

TAHAP RADIASI SINAR BETA DAN GAMA DI KAWASAN KAMPUS  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

SITI HIDAYAH BINTI MOHD ZAINI

TESIS INI DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI SEBAHAGIAN DARIPADA  
SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUJIAN

PROGRAM FIZIK DENGAN ELEKTRONIK  
SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Februari 2005



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: Tahap radiasi sinar beta dan gama di kawasan  
kampus Universiti Malaysia Sabah

Ijazah: Sarjana Muda Sains Dengan Kepujian (Fizik dengan Elektronika)

SESI PENGAJIAN: MEI 2002/ MAC 2005

Saya Siti Hidayah binti Mohd zaini

(HURUF BESAR)

mengaku membenarkan tesis (LPS/Sarjana/Doktor Falsafah)\* ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hakmilik 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 RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

Siti Hidayah

(TANDATANGAN PENULIS)

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

Alamat Tetap: LOT 766, BATU 6,  
34850 CHANGKAT JERING,

PROF MADYA DR FAUZIAH AZIZ  
 Nama Penyalia

Tarikh: 30/3/2005

Tarikh: 30/3/2005

CATATAN: \* Potong yang tidak berkenaan.

\*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

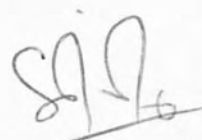
@ Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



## PENAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah dijelaskan sumbernya.

21 Februari 2005



---

SITI HIDAYAH BINTI MOHD ZAINI

831030-12-5822

HS2002-4070

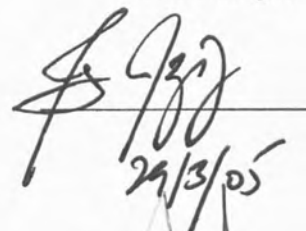


## DIPERAKUKAN OLEH

1. PENYELIA

(PROF. MADYA DR. FAUZIAH HJ AZIZ)

Tandatangan

  
29/3/05

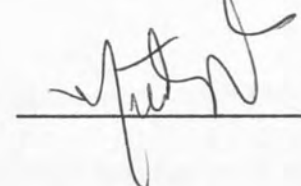
2. PEMERIKSA 1

(ENCIK ALVIE LO SIN VOI)

  
29/3/05

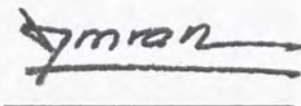
3. PEMERIKSA 2

(PUAN TEH MEE TENG)



4. DEKAN SEKOLAH SAINS DAN TEKNOLOGI

(PROF. MADYA DR. AMRAN AHMED)





## PENGHARGAAN

Setinggi-tinggi kepujian dan kesyukuran kepada Allah s.w.t kerana berkat keredhaanNya saya dapat menyiapkan juga tesis ini.

Saya ingin mengambil kesempatan ini untuk megucapkan ribuan terima kasih kepada Prof. Madya Dr. Fauziah Aziz, selaku penyelia penulisan disertasi yang telah banyak meluangkan masa dalam memberikan panduan dan nasihat bermula dari awal kajian penyelidikan saya lagi. Segala kesabaran beliau dalam memberi tunjuk ajar amat saya hargai.

Ucapan penghargaan ini juga saya tujukan khas kepada semua pensyarah-pensyarah Sekolah Sains dan Teknologi, pembantu-pembantu makmal dan rakan-rakan seperjuangan terutama rakan-rakan Fizik dengan Elektronik serta Kimia Industri yang telah banyak menghulurkan bantuan baik secara langsung mahupun secara tidak langsung sejak saya menjalankan tesis saya.

Buat ummi, abuya, opah dan adik-adik yang disayangi serta kawan baik saya Mohd Nazran, saya ingin mengambil kesempatan ini untuk merakamkan rasa terima kasih yang tidak terhingga kerana bimbingan, dorongan dan sokongan yang diberikan tanpa erti lelah kepada saya.

Terima kasih.



## ABSTRAK

Kajian tahap radiasi sinar beta dan sinar gama di Universiti Malaysia Sabah ini dilakukan dengan menggunakan alat pengesan radiasi iaitu Geiger-Muller (NDS survey meter). Menurut IAEA (International Atomic Energy Agency) dan juga ICRP (International Commission of Radiological Protection), dos setara yang dibenarkan ialah 0.1 mRem per jam ( $1\mu\text{Sv}$  per jam). Kadar dos sinar beta di sekitar kawasan kampus Universiti Malaysia Sabah ialah di bawah  $0.2\mu\text{Sv}$  per jam bagi sinar beta dan  $0.49\mu\text{Sv}$  per jam bagi sinar gama. Tahap radiasi menunjukkan tahap yang selamat. Sinaran radiasi adalah merbahaya dan boleh menyebabkan kanser sekiranya sering terdedah dengan sinaran-sinaran tersebut.

Untuk menentukan kepekatan logam berat, penganalisan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) digunakan. Proses seperti penghadaman asid nitrik, penyediaan larutan 'blank', larutan stok dan larutan piawai perlu disediakan untuk mendapatkan graf kalibrasi agar kepekatan logam berat dapat dibaca dengan tepat dan jitu.

Ketinggian dari paras laut dapat ditentukan menggunakan GPS 12 manakala pH meter digunakan untuk membaca nilai pH bagi sampel.



## ABSTRACT

The research beta and gamma rays' level at University Malaysia Sabah had been reading by Geiger-Muller (NDS survey meter). According to IAEA (International Atomic Energy Agency) and ICRP (International Commission of Radiological Protection), the equivalent dosage is 0.1 mRem per hour (1  $\mu$ Sv per jam). The dosage of beta ray in the campus of Universiti Malaysia Sabah is below 0.2  $\mu$ Sv per hour while the gamma ray is below 0.49  $\mu$ Sv per hour. The radiation levels show the safety condition. Radiation rays are dangerous and can affect cancers if we always bore with them.

Analysis using Atomic Absorbance Spectrophotometer (AAS) is to know the concentration of heavy metal. The process such as digestion with Nitric acids, preparing blank melt, stock melt and standard melt are to get calibrations graph and also to get the concentration of heavy metal readings accurately.

Altitude had been measured by GPS 12 while pH of the sediments had been measured using pH meter.



## KANDUNGAN

	Muka Surat
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xiv
SENARAI FOTO	xvi
SENARAI SIMBOL	xvii
SENARAI LAMPIRAN	xx
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 PENGENALAN	1
1.2 TUJUAN KAJIAN	4
1.3 OBJEKTIF KAJIAN	4
1.4 SKOP KAJIAN	5
1.5 KEPENTINGAN ANALISIS	7
<b>BAB 2 ULASAN KEPUSTAKAAN</b>	<b>8</b>
2.1 PENGENALAN	8
2.1.1 Kewujudan Radiasi Di Bumi	8
2.1.2 Penghasilan Radiasi Pengionan	11
2.2 JENIS-JENIS RADIASI PENGIONAN	13
2.2.1 Sinar Gama	13
2.2.2 Sinar-X	13
2.2.2.1 Sinar-X Lemah	13
2.2.2.2 Sinar-X Kuat	14





2.2.3	Sinar Alfa	14
2.2.4	Sinar Beta	14
2.3	TAHAP RADIASI YANG DIBENARKAN	20
2.4	PARAS KERADIOAKTIFAN	23
2.4.1	Unit pengukuran	23
2.4.1.1	Pendedahan	24
2.4.1.2	Dos Serapan	25
2.4.1.2.1	Kadar Dos Terserap	27
2.4.1.2.2	Anggaran Dos Punca Gama Berbentuk Titik	31
2.4.1.2.3	Dos Punca Alfa dan Beta Berbentuk Titik	32
2.4.1.3	Dos Setara	34
2.4.1.4	Dos Berkesan	36
2.4.2	Pengiraan Paras Keradioaktifan	38
2.5	KESAN RADIASI	39
2.5.1	Kesan Daripada Sinaran Pengionan	39
2.5.2	Kesan Biologi	41
2.6	PERUNDANGAN DAN PERATURAN	49
2.6.1	ICRP	49
2.6.2	IAEA	50
2.7	PUNCA-PUNCA LOGAM BERAT DALAM SEDIMEN	52
2.7.1	Punca Semulajadi	52
2.7.2	Antropogenik	53
2.7.3	Saiz Partikel Sedimen	54
2.7.4	Pengaruh pH	57
2.7.5	Pengaruh Keupayaan Redoks	57
<b>BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH</b>		<b>58</b>
3.1	PENGENALAN	58
3.2	KAEDAH PENGESANAN DAN KONSEP GEIGER-MULLER	60
3.3	KAEDAH PENYEDIAAN LARUTAN PIAWAI LOGAM	65
3.4	PERALATAN MAKMAL, BAHAN DAN RADAS	67



3.5	PROSES MENCERAP BACAAN SINARAN RADIASI	69
	3.5.1 Carta Alir Penggunaan NDS survey meter	70
3.6	PROSES PENYEDIAAN BAHAN UNTUK ANALISIS LOGAM	71
	3.6.1 Proses Pengadaman Menggunakan Asid Nitrik Pekat	71
	3.6.2 Proses Penyediaan Larutan Blank	72
	3.6.3 Penyediaan Larutan Stok dan Piawai	73
	3.6.4 Sampel Dianalisis Menggunakan AAS Kaedah Flame	74
	3.6.5 Carta Alir Proses Penghadaman Asid Nitrik Pekat	75
	3.6.6 Carta Alir Proses Penyediaan Larutan 'Blank'	76
	3.6.5 Carta Alir Proses Penyediaan Larutan Stok dan Larutan Piawai	77
	3.6.5 Carta Alir Proses Penganalisaan Menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)	78
3.7	BACAAN KETINGGIAN DARI PARAS LAUT MENGGUNAKAN GPS 12	79
	3.7.1 Carta Alir Bacaan Kedudukan dan Ketinggian Lokasi	79
3.8	BACAAN NILAI pH SAMPEL TANAH / SEDIMEN	80
	3.8.1 Carta Alir Bacaan Nilai pH Sampel	81
<b>BAB 4 KEPUTUSAN DAN ANALISIS DATA</b>		82
4.1	PENGENALAN	82
4.2	KEPUTUSAN	84
<b>BAB 5 PERBINCANGAN</b>		108
5.1	PENGENALAN	108
5.2	PERBINCANGAN KAJIAN	109
5.3	LANGKAH BERJAGA-BERJAGA	113
<b>BAB 6 KESIMPULAN</b>		114
RUJUKAN		115



*[The main body of the page contains extremely faint, illegible text, likely bleed-through from the reverse side of the paper.]*



## SENARAI JADUAL

No. Jadual	Muka Surat
1.1	3
2.1	17
2.2	21
2.3	22
2.4	26
2.5	35
2.6	37
2.7	46
2.8	47
2.9	53
3.1	66
3.2	67
3.3	67
3.4	68
3.5	68
4.1	84
4.2	85
4.3	85





4.4	Tahap radiasi sinaran beta yang dikesan oleh NDS survey meter di Institut Penyelidikan Biologi Tropika dan Pemuliharaan	86
4.5	Tahap radiasi sinaran beta yang dikesan oleh NDS survey meter di Pusat Pentadbiran UMS	86
4.6	Tahap radiasi sinaran beta yang dikesan oleh NDS survey meter di sekitar Dewan Kuliah Pusat	87
4.7	Tahap radiasi sinaran beta oleh NDS survey meter di Sekolah Perniagaan dan Ekonomi	87
4.8	Tahap radiasi sinaran beta oleh NDS survey meter di Sekolah Sains Sosial	88
4.9	Tahap radiasi sinaran beta oleh NDS survey meter di Dewan Canselor	88
4.10	Tahap radiasi sinaran beta oleh NDS survey meter di Sekolah Kejuruteraan dan Teknologi Maklumat	89
4.11	Tahap radiasi sinaran beta oleh NDS survey meter di kawasan masjid UMS	89
4.12	Tahap radiasi sinaran beta oleh NDS survey meter di Kolej Kediaman A	90
4.13	Tahap radiasi sinaran beta oleh NDS survey meter di Kompleks Sukan UMS	90
4.14	Analisis oleh spektrofotometer serapan atom untuk larutan piawai kalsium	96
4.15	Analisis oleh spektrofotometer serapan atom untuk larutan sampel yang menguji kehadiran kalsium	96
4.16	Analisis oleh spektrofotometer serapan atom untuk larutan piawai kromium	97
4.17	Analisis oleh spektrofotometer serapan atom untuk larutan sampel yang menguji kehadiran kromium	97
4.18	Analisis oleh spektrofotometer serapan atom untuk larutan piawai kuprum	98
4.19	Analisis oleh spektrofotometer serapan atom untuk larutan sampel yang menguji kehadiran kuprum	98



4.20	Analisis oleh spektrofotometer serapan atom untuk larutan piawai plumbum	99
4.21	Analisis oleh spektrofotometer serapan atom untuk larutan sampel yang menguji kehadiran plumbum	99
4.22	Analisis oleh spektrofotometer serapan atom untuk larutan piawai zink	100
4.23	Analisis oleh spektrofotometer serapan atom untuk larutan sampel yang menguji kehadiran zink	100
4.24	Hubungan tahap radiasi sinaran beta dan gama dengan faktor ketinggian	101
4.25	Hubungan tahap radiasi sinaran beta dan gama dengan faktor pH sampel	102
4.26	Hubungan tahap radiasi sinaran beta dan gama dengan faktor kandungan Logam berat	102



## SENARAI RAJAH

No. Rajah	Muka Surat
1.1	2
1.2	6
2.1	8
2.2	26
2.3	27
2.4	29
2.5	30
2.6	32
2.7	41
2.8	43
3.1	59
3.2	60
3.3	61
3.4	62
3.5	64
3.6	64
3.7	70
3.8	75
3.9	76





3.10	Carta alir proses penyediaan larutan stok dan larutan piawai	77
3.11	Carta alir penganalisan menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS)	78
3.12	Carta alir bacaan kedudukan dan ketinggian dari paras laut lokasi	79
3.13	Carta alir bacaan nilai pH sampel tanah / sedimen	81
4.1	Kedudukan dan ketinggian dari paras laut beberapa kawasan dikampus Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu	91
4.2	Perbandingan tahap radiasi sinar beta ( $\beta$ ) pada waktu pagi (0600-1200) dan petang (1200-1800) sekitar kampus UMS	92
4.3	Perbandingan tahap radiasi sinar gama ( $\gamma$ ) pada waktu pagi (0600-1200) dan petang (1200-1800) sekitar kampus UMS	93
4.4	Tekstur sedimen yang diambil di beberapa kawasan kampus Universiti Malaysia Sabah untuk dikaji menggunakan AAS	94
4.5	Pelan lokasi yang menunjukkan nilai pH tanah / sedimen di beberapa lokasi yang diambil oleh pH meter	95
4.6	Kepekatan kandungan logam kalsium (Ca) dalam sampel di beberapa lokasi di Universiti Malaysia Sabah	103
4.7	Kepekatan kandungan logam kromium (Cr) dalam sampel di beberapa lokasi di Universiti Malaysia Sabah	104
4.8	Kepekatan kandungan logam kuprum (Cu) dalam sampel di beberapa lokasi di Universiti Malaysia Sabah	105
4.9	Kepekatan kandungan logam plumbum (Pb) dalam sampel di beberapa lokasi di Universiti Malaysia Sabah	106
4.10	Kepekatan kandungan logam zink (Zn) dalam sampel di beberapa lokasi di Universiti Malaysia Sabah	107
5.1	Perbandingan tahap radiasi sinar beta pada waktu pagi dan petang mengikut ketinggian dari paras laut	110





**SENARAI FOTO**

No. Foto		Muka Surat
3.1	Geiger-Muller (NDS survey meter) yang digunakan untuk mengukur tahap radiasi sinaran beta dan gama di sekitar kampus Universiti Malaysia Sabah	65
3.2	Spektrofotometer serapan atom Perkin Elmer	74
3.3	Kandungan pH sampel dapat diukur dengan menggunakan pH meter	80



## SENARAI SIMBOL

$\alpha$	Sinar alfa
$\beta$	Sinar beta
$\gamma$	Sinar gama
$\nu$	Neutrino
B	Boron
Be	Berilium
C	Karbon
H	Hidrogen
He	Helium
N	Nitrogen
O	Oksigen
Gy	Gray
mSv	miliSievert
$\mu$ Sv	mikroSievert
mRem	miliRem
Q	Kualiti bagi sinar
R	Roentgen
Z	Nombor atom
$E_{\beta\max}$	Tenaga kinetik sinar-x dalam unit MeV
$\beta^+$	Positron
$e^-$	Elektron

$t_{d, \beta_{\max}}$	Ketumpatan dalam unit $\text{mgcm}^{-2}$
$E$	$E_{\beta_{\max}}$ dalam unit MeV
$t_{\text{linear}}$	Ketebalan linear dalam unit cm.
$t_d$	Ketumpatan ketebalan dalam unit $\text{mgcm}^{-2}$
$\rho$	Ketumpatan dalam unit $\text{mgcm}^{-2}$
$M$	Jumlah foton atau zarah yang dipancarkan setiap saat
$T_s$	Faktor transmisi sinaran gama
$d$	Jarak dari punca
$A$	Keaktifan punca dalam unit Ci
$n_\gamma$	Kadar cabang sinar gama
$S$	Keaktifan tentu dalam unit Ci pergram
$T$	Tenaga median zarah-zarah beta yang dipancarkan
$W_R$	Faktor pemberat sinaran
$N$	Faktor pengubahsuaian
$D$	Dos terserap
$H_T$	dos setara bagi tisu $T$
$^{\circ}\text{K}$	Darjah Kelvin
$^{\circ}\text{C}$	Darjah Celsius
$\text{Ca}$	Kalsium
$\text{Cr}$	Kromium
$\text{Cu}$	Kuprum
$\text{Pb}$	Plumbum
$\text{Zn}$	Zink

$\text{HNO}_3$	Asid Nitrik
ml	mililiter
ppm	part per million (unit kecekapan)
cm	sentimeter





## SENARAI LAMPIRAN

		Muka Surat
A	Jadual kerja kajian tahap radiasi di kawasan kampus Universiti Malaysia Sabah	119
B	Faktor pembetulan julat untuk setiap julat alat serta jadual faktor tentukan untuk sinar-X, sinar gama dan sinar beta	120
C	Pengiraan purata tahap radiasi bagi sinar beta dan sinar gama di Institut Penyelidikan Marin Borneo pada waktu pagi	121
D	Sijil tentukan untuk NDS Products survey meter yang dikeluarkan oleh MINT	122
E	Keadaan piawai dan ciri-ciri kepekatan yang sesuai untuk proses analisis menggunakan spektrofotometer serapan atom	123
F	Foto menunjukkan tahap radiasi sinaran pengionan diambil	124
G	Foto menunjukkan NDS Products survey meter pada posisi atas	125
H	Foto menunjukkan 7 sampel tanah dan sedimen yang telah siap dikeringkan	126
I	Foto menunjukkan sampel sedang dipanaskan di atas plat pemanas	127
J	Foto menunjukkan sampel dituras	128
K	Foto menunjukkan sampel-sampel daripada 3 lokasi yang berbeza	129
L	Foto menunjukkan sampel-sampel yang dilabelkan S1, S2, S3, S4, S5, S6 dan S7 iaitu terdapat 7 stesyen	130
M	Foto menunjukkan spektrofotometer serapan atom model Hitachi Z-5000 yang terdapat di makmal bioteknologi Sekolah Kejuruteraan dan Teknologi Maklumat	131
N	Foto menunjukkan penimbang digital yang terdapat di makmal kimia Analisis	132
O	Foto menunjukkan GPS 12 yang digunakan untuk mengukur paras ketinggian dari aras laut serta kedudukan lokasi	133
P	Kepekatan logam berat dalam sampel sebagai perbandingan	134



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 PENGENALAN

Radiasi merupakan penyebaran tenaga zarah atau gelombang. Zarah yang dimaksudkan terdiri daripada zarah alfa ( $\alpha$ ) dan zarah beta ( $\beta$ ). Manakala gelombang pula ialah gelombang elektromagnet iaitu sinar gama ( $\gamma$ ) dan sinar-x.

Menurut seorang ahli fizik Perancis Antoine Henry Becquerel (1986) ketika melakukan eksperimen, mendapati bahawa terdapat penghitaman pada piring fotograf dengan menggunakan elemen uranium. Beliau membuat kesimpulan bahawa keradioaktifan merupakan proses pembelahan secara spontan nukleus di mana zarah-zarah alfa dan beta dibebaskan atau bagi sinar elektromagnet pula ialah sinar-x dan sinar gama dibebaskan.

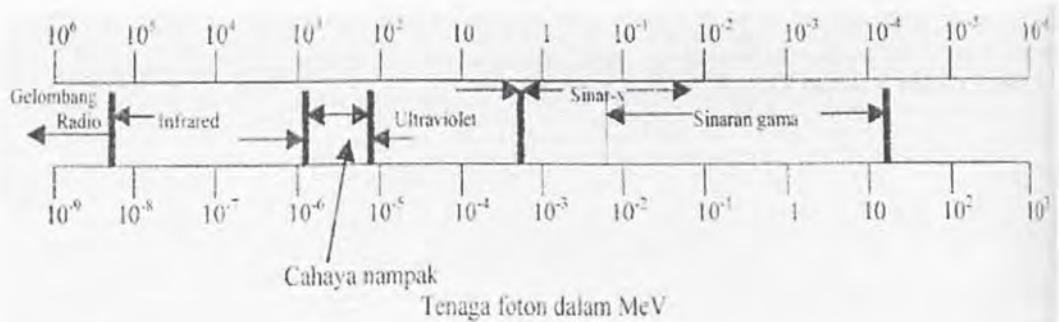
Zarah alfa merupakan zarah yang berat iaitu 80 000 lebih berat daripada zarah beta. Ia terdiri daripada dua proton dan dua elektron. Ia juga merupakan atom bercas dan



menyamai unsur helium. Zarah ini dapat diberhentikan dengan menggunakan hanya menggunakan sehelai kertas nipis.

Manakala zarah beta pula, ia boleh dikatakan mempunyai sifat sama seperti elektron yang pantas bergerak. Zarah ini dapat diberhentikan dengan menggunakan 6 mm plat aluminium. Zarah ini meresap dari nukleus ketika proses pereputan radiasi.

Bagi sinar gama pula, ia mempunyai sifat penembusan yang tinggi berbanding sinar-x iaitu bagi kategori sinar elektromagnet. Sinar gama merupakan sinar tidak nampak dan mampu bergerak laju cahaya. Namun dapat dielakkan dengan menggunakan plumbum. Sinar ini amat berbahaya kerana dapat merosakkan atau mencederakan organisma kehidupan dengan hanya dos yang sedikit manakala apabila terdedah dengan dos yang banyak akan membawa maut.



**Rajah 1.1** Spektrum sinaran elektromagnetik (Abd Khalik Hj Wood et al., 2002).

Sinaran-sinaran radiasi ini diklasifikasikan kepada sinaran mengion dan sinaran tidak mengion (Abd Khalik Hj Wood et al., 2002).

**Jadual 1.1** Klasifikasi sinaran (Abd Khalik Hj Wood et al., 2002).

Sinaran mengion (IR)	Sinaran tidak mengion (NIR)
Sinar-x	Sinar UV
Sinar gama	Sinaran suria atau cahaya suria
Sinaran alfa (sinaran zarah)	Sinaran infra merah
Sinaran beta (sinaran zarah)	Sinaran radio



## RUJUKAN

- Abd Khalik Hj Wood et al., 2002. *Perlindungan sinaran*. Ed. Pertama. MINT, Bangi.
- Abdul Ghaffar Ramli, 1991. *Keradioaktifan asas dan penggunaan*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Abd. Aziz Mhd. Ramli et al., 2002. *Radiation safety*. Ed. Ke-2. MINT, Bangi.
- Ahmad Badri Mohamad, 1987. *Perspektif persekitaran*. Penerbit Fajar Bakti, Kuala Lumpur.
- Ahmad Termizi Ramli, 1988. *Keradioaktifan dan sinar bahaya: Keselamatan dan perlindungan pekerja*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Ahmad Termizi Ramli, 1989. *Penggunaan sinaran keradioaktifan asas dan tenaga nuklear*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Alloway, B. J. & Ayres, D. C. 1993. *Chemical principles of environmental pollution*. Chapman and Hall, London.
- A. M. Kellerer, 1989. Studies of the dose-effect relation. *Experientia*. **45**, 13-21.
- Che Aziz Ali, 1995. *Sedimentologi gunaan*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Terjemahan Seley, R. C., 1988. *Applied sedimentology*. Academic Press, London. Hlmn 1, 25, 34,44.
- Cunning Ham. Saigo, 1998. *Environmental science a global career*. Wm. C. Brown Publishers, USA.
- C. Michel, 1989. Radiation embryology. *Experientia*. **45**, 69-77.



- Forstner, U. 1989. Contaminated sediments. Dlm. Bhattacharji S., Friedman, G. S., Neugebauer, H. J. & Seilacher, A., (pyntg.). *Lecture notes in earth science*. Jil. 21. Springer-verlag, New York, M.s 1, 11-12, 39, 138.
- Goyer, R. A. & Cherian, M. G. 1995. *Toxicology of metals: biochemical aspects*. Springer-Verlag, Berlin.
- Hj Ahmad Meah Baba Ahmed, 1986. *Asas fizik radiologi diagnosis*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- H. Blattmann, 1989. Radiation Physics. *Experientia*. **45**, 2-7.
- Jahimin Asik, 1994. *Status logam berat dalam sedimen beberapa sungai di sekitar daerah Ranau*. Tesis Sm. Sn. UKM. Tidak diterbitkan.
- John Ball dan Andrian D. Moore, 1997. *Essential physics for radiographers*. Ed. Ke-3. Blackwell Science Ltd, London.
- John R. Cooper, Keith Randle dan Ranjeet S. Sokhi, 2002. *Radioactive releases in the environment, impact and assessment*. John Wiley & Sons, Ltd, United Kingdom.
- Jorgensen, S.E. 1990. *Modelling in ecotoxicology*. Amsterdam: Elsevier.
- J. J. Broerse, D. W. Van Bekkum dan Zurcher, 1989. Radiation carcinogenesis in experimental animals. *Experientia*. **45**, 60-68.
- Manahan, S. E., 1994. *Environmental chemistry*. Ed. Ke-6. Lewis Publisher, United States.



- McEldowncy, S. Hardman, D.J. & Waiter, 1993. *Pollution: ecology & biotreatment*. Longman Group, New York.
- McKnight, T.L. 1984. *Physical geography: A Land Appreciation*. Ed. ke-5. Prentice Hall, Inc, New Jersey.
- Moore, P. & Hunt, G., 1983. *The atlas of the solar system*. Mitchell Beazley Publishers, London.
- Richard R. Carlton dan Arlene M. Adler, 2001. *Principles of radiographic imaging: An art and a science*. Ed. ke-3. Delmar Thomson Learning, USA.
- Sager, M. 1992. Chemical specification & environment, mobility of heavy metals in sediments & soils. Dlm. Stoepler, M. (pytg.). *Hazardous metals in the environment*. Jil. 12. Elsevier Science, London.
- Skinner, S. & Crammer, R., 1998. *Radiation alert: Operation manual for the monitor 4, monitor 4EC, monitor 5 and MCIK*. S.E Int., Inc, USA.
- Sukiman S., 1991. *Radiokimia*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- United Nations. 1985. *Radiation: Doses, effect; risks. (No. E.86. III. D.4)*. United Nations Environment Programme, Kenya.
- U. Hagen, 1989. Biochemical aspects of radiation biology. *Experientia*. **45**, 7-12.
- William, C. N. & Joseph, K. T. 1993. *Iklm, tanah dan pengeluaran tanaman di kawasan tropika lembap*. Penerbit Fajar Bakti Sdn. Bhd, Petaling Jaya.
- William H. Hallenbeck, 1994. *Radiation protection*. Lewis Publishers, USA.



Yusoff Mohd Amin dan D. Bradley, 2001. *Principles of radiation Protection*. University Of Malaya Press, Kuala Lumpur.

