
$R$	-	Nilai korelasi Pearsons
$Ra_{eq}$	-	Aktiviti setara radium
$R_f$	-	Faktor pertukaran dos
$W_R$	-	Faktor pemberat sinaran
$W_T$	-	Faktor pemberat tisu atau organ

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
<b>A</b>	Peta lokasi titik persampelan lama dan baru	87
<b>B</b>	Jadual kepekatan keaktifan radionuklid dalam sampel tanah	88
<b>C</b>	Jadual kepekatan keaktifan radionuklid dalam sampel air permukaan sungai	89
<b>D</b>	Jadual kepekatan keaktifan radionuklid dalam flora dan fauna	90
<b>E</b>	Jadual kadar pengambilan air, flora dan fauna bagi penduduk Malaysia	91
<b>F</b>	Jadual Faktor Penukaran Dos bagi orang dewasa	92



## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar Belakang Kajian**

Unsur radioaktif semulajadi tersebar secara meluas di bumi, ia wujud di dalam tanah, air dan udara. Semua benda hidup tidak dapat mengelak daripada pendedahan terhadap sinaran mengion yang wujud secara semulajadi atau hasil buatan manusia (UNSCEAR, 2000). Dos sinaran semulajadi terhasil daripada sinar gama daratan, sinar kosmik dan sinaran dalaman. Sinar gama daratan terhasil daripada unsur radioaktif semulajadi yang wujud di udara, air dan tanah. Sinar kosmik pula merupakan sinaran yang datang dari angkasa dan matahari. Manakala, sinaran dalaman berpunca daripada radionuklid yang berada di dalam tubuh.

Pertambahan aras keradioaktifan di alam sekitar boleh berlaku akibat daripada aktiviti manusia seperti penggunaan bahan radioaktif dalam pelbagai bidang seperti perubatan dan juga penjanaan kuasa menerusi reaktor nuklear. Pelepasan dan pembuangan sisa radioaktif ke alam sekitar akan menyebabkan pertambahan kepekatan keaktifan radionuklid di alam sekitar. Selain itu, kemalangan reaktor nuklear yang terjadi seperti di Fukushima (2011) dan Chernobyl (1986) serta ujian

nuklear yang menghasilkan luruhan radioaktif turut menyumbang kepada pertambahan radioisotop yang berbahaya di alam sekitar.

Pendedahan terhadap dos sinaran akibat daripada pertambahan kepekatan keaktifan radionuklid yang berada di alam sekitar boleh memberikan kesan dan risiko terhadap penduduk setempat. Ini kerana, tidak ada dos sinaran yang selamat secara mutlak walau sekecil manapun dosnya. Pengetahuan mengenai aras dos sinaran gama daratan amat penting bagi memastikan keadaan persekitaran berada dalam keadaan yang terkawal. Oleh itu, kajian radiologi alam sekitar amat diperlukan untuk mengetahui status keadaan radiologi persekitaran dengan lebih tepat di samping mengenalpasti sejauh mana terdapat risiko kesan sinaran mengion di suatu kawasan.

## **1.2 Pernyataan Masalah**

Kajian radiologi alam sekitar diperlukan untuk mengenalpasti risiko kesan sinaran mengion dan mendapatkan data dasar untuk penilaian radiologi alam sekitar di sesuatu kawasan. Selain itu, ia juga turut diperlukan sebagai rujukan sekiranya berlaku kecemasan radiologi contohnya seperti kebocoran reaktor janakuasa nuklear.

Pengumpulan data kadar dos sinar gama daratan pernah dilakukan di seluruh kawasan Iskandar Malaysia iaitu di daerah Johor Bahru dan sebahagian daerah Pontian (Ramli, 1997 and Ramli *et al.*, 2001, Abdul Rahman dan Ramli, 2007). Kajian sebelum ini hanya memberi tumpuan kepada hubungan dos sinaran gama daratan dengan jenis tanah dan faktor geologi. Belum ada kajian yang telah dilakukan mengenai radiologi alam sekitar dan implikasinya terhadap kesihatan penduduk di kawasan Iskandar Malaysia.

### 1.3 Objektif Kajian

Objektif penyelidikan ini dapat diringkaskan seperti berikut:

1. Mendapatkan data kepekatan aktiviti  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dalam sampel tanah, air, flora dan fauna.
2. Mendapatkan data kasar alfa dan beta bagi sampel tanah, air, flora dan fauna di kawasan Iskandar Malaysia.
3. Melakukan tentukuran bagi data dasar dos sinaran gama daratan untuk mendapatkan pemalar pekali pembetulan kadar dos,  $C_f$  berdasarkan analisis kepekatan kepekatan keradioaktifan  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$ .
4. Membina sebuah peta isodos sebagai aras rujukan bagi tujuan penilaian kesihatan dan keselamatan radiologi alam sekitar di kawasan Iskandar Malaysia.
5. Menganggarkan risiko kebarangkalian kesan kesihatan radiologi terhadap penduduk di kawasan Iskandar Malaysia.

### 1.4 Skop Kajian

Penyelidikan ini memberi tumpuan kepada pengumpulan data dos sinaran gama daratan di kawasan Iskandar Malaysia, Johor, Malaysia. Sebanyak 1017 data dos sinaran gama daratan daripada kajian yang terdahulu (Ramli, 1997, Ramli *et al.*, 2001 dan Abdul Rahman dan Ramli, 2007) dikumpulkan untuk kajian ini. Sebanyak 31 sampel tanah telah diambil dan pada masa yang sama pengukuran dos dilakukan. Pengesanan sintilasi gama NaI(Tl) Ludlum model 12S digunakan semasa persampelan dilakukan.

Sampel tanah, air, flora dan fauna yang diambil dianalisis bagi melihat kemungkinan wujudnya pemekatan unsur radionuklid tabii di dalam sampel. Selain itu, kepekatan aktiviti kasar bagi alfa dan beta turut dikaji kerana ianya turut disumbangkan oleh radionuklid tabii. Kawalan kualiti dilakukan dengan mendapatkan pemalar pekali pembetulan kadar dos,  $C_f$  daripada korelasi kecerunan graf pembolehkan kadar dos terkira,  $D_c$  berdasarkan analisis kepekatan  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  dan  $^{40}\text{K}$  dengan pembolehkan kadar dos yang diukur,  $D_m$ . Seterusnya analisis statistik dilakukan untuk mendapatkan kekuatan hubungan latar belakang geologi dan tanah kepada kadar dos sinaran gama daratan.

Seterusnya, peta isodos bagi kawasan Iskandar Malaysia dibina. Maklumat berkaitan kesan sinaran gama daratan terhadap penduduk seperti indeks hazard, dos berkesan tahunan dan risiko kebarangkalian kesan kesihatan radiologi di kawasan dikira untuk dijadikan rujukan dalam penilaian kesihatan dan keselamatan radiologi alam sekitar di kawasan Iskandar Malaysia

## 1.5 Kepentingan Kajian

Maklumat dan juga data yang diperolehi daripada kajian ini penting dan berguna untuk dijadikan rujukan jika berlakunya sesuatu perkara yang di luar jangkaan seperti berlakunya kebocoran reaktor nuklear dan pencemaran radioaktif. Kajian ini juga memberikan anggaran risiko kesan kesihatan radiologi terhadap penduduk di kawasan Iskandar Malaysia.

Data yang diperolehi menjadi bertambah penting dengan keputusan negara untuk melangkah ke era tenaga nuklear dengan membina reaktor nuklear. Pergerakan ke arah ini juga sedang dilakukan oleh jiran terhampir, iaitu Singapura.

Singapura melalui Jawatankuasa Strategi Ekonomi pada 2 Februari 2010 telah memutuskan untuk mempertimbangkan penggunaan tenaga nuklear dan mencadangkan pembinaan reaktor torium cecair fluorida untuk pembangunan tenaga di negara mereka.

Disebabkan kawasan Iskandar Malaysia terletak terlalu hampir dengan Singapura, persediaan perlu dilakukan untuk menyediakan pelan keselamatan dan langkah perlindungan sinaran terhadap orang awam dan alam sekitar di kawasan ini. Salah satu langkah persediaan adalah dengan menyediakan data dasar status aras dos sinaran gama daratan semulajadi di kawasan Iskandar Malaysia.

## **1.6 Susun Atur Bab**

Tesis ini dibahagikan kepada 5 bab iaitu Pengenalan, Kajian Literatur, Kawasan Kajian, Metodologi Kajian, Analisis Data dan Perbincangan, dan Kesimpulan dan Cadangan.

Bab Satu memperkenalkan asas dan tujuan kajian ini dijalankan. Bab ini memberikan maklumat mengenai latar belakang kajian, pernyataan masalah, objektif dan skop kajian serta kepentingan kajian.

Bab Dua menyatakan maklumat umum yang berkait rapat dengan kajian ini. Bab ini memberikan maklumat asas fizik sinaran dan latar belakang kawasan kajian. Selain itu, kajian mengenai sinaran semulajadi di Malaysia dan dunia turut dibincangkan dalam bab ini.

Bab Tiga menghuraikan bagaimana kajian ini dilakukan. Kaedah pengumpulan sampel, analisis data dan instrumentasi yang digunakan bagi memenuhi objektif kajian diterangkan dalam bab ini.

Bab Empat memberikan fokus kepada analisis data dan hasil kajian. Hasil Perbincangan hasil analisis kajian dilakukan secara keseluruhan.

Bab Lima mengemukakan kesimpulan yang terhasil daripada kajian ini. Cadangan penambahbaikan turut dibincangkan bagi tujuan penyelidikan seterusnya.

## RUJUKAN

- Abbaspour, M., Moattar, F., Okhovatian, A, & Kharrat Sadeghi, M. (2010). Relationship of soil terrestrial radionuclide concentrations and the excess of lifetime cancer risk in western Mazandaran Province, Iran. *Radiation Protection Dosimetry*, 142(2-4), 265–72. doi:10.1093/rpd/ncq187
- Abdul Rahman, A.T, Ramli, A.T., Wood, A.K., (2004). Analysis of the concentrations of natural radionuclides in rivers in Kota Tinggi District, Malaysia. *Journal Of Nuclear And Related Technologies*. 1 (1), 34.
- Abdul Rahman, A. T., & Ramli, A. T. (2007). Radioactivity levels of  $^{238}\text{U}$  and  $^{232}\text{Th}$ , the  $\alpha$  and  $\beta$  activities and associated dose rates from surface soil in Ulu Tiram, Malaysia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 273(3), 653–657. doi:10.1007/s10967-007-0926-2
- Al-Sulaiti, H., Alkhomashi, N., Al-Dahan, N., Al-Dosari, M., Bradley, D. A., Bukhari, S., Santawamaitre, T. (2011). Determination of the natural radioactivity in Qatari building materials using high-resolution gamma-ray spectrometry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 652(1), 915–919. doi:10.1016/j.nima.2011.01.020
- Al-Sulaiti, H., Regan, P. H., Bradley, D. A., Malain, D., Santawamaitre, T., Habib, A., Al-Dosari, M. (2010). A preliminary report on the determination of natural radioactivity levels of the state of Qatar using high-resolution gamma-ray spectrometry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 619, 427–431.

- Aliyu, A. S., & Ramli, A. T. (2015). The world's high background natural radiation areas (HBNRAs) revisited: A broad overview of the dosimetric, epidemiological and radiobiological issues. *Radiation Measurements*, 73, 51-59.
- Apriantoro, N. H. (2011). *Kajian Radiologi Alam Sekitar Negeri Perak dan Implikasi Kesihatan Radiologinya*. Tesis Doktor Falsafah, Universiti Teknologi Malaysia.
- Beretka, J., & Matthew, P. J. (1985). Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products. *Health Physics*, 48(1), 87-95. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3967976>
- Eisenbud M. (1987). *Environmental Radioactivity From Natural, Industrial, and Military Sources*. (pp. 84-172). Orlando: Academic Press.
- FAO & UNESCO. (1997). *Soil Map of the World*. Paris: UNESCO.
- Froehlich K. (2009). *Environmental Radionuclides Tracers and Timers of Terrestrial Processes*. (K. Froehlich, Ed.). Elsevier.
- Gabdo, H. T., Ramli, a. T., Sanusi, M. S., Saleh, M. a., & Garba, N. N. (2014). Terrestrial gamma dose rate in Pahang state Malaysia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 299(3), 1793-1798. doi:10.1007/s10967-014-2928-1
- Ghani, A. a., Lo, C.-H., & Chung, S.-L. (2013). Basaltic dykes of the Eastern Belt of Peninsular Malaysia: The effects of the difference in crustal thickness of Sibumasu and Indochina. *Journal of Asian Earth Sciences*, 77, 127-139. doi:10.1016/j.jseaes.2013.08.004
- Iacob, O., & Botezatu, E. (2000). Exposures from natural radiation background in Romania. *Bulgarian Journal of Physics*, 27(3), 98-101.
- IAEA. International Atomic Energy Agency. (1989). Measurement of Radionuclides in Food and The Environment. In *Technical Report Series No. 295*. Vienna: International Atomic Energy Agency.



- IAEA. International Atomic Energy Agency. (2003). *Development and use of reference materials and quality control materials* (p. 113).
- IAEA. International Atomic Energy Agency. (2004). *Radiation, People and Environment*. Austria: International Atomic Energy Agency.
- ICRP. International Commission on Radiological Protection. (1990). Recommendations of The International Commission on Radiological Commission. *Annals of the ICRP; ICRP Publication 60, 21(1-3)*.
- ICRP. International Commission on Radiological Protection. (1996). The Commission has previously issued recommendations for protection against radon-222 at home and at work. In *ICRP Publication 72*. United Kingdom: Pergamon Press.
- ICRP. International Commission on Radiological Protection. (2012). Compendium of Dose Coefficients based on ICRP Publication 60. In *ICRP Publication 119. Ann. ICRP 41(Suppl.)*. Elsevier.
- ICRU. International Commission on Radiation Units and Measurements. (1980). Radiation Quantities and Units. *ICRU Report 33*.
- IRDA. (2013, October 21). Iskandar Malaysia Records RM128.21 billion Cumulative Committed Investments. *Iskandar Malaysia Regional Development Authority*. Iskandar Malaysia. Retrieved from <http://www.iskandarmalaysia.com.my/press/iskandar-malaysia-records-rm12821-billion-cumulative-committed-investments>
- Jabatan Penyiataan Kaji Bumi Malaysia. (1985). *Peta Latarbelakang Geologi Semenanjung Malaysia*. Ipoh
- Jabatan Perangkaan Malaysia. (2010). *Buku Tahunan Perangkaan Malaysia 2008*. Kuala Lumpur : Percetakan Nasional Malaysia Berhad
- Jabatan Pertanian Malaysia. (1973). *Peta Tinjauan Tanah Tanah Semenanjung Malaysia*. Kuala Lumpur
- Jabatan Pertanian Malaysia. (1993). *Panduan Mengenali Siri-siri Tanah Utama di Semenanjung Malaysia*. Kuala Lumpur

- Jawatankuasa Strategi Ekonomi Singapura. (2010). Economic Strategies Committee Key Recommendations. Singapura. Retrieved from [www.ecdl.org/media/Singapore Economic Committe\\_2010.pdf](http://www.ecdl.org/media/Singapore Economic Committe_2010.pdf)
- Jusop Shamsudin. (1981). *Asas Sains Tanah*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani Malaysia. (2009). *Buku Perangkaan Agro Makanan*. Putrajaya: Kementerian Pertanian dan Industri Asas Tani Malaysia.
- Kessaratikoon, P., dan Awaekuchi, S. (2008). Natural radioactivity measurement in soil samples collected from municipal area of Hat Yai District in Songkhala Province, Thailand. *KMITL Sciences Journal*. 8 (2), 52 – 58
- Khazanah Nasional (2006). Comprehensive development plan for South Johor economic region 2006-2025. Kuala Lumpur : Khazanah Nasional
- Khazanah Nasional (2011). Iskandar Malaysia's fifth anniversary review underscores a track record of investments and delivery (media statement). Johor Bahru : Khazanah Nasional
- Kogan, R.M., Nazarov, I.M. dan Fridman, S. D. (1971). *Gamma Spectrometry of Natural Environments and Formations*. Jerusalem: Keter Press.
- Lai, K. K., Hu, S. J., Minato, S., Kodair, K., & Tan, K. S. (1990). Terrestrial gamma ray dose rates of Brunei Darussalam. *Applied Radiation and Isotopes*, 50(3), 599–608.
- Lee, S.K., Wagiran, H., Ramli., A.T., Apriantoro, N.H., dan Wood., A.K. (2009). Radiological monitoring : terrestrial natural radionuclides in Kinta District, Perak, Malaysia. *Environmental Radioactivity*. 100, 368-374.
- Leung, K. ., Lau, S., & Poon, C. (1990). Gamma radiation dose from radionuclides in Hong Kong soil. *Journal of Environmental Radioactivity*, 11(3), 279–290.
- Lin, Y., Chen, C.-J., & Lin, P.-H. (1996). Natural background radiation dose assessment in Taiwan. *Environmental International*, 22(1), 45–48.

- Ludlum (1993). *Instruction Manual of Ludlum Model 19 Micro R Meter*. Texas :Ludlum Measurements, Inc
- Ludlum (2013). *Instruction Manual of Ludlum Model 12S Micro R Meter*. Texas :Ludlum Measurements, Inc
- Mistry, K. B., Bharathan, K. G., & Gopal-Ayengar, A R. (1970). Radioactivity in the diet of population of the Kerala coast including monazite bearing high radiation areas. *Health Physics*, 19(4), 535–42. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/5513666>
- Mongpraneet S, Abe T, & T Tsurusaki. (2002). Accelerated drying of welsh onion by far infrared radiation under vacuum conditions. *Journal of Food Engineering*, 55(2), 147–156.
- Omar, M., dan Hassan, A. (2002). The occurrence of Natural radionuclides in Black Sand of Malaysian Beach. *Science Nuclear Malaysia*. 20 (1), 30 – 36.
- Omar, M., Hassan, A., dan Sulaiman, I. (2006). Radiation exposure during travelling in Malaysia. *Technical Notes, Radiation Protection Dosimetry*. 121(4), 456-460.
- Omar, M., Sulaiman, I., Hassan, A., dan Wood. A.K. (2007). Radiation dose assessment at Amang Processing Plants in Malaysia. *Radiation Protection Dosimetry*. 124(4), 400 – 406.
- Plant, J.A., dan Saunders, A.D. (1996). The radioactive earth. *Radiation Protection Dosimetry*. 68 (1), 25-36.
- Quindós, L.S., Fernández, P.L., Soto, J., Ródenas, C., dan Gómez, A.J. (1994). Natural radioactivity in Spanish soils. *Health Physics*. 66 (2), 194–200.
- Ramli, A. T. (1993). *Biofizik Sinaran*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Ramli, A.T. (1997). Environmental terrestrial gamma radiation dose and its relationship with soil type and underlying geological formation in Pontian District, Malaysia. *Applied Radiation and Isotopes*. 48(3), 407-412.

- Ramli, A.T., Abdel Wahab, M.A., dan Lee, M.H. (2001). Geological influence on terrestrial gamma ray dose rate in the Malaysian state of Johore. *Applied Radiation and Isotopes*. 54 (2), 327–333.
- Ramli, A.T., Abdul Rahman, A.T., dan Lee, M.H. (2003). Statistical prediction of terrestrial gamma radiation dose rate based on geological features and soil types in Kota Tinggi district, Malaysia. *Applied Radiation and Isotopes*. 59 (5-6), 393-405.
- Ramli, A.T., Sahrone, S., dan Wagiran, H. (2005). Terrestrial gamma radiation dose study to determine the baseline for environmental radiological health practices in Melaka state, Malaysia. *Journal of Radiological Protection*. 25(4), 435-450.
- Ramli, A.T. (2007). Kajian Radiologi Ke Atas Kilang Amang di Negeri Perak, *Laporan Akhir Projek Penyelidikan Vot 68876*. Johor : UTM
- Ramli, A.T., Apriantoro, N.H., dan Wagiran, H. (2009). Assessment of radiation dose rates in the high terrestrial gamma radiation area of Selama District, Perak, Malaysia. *Applied Physics Research*. 1(2), 45 – 52.
- Ramli, A.T., Apriantoro, N.H., Wagiran, H., Lee, S.K., dan Wood, A.K. (2009). Health Risk implications of high background radiation dose rate in Kampung Sungai Durian, Kinta District.
- Saat, A., Kassim, N., Hamzah, Z., & Ahmad, F. (2010). Determination of surface radiation dose and concentrations of uranium and thorium in soil at UITM PERHILITAN Research Station Kuala Keniang, Taman Negara, Pahang. *Journal of Nuclear and Related Technology*, 7(2), 49–54.
- Saito, K., dan Jacob, P. (1995). Gamma ray fields in the air due to sources in the ground. *Radiation Protection Dosimetry*. 58, 29-45.
- Saleh, M. A., Ramli, A. T., Alajerami, Y., & Aliyu, A. S. (2013). Assessment of environmental (226)Ra, (232)Th and (40)K concentrations in the region of elevated radiation background in Segamat District, Johor, Malaysia. *Journal of Environmental Radioactivity*, 124, 130–40. doi:10.1016/j.jenvrad.2013.04.013

- Saleh, M. A., Ramli, A. T., Alajerami, Y., Damoom, M., & Aliyu, A. S. (2013). Isotopes in Environmental and Health Studies Assessment of health hazard due to natural radioactivity in Kluang District (February 2014), 37–41. doi:10.1080/10256016.2013.821469
- Saleh, M. A., Ramli, A. T., & Aliyu, A. S. (2013). Assessment of natural radiation levels and associated dose rates from surface soils in Pontian district. *Journal of Ovonic Research*, 9(1), 17–26.
- Santawamaitre, T., Malain, D., Al-Sulaiti, H.A., Matthews, M., Bradley, D.A., dan Regan, P.H., 2011. Study of natural radioactivity in riverbank soils along the Chao Phraya river basin in Thailand. *Nucl. Instrum. Meth. A*, 652, 920-924.
- Sanusi, M. S. M. (2014). *Kajian Fizik Kesihatan Negeri Selangor, Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur dan Putrajaya*. Tesis Sarjana, Universiti Teknologi Malaysia.
- Sanusi, M. S. M., Ramli, A. T., Gabdo, H. T., Garba, N. N., Heryanshah, A., Wagiran, H., & Said, M. N. (2014). Isodose mapping of terrestrial gamma radiation dose rate of Selangor state, Kuala Lumpur and Putrajaya, Malaysia. *Journal of Environmental Radioactivity*, 135, 67–74. doi:10.1016/j.jenvrad.2014.04.004
- Shanthi, G., Maniyan, C. G., Raj, G. A. G., & Kumaran, J. T. T. (2009). Radioactivity in food crops from high- background radiation area in southwest India. *Current Science*, 97(9), 1331–1335.
- Tufail, M., Akhtar, N., & Waqas, M. (2006). Measurement of terrestrial radiation for assessment of gamma dose from cultivated and barren saline soils of Faisalabad in Pakistan. *Radiation Measurements*, 41(4), 443–451. doi:10.1016/j.radmeas.2005.10.007
- UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (1982). *Ionizing radiation; Sources and biological effects. UNSCEAR 1982 report to the General Assembly*. New York: United Nations.
- UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (1988). *Sources and effects of ionizing radiation*. New York: United Nations.

- UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. (2000). *Sources and Effects of Ionizing Radiation*. New York: United Nations.
- Wang, Z. (2002). Natural radiation environment in China. *International Congress Series*, 1225, 39–46. doi:10.1016/S0531-5131(01)00548-9
- WHO. World Health Organization. (1993). *Guidelines for drinking water quality, Vol. 1; Recommendations* (2nd ed.). Geneva: World Health Organization.