

**TAHAP SERAPAN SINARAN DI PERMUKAAN LAUT  
SEKITAR PULAU GAYA**

**HANISAH BINTI HASHIR**

**PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**DISERTASI 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**

**APRIL 2007**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PERKESAHAN STATUS TESIS@

JUDUL: TAHAP RADIASI DI PERMUKAAN LAUT  
SEKITAR PULAU GAYA.

Ijazah: SARJANA MUDA SAINS DENGAN KEPUPUAN (FIZIK DENGAN EC)

SESSI PENGAJIAN: 2004/2005.

Saya HANISAH TAHIR.

(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 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 (/)

**PERPUSTAKAAN**

**UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

SULIT

TERHAD

TIDAK TERHAD

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

Disahkan oleh

**(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)**

P.M DR E.S ALVIA 10 SIN VSI

Nama Penyelia

**(TANDATANGAN PENULIS)**

Tarikh Tetap: NO 12, LRG

KAMPUNG 4, TANJAN

KERIAN 5, 34200 P. BUNTAR.

Tarikh: 30.4.2007.

Tarikh: 30.4.2007.

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).



**PENGAKUAN**

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

**23 April 2007**

---

**HANISAH BINTI HASHIR**

**HS2004-2801**

**PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

**DIPERAKUKAN OLEH**

Tandatangan

**1. PENYELIA**

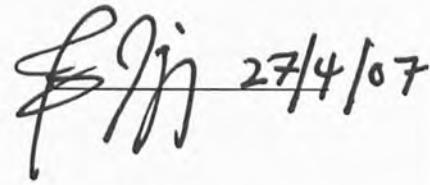
(EN. ALVIE LO SIN VOI)



20/4/07

**2. PEMERIKSA 1**

( PM DR. FAUZIAH HJ. ABD AZIZ)

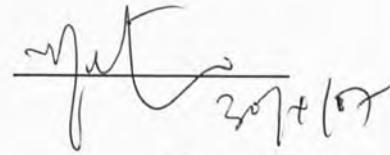


27/4/07

**3. PEMERIKSA 2**

(PN. TEH MEE TENG)

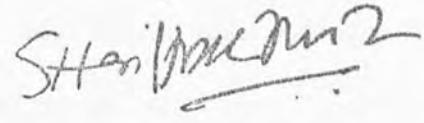
PERPUSTAKAAN  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



20/4/07

**4. DEKAN**

(PROF. MADYA DR. SHARIFF AK OMANG)



20/4/07



**UMS**  
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

## PENGHARGAAN

Pertama sekali, syukur kepada Illahi di atas segala kemudahan yang diberikan-Nya dapat saya siapkan disertasi ini dengan jayanya.

Di kesempatan ini ingin saya rakamkan jutaan terima kasih kepada penyelia saya, En.Alvie Lo Sin Voi yang banyak memberi panduan kepada saya dalam menyiapkan disertasi ini. Terima kasih juga diucapkan kepada pembantu makmal Fizik, En.Rahim dan beberapa pensyarah Sekolah sains dan Teknologi serta rakan-rakan seperjuangan yang begitu setia memberi semangat dan kata-kata perangsang.

Tidak lupa kepada keluarga tercinta yang menjadi nadi kepada usaha saya dan kepada insan tersayang yang berterusan membakar semangat saya selama saya menyiapkan disertasi ini. Tanpa mereka, tidak mungkin disertasi ini siap dengan sempurnanya. Terima kasih.

HANISAH BINTI HASHIR

HS2004-2801

## ABSTRAK

Setiap hari kita sentiasa terdedah kepada sumber-sumber radiasi di sekeliling kita. Radiasi ini adalah tidak berbahaya jika dos serapannya tidak melebihi nilai piawai yang dikeluarkan oleh Suruhanjaya Antarabangsa mengenai Unit-unit dan Perlindungan Radiologi (ICRP). Tahap radiasi di setiap tempat adalah berbeza mengikut faktor-faktor yang mempengaruhinya. Antaranya ialah kadar keamatan sinaran matahari dan juga jumlah radiasi yang dikeluarkan oleh pereputan unsur-unsur radioaktif yang terkandung secara semula jadi di dalam batuan dan tanah di bumi ini. Dalam disertasi ini, setelah bacaan kadar dos serapan diambil dengan menggunakan tiub Geiger-Muller didapati bahawa nilai radiasi untuk permukaan laut cetek ialah  $0.294 \mu\text{Sv}/\text{j}$ , permukaan laut dalam sebanyak  $0.369 \mu\text{Sv}/\text{j}$  dan permukaan laut berbatu karang pula adalah paling tinggi iaitu sebanyak  $0.497 \mu\text{Sv}/\text{j}$ . Manakala tahap radiasi di permukaan laut yang sedang mengalami ‘red tide’ adalah yang paling rendah iaitu  $0.335 \mu\text{Sv}/\text{j}$ . Walaubagaimanapun dapat dibuat rumusan bahawa tahap radiasi di permukaan laut sekitar Pulau Gaya masih di bawah paras selamat iaitu tahap yang dibenarkan oleh Suruhanjaya Antarabangsa mengenai Unit-unit dan Perlindungan Radiologi (ICRP) untuk orang awam iaitu sebanyak  $5 \text{ mSv}$  setahun.

## ABSTRACT

Almost everyday we are exposed to radiation sources surrounding us. Radiation is not harmful if absorption rate does not exceed the standard value stipulated by International Commission of Radiology Protection (ICRP). The radiation level in each place differs according to the factor affecting it. Some of the examples are the sun illumination rate and total radiation produces by decaying radioactive particles which naturally available inside the rocks and soil. In this dissertation, after the dose of absorption taken using the Geiger-Muller tube, it showed that the radiation level for the shallow sea surface was  $0.294 \mu\text{Sv/hr}$ , deep sea surface was  $0.369 \mu\text{Sv/hr}$  and sea surface with coral reefs had the highest value of  $0.497 \mu\text{Sv/hr}$ . Whereas sea surface which encountered red tide phenomenon had the lowest value of  $0.335 \mu\text{Sv/hr}$ . Nevertheless, conclusion can be made that the radiation level of the sea surface surrounding Gaya Island was still below the standard level for the public (5 mSv per year) which is issued by The International Commission of Radiology Protection known as ICRP.

## SENARAI KANDUNGAN

	<u>Muka Surat</u>
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
SENARAI KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	xi
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SIMBOL	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xiv
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 PENGENALAN	1
1.2 TUJUAN KAJIAN	3
1.3 OBJEKTIF KAJIAN	3
1.4 SKOP KAJIAN	3
<b>BAB 2 KAJIAN TERDAHULU</b>	<b>4</b>
2.1 PENEMUAN SINARAN	4
2.2 PENEMUAN KERADIOAKTIFAN	5
2.3 PENEMUAN UNSUR RADIOAKTIF	7



2.4	UNIT PENGUKURAN	8
2.4.1	Gandaan	8
2.4.2	Tenaga, E	9
2.4.3	Keaktifan, A	9
2.4.4	Pendedahan, X	10
2.4.5	Dos terserap, D	10
2.4.6	Dos setara, H	11
2.5	JENIS-JENIS RADIASI	12
2.5.1	Radiasi pengion	12
2.5.2	Radiasi bukan pengion	14
2.6	KESAN-KESAN RADIASI	15
2.7	BADAN-BADAN ANTARABANGSA PIAWAIAN KESELAMATAN	18
2.7.1	ICRU	18
2.7.2	ICRP	19
2.8	PIAWAIAN PERLINDUNGAN RADIASI	20
2.8.1	Pendedahan pekerja	20
2.8.2	Pendedahan awam	21
<b>BAB 3 BAHAN DAN KAEDAH</b>		<b>22</b>
3.1	LOKASI KAJIAN	22
3.2	PENENTUAN BACAAN RADIASI	24
3.2.1	Sistem Kedudukan Sejagat (GPS)	24
3.2.2	Tiub Geiger-Muller	25



3.3 ANALISIS DATA	27
<b>BAB 4 KEPUTUSAN</b>	<b>28</b>
4.1 PERMUKAAN LAUT CETEK	29
4.2 PERMUKAAN LAUT DALAM	30
4.3 PERMUKAAN LAUT-DASAR BERBATU KARANG	31
4.4 PERMUKAAN LAUT RED-TIDE	32
<b>BAB 5 ANALISIS DAN PERBINCANGAN</b>	<b>33</b>
5.1 PERBANDINGAN TAHAP RADIASI ANTARA PAGI DAN PETANG	34
5.2 PERBANDINGAN TAHAP RADIASI ANTARA KOTA KINABALU DAN PULAU GAYA	36
5.3 PERBANDINGAN TAHAP RADIASI DI LOKASI KAJIAN DENGAN NILAI PIAWAI OLEH BADAN ANTARABANGSA, ICRP	38
5.4 PERBANDINGAN TAHAP RADIASI PERMUKAAN LAUT YANG MENGALAMI ‘RED TIDE’ DENGAN PERMUKAAN LAUT BIASA	39
5.5 PERBANDINGAN TAHAP RADIASI ANTARA LOKASI KAJIAN	41
<b>BAB 6 KESIMPULAN</b>	<b>42</b>
<b>RUJUKAN</b>	<b>44</b>
LAMPIRAN A	47

LAMPIRAN B	49
LAMPIRAN C	50
LAMPIRAN D	52
LAMPIRAN E	54
LAMPIRAN F	56
LAMPIRAN G	57
LAMPIRAN H	61



## SENARAI JADUAL

<b>Bil. Jadual</b>	<b>Muka surat</b>
2.1 Peristiwa penting dalam bidang keradioaktifan	7
2.2 Gandaan-gandaan yang digunakan dalam unit SI	8
2.3 Kesan-kesan penyakit selepas pendedahan yang tinggi pada masa singkat.	16
4.1 Purata kadar dos sebenar di permukaan laut cetek pada waktu pagi	29
4.2 Purata kadar dos sebenar di permukaan laut cetek pada waktu petang	29
4.3 Purata kadar dos sebenar di permukaan laut dalam pada waktu pagi	30
4.4 Purata kadar dos sebenar di permukaan laut dalam pada waktu petang	30
4.5 Purata kadar dos sebenar di permukaan laut-dasar berbatu karang pada waktu pagi	31
4.6 Purata kadar dos sebenar di permukaan laut-dasar berbatu karang pada waktu petang	31
4.7 Purata kadar dos sebenar di permukaan laut ‘red-tide’ pada waktu petang	32



## **SENARAI SIMBOL**

$\alpha$	alfa
$\beta$	beta
$\gamma$	gamma
$\mu$	mikro
Sv	sievert
$\mu$ Sv	mikroSievert
mSv	miniSievert
B	bacaan dos terserap dari tiub Geiger-Muller
Bq	Becquerel
Ci	Curie
CF	faktor tentukan
D	dos serapan sebenar
J	faktor pembetulan
eV	elektronVolt
Gy	Gray
Q	faktor kualiti



## **SENARAI LAMPIRAN**

<b>No. Lampiran</b>	<b>Muka surat</b>
A Peta kedudukan pulau-pulau di Taman Tunku Abdul Rahman	47
B Purata kadar dos sebenar untuk kawasan sekitar Kota Kinabalu	49
C Kadar dos sebenar bagi permukaan laut cetek	50
D Kadar dos sebenar bagi permukaan laut dalam	52
E Kadar dos sebenar bagi permukaan laut-dasar berbatu karang	54
F Kadar dos sebenar bagi permukaan laut ‘red-type’	56
G Sijil Tentukuran bernombor 06122543	57
H Jadual pengagihan kerja	61



## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 PENGENALAN**

Radiasi ataupun sinaran adalah satu bentuk tenaga yang dipancarkan oleh atom atau molekul dan disebarluaskan melalui ruang atau melalui jirim sebagai partikel ataupun gelombang elektromagnet. Apabila radiasi bertindak dengan jirim, sebahagian atau kesemua tenaga radiasi tersebut boleh diserap oleh jirim tersebut. Ia bertindak seperti cahaya, bergerak mengikut garis lurus. Apabila berlanggar dengan sesuatu objek, ia boleh memancar, memantul dan diserap. Ia mudah mengurangkan tenaganya apabila ia bergerak jauh daripada sumbernya di mana radiasi dikeluarkan.

Radiasi terbahagi kepada dua iaitu radiasi pengion dan radiasi bukan-pengion. Sumber-sumber radiasi pengion adalah seperti sinar gamma, sinar-x dan ultralembayung iaitu sinar yang mempunyai frekuensi yang tinggi. Manakala radiasi bukan-pengion pula adalah seperti cahaya nampak, infra-red, mikrogelombang dan gelombang radio iaitu yang berfrekuensi rendah.



Sebenarnya, boleh dikatakan setiap hari kita terdedah kepada radiasi asli seperti cahaya matahari. Akan tetapi ia tidaklah membawa bahaya kepada kita kerana tahap yang wujud secara semula jadi adalah rendah dan risikonya amat kecil. Daripada kesemua cahaya yang datang dari matahari, hanya 70% daripadanya yang Berjaya menembusi lapisan atmosfera. Selebihnya dipantul semula. Daripada 70% itu, hanya 45% yang sampai ke permukaan bumi. 25% lagi terserap di atmosfera (Botkin *et al.*, 2003).

Selain radiasi dari matahari, radiasi juga terhasil daripada pereputan-pereputan unsur radioaktif yang sememangnya ada di permukaan bumi seperti Uranium, Argon dan Kalium. Lapisan bumi mengandungi Uranium yang memancarkan sinar alfa,  $\alpha$ . Dalam udara pula terdapat Argon-41 yang memancarkan sinar gamma,  $\gamma$  bertenaga 1.294 MeV. Badan manusia sendiri mengandungi kalium-40 yang memancarkan sinar gamma,  $\gamma$  bertenaga 1.461 MeV (Ramli, A.T., 1989). Akan tetapi, dos yang terdedah kepada kita hasil daripada pancaran daripada unsur-unsur ini tidaklah membahayakan kita.

## 1.2 TUJUAN KAJIAN

Kajian ini dijalankan adalah bertujuan untuk mendapatkan nilai purata kadar radiasi di permukaan laut sekitar Pulau Gaya yang terletak di perairan Kota Kinabalu di samping mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi kadarnya.

## 1.3 OBJEKTIF KAJIAN

- Menentukan nilai bacaan bagi tahap radiasi di permukaan laut Pulau Gaya.
- Membandingkan tahap radiasi di permukaan laut dengan di Bandar Kota kinabalu.
- Membandingkan tahap radiasi di permukaan laut cetek laut dalam dan laut yang dasarnya berbatu karang.
- Membandingkan tahap radiasi pada waktu pagi dengan petang.
- Membandingkan tahap radiasi di permukaan laut Pulau Gaya dengan tahap radiasi piawai yang dikeluarkan oleh Suruhanjaya Antarabangsa mengenai Perlindungan Radiologi (ICRP).

## 1.4 SKOP KAJIAN

Kajian ini lebih difokuskan kepada menentukan tahap radiasi iaitu nilai-nilai keradioaktifan yang hadir di permukaan laut yang berlainan bentuk muka buminya. Antaranya ialah permukaan laut yang dasarnya cetek, dalam dan berbatu karang. Kajian ini juga lebih tertumpu kepada beberapa kawasan sahaja di sekitar perairan Pulau Gaya.

## **BAB 2**

### **KAJIAN TERDAHULU**

#### **2.1 PENEMUAN SINARAN**

Fizik sinaran lahir pada 1895 apabila Rontgen menemui sinaran Rontgen atau kemudiannya dikenali sebagai sinar-x. Sinaran ini didapati boleh menembusi kertas pembalut filem fotografi. Sifatnya didapati sama dengan sinaran elektromagnet yang lain yang antaranya merambat dalam satu garis lurus dan tidak dipesongkan oleh medan elektrik atau magnet.

Sinar-x telah digunakan dengan meluas sebelum kesan radiobiologinya difahami dengan sewajarnya. Akibatnya, 40 tahun kemudian dilaporkan sekurang-kurangnya 110 orang ahli radiologi yang telah menemui maut disebabkan oleh penyakit yang dihasilkan oleh kecederaan kerana pendedahan yang berlebihan terhadap sinar-x. Pada masa kini, sinar gamma dan sinar-x digunakan secara meluas dalam prosedur radiologi. Sinaran ini mempunyai kuasa menembus yang lebih jika dibandingkan dengan sinaran matahari serta berupaya menembusi badan manusia. Tiang-tiang konkrit atau plumbum digunakan sebagai perlindungan daripada radiasi ini.



## 2.2 PENEMUAN KERADIOAKTIFAN

Pada tahun 1896 iaitu pada tahun berikutnya, keradioaktifan telah ditemui oleh Henry Becquerel (Wolfson, R. *et al.*, 1999). Kajian-kajian Becquerel telah mendapati pendarflour daripada kalium uranil sulfat terutama sekali apabila diuja oleh sinaran ultraungu. Dalam tahun yang sama, Becquerel telah melaporkan keputusan kajiannya, iaitu setelah uranil disulfat didedahkan kepada cahaya suria, bahan tersebut boleh menghitamkan plat fotografi setelah menembusi kertas hitam, kaca dan bahan-bahan lain. Seterusnya beliau telah membuktikan bahawa kebolehan untuk menghitamkan plat fotografi juga berlaku walaupun bahan tersebut tidak didedahkan kepada cahaya suria. Oleh yang demikian, beliau telah membuat anggapan bahawa sinaran yang mempunyai daya penembusan yang tinggi dihasilkan oleh uranil disulfat dan dinamakan ‘sinaran uranium’.

Pengetahuan selanjutnya mengenai keradioaktifan telah diperluaskan oleh Pierre Curie dan isterinya Marie Sklodowska Curie mulai tahun 1898 (Wolfson, R. *et al.*, 1999). Marie Curie mendapati ‘sinaran uranium’ yang dilaporkan oleh Becquerel juga boleh didapati daripada garam torium. Dalam usaha kajian beliau, suatu unsur baru yang menghasilkan keradioaktifan yang tinggi telah dijumpai daripada proses pemisahan dengan menggunakan bijih uranium sebagai bahan permulaan. Unsur ini dikenali sebagai polonium. Seterusnya, radium pula ditemui. Semua unsur ini diketahui menghasilkan sinaran yang mempunyai sifat-sifat seperti sinar-x.

Kebolehan sinaran tersebut untuk menyahcaskan elektroskop telah dapat difahami melalui kajian Joseph Thompson. Sinaran ini dianggap telah menyebabkan pengionan udara yang kemudiannya meneutralkan cas yang wujud pada pangkalan elektroskop. Kajian selanjutnya oleh Ernest Rutherford mengenai daya penembusan sinaran radioaktif menunjukkan bahawa wujud tiga jenis sinaran. Sinaran yang dapat diserap oleh kepingan aluminium nipis dinamakan sinar alfa,  $\alpha$ . Sinaran yang dapat diserap oleh beberapa kepingan aluminium dinamakan sinar beta,  $\beta$ . Manakala yang tidak diserap dalam kedua-dua bahan dinamakan sinar gamma,  $\gamma$ .

### 2.3 PENEMUAN UNSUR RADIOAKTIF

Unsur radioaktif semulajadi seterusnya telah ditemui hasil daripada kerja penyelidikan yang dikatakan Pierre dan Marie Curie. Antara unsur radioaktif yang ditemui oleh mereka ialah torium, polonium dan radium. Dalam jadual 2.1 disenaraikan peristiwa utama dalam bidang keradioaktifan seterusnya.

**Jadual 2.1** Peristiwa penting dalam bidang keradioaktifan (Husin Wagiran, 1992)

Peristiwa	Tahun	Ahli fizik
Penemuan elektron	1897	J. J. Thomson
Hubungan tenaga-jisim	1905	Einstein
Hipotesis nukleus	1911	Rutherford
Model atom nukleus	1913	Bohr
Transmutasi nitrogen oleh zarah alfa	1919	Rutherford
Pembelauan elektron	1927	Germer dan Davisson
Penemuan neutron	1932	Chadwick
Penemuan keradioaktifan buatan	1934	Curie dan Juliet
Penemuan pembelahan	1939	Hahn dan Strassmann



## 2.4 UNIT PENGUKURAN

Unit pengukuran bagi keradioaktifan dinyatakan dalam sistem cgs (*centimeter-gram-seconds*) dan juga sistem unit antarabangsa (SI) kerana masih ramai ahli sains yang menggunakan sistem cgs tetapi penggunaan unit SI digalakkan.

### 2.4.1 Gandaan

Gandaan seringkali digunakan untuk meringkaskan sesuatu angka. Gandaan-gandaan yang digunakan dalam unit SI dinyatakan dalam jadual 2.2.

**Jadual 2.2** Gandaan-gandaan yang digunakan dalam unit SI

Nama	Simbol	Gandaan
Eksa	E	$10^{18}$
Peta	P	$10^{15}$
Tera	T	$10^{12}$
Giga	G	$10^9$
Mega	M	$10^6$
Kilo	k	$10^3$
Mili	m	$10^{-3}$
Mikro	$\mu$	$10^{-6}$
Nano	n	$10^{-9}$



### 2.4.2 Tenaga, E

Dalam kerja-kerja keradioaktifan, tenaga diukur dalam unit electron-volt (eV). Ini adalah tenaga yang diperlukan untuk memecutkan satu elektron melalui 1 volt.

$$1 \text{ eV} = 1.602189 \times 10^{-19} \text{ J} \text{ (unit SI)} \quad (2.1)$$

$$= 1.602189 \times 10^{-14} \text{ erg} \text{ (unit cgs)} \quad (2.2)$$

Gandaan-gandaan yang seringkali digunakan untuk eV ialah meV (milielektron-volt), keV (kilioelektron-volt) dan MeV (megaelektron-volt).

### 2.4.3 Keaktifan, A

Keaktifan sesuatu bahan radioaktif diukur dalam unit Becquerel (Bq);

$$1 \text{ Bq} = 1 \text{ penyepaan/saat} \text{ (unit SI)} \quad (2.3)$$

Keaktifan sesuatu bahan radioaktif dalam unit cgs, iaitu curie (Ci);

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ penyepaan/saat} \text{ (unit cgs)} \quad (2.4)$$

Faktor penukaran Ci ke Bq ialah,

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq} = 37 \text{ GBq} \quad (2.5)$$



#### 2.4.4 Pendedahan, X

Pendedahan, X, diukur dalam unit rontgen (R). 1 R bersamaan dengan nilai pendedahan sinar x atau sinar gama yang diperlukan untuk melepaskan 1 unit cas elektrostatik dalam  $1\text{ cm}^3$  udara kering pada tekanan dan suhu normal (NTP). Ini adalah takrif rontgen pada zaman sebelum ini, tetapi dalam zaman moden, unit ini ditakrifkan mengikut kuantiti cas yang terhasil iaitu,

$$1\text{R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C kg}^{-1} \quad (2.6)$$

Unit pendedahan digunakan untuk sinar x dan gama sahaja. Takrif pendedahan dalam unit SI sepatutnya ialah kuantiti yang menghasilkan 1 coulomb dalam 1 kilogram. Unit ini tidak diberi nama khas, oleh itu unit rontgen masih digunakan dalam sistem unit cgs dan SI.

#### 2.4.5 Dos terserap, D

Dos terserap, D, adalah tenaga yang dilepaskan oleh sesuatu sinaran yang diserap ke dalam jirim. Unit pengukuran dos terserap dalam unit cgs ialah rad (*radiation absorbed dose*), dan dalam unit SI ialah Gy (gray). Takrif unit-unit ini adalah seperti berikut,

$$1 \text{ rad} = 100 \text{ erg g}^{-1} \text{ (unit cgs)} \quad (2.7)$$

dan

$$1 \text{ Gy} = 1 \text{ J kg}^{-1} \text{ (unit SI)} \quad (2.8)$$



## RUJUKAN

- Abraham, W.M. & Baden, D.G. 2006. Aerosolized Florida Red Tide and Human Health Effects. *Jurnal of The Oceanography* 2 (19), ms. 107-109.
- Abu Hassan Hussin (ptrj.). 1995. *Fizik untuk Jurutera dan Ahli Sains*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.
- Ahmad Tarmizi Ramli. 1989. Penggunaan *Sinaran Keradioaktifan dan Tenaga Nuklear*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Selangor.
- Bigg, G. 2003. *The Oceans and Climate*. Ed. ke-2. University Press, Cambridge.
- Botkin, D.B. & Keller, E.A. 2003. *Environmental Science*. John Wiley & Sons, United State of America.
- Bryan Milner. 2001. *Nuclear and Particle Physics*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Chuah, D.G.S. & Lee, S.L. 1984. *Solar Radiation in Malaysia*. Oxford University Press, Singapore.
- Coakes, S.J. & Steed, L.G. SPSS Analysis without Anguish. John Wiley & Sons, Australia.



Committee on Chemistry and Physics of Ozone Depletion & Committee on Biological Effects of Increased Solar Ultraviolet radiation. 1982. *Causes and effect Stratospheric Ozone Reduction: An Update*. National Academy Press, Washington.

Das, A. & Ferbel, T. 2003. *Introduction to Nuclear and Particle Physics*. World Scientific Publishing, Singapore.

Halliday, D., Resnick, R. & Walker, J. 2001. *Fundamental of Physics*. Ed. ke-6. John Wiley & Sons, New York.

Husin Wagiran. 1992. *Fizik Nukleus*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.

Lowenthal, G.C. & Airey, P.L. 2001. *Practical Application of Radioactivity and Nuclear Radiations*. Cambridge University Press, United Kingdom.

Nelkon & Parker. 1995. *Advanced Level Physics*. Ed. ke-7. Chong Moh Offset Printing Private, Singapore.

Ramli, A.G. 1991. *Keradioaktifan Asas dan Penggunaannya*. Dewan bahasa dan Pustaka, Selangor.

Salvato, J.A. & Dee, P.E. 1992. *Environmental Engineering and Sanitation*. Ed. ke-4. John Wiley & Sons, New York.

Seng, R.V.G. 2005. *Radioactive Anomaly in West Coast Sabah*. Disertasi Sarjana Muda Sains, Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu. (Tidak diterbitkan)

Sivajothy, M. (ptrj.). 1995. *Pengenalan Ilmu Fizik dan Nukleus*. Dewan bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur.

Wang, C.H., Willis, D.L. & Loveland, W.D. 1975. *Radiotracer Methodology in the Biological, Environmental, and Physical Science*. Prentice-Hall, United States of America.

Wolfson, R. & Pasachoff, J.M. 1999. *Physics with Modern Physics*. Prentice-Hall, United States of America.

