



**RADON, TORON
DAN
ANAK-ANAKNYA**



Lembaga Perlesenan Tenaga Atom
Kementerian Sains, Teknologi dan Inovasi,
Batu 24, Jalan Dengkil, Dengkil,
Selangor Darul Ehsan

Tel : 03-89284100/89267699

Faks : 03-89223685

Homepage: <http://www.aelb.gov.my>

KANDUNGAN

Perkara

Mukasurat

1.	Pengenalan	3
2.	Apa itu radon, toron dan anak-anaknya?	3
3.	Bagaimana gas radon dan toron boleh wujud?	4
4.	Apakah had dan unit yang terpakai?	4
5.	Pengukuran radon, toron dan anak-anaknya	7
	Gambarajah 1 : Anak-anak Radon (Immediate decay products)	8
	Gambarajah 2 : Anak-anak Toron (decay products)	8

RADON, TORON DAN ANAK-ANAKNYA

1. Pengenalan

Di Malaysia radon, toron dan anak-anaknya selalu dikaitkan dengan perusahaan perlombongan bijih timah terutamanya yang melibatkan aktiviti-aktiviti seperti mengilang, menstor dan memproses amang dan monazite. Tujuan risalah ini disediakan ialah untuk memberi penerangan ringkas berkenaan dengan radon, toron dan anak-anaknya, dan mungkin risalah ini bermanfaat kepada mereka yang berurusan dengan perusahaan perlombongan bijih timah sama ada secara langsung atau sebaliknya.

2. Apa itu radon, toron dan anak-anaknya?

Dalam Susunan Berkala Unsur-unsur (Periodic Tables of elements), ciri-ciri radon, toron dan anak-anaknya ada diberikan dengan lebih terperinci.

Radon adalah unsur yang mempunyai jumlah proton (nombor atom) sebanyak 86 dan nombor jisimnya (neutron + proton) berbeza-beza dari 200 hingga 222. Penerangan ringkas berkenaan radon, toron dan anak-anaknya adalah seperti berikut;

(a) Radon

Radon ialah isotop yang mempunyai nombor atom (Z) 86 dan nombor jisim (jumlah neutron dan proton) 222 (Rn-222).

(b) Toron

Toron ialah isotop yang mempunyai nombor atom (Z) 86 dan nombor jisim (jumlah neutron dan proton) 220 (Rn-220).

Kedua-dua radon dan toron dalam keadaan normal adalah bersifat gas dan juga bersifat radioaktif yang masing-masing mempunyai tempoh separuh hayat selama 3.8 hari dan 55.6 saat.

(c) Anak-anak radon

Oleh kerana radon (Rn-222) bersifat radioaktif, maka ia menyepai (disintegrate) menjadi anak-anak radon sehingga akhirnya terhasil nuklid yang stabil (sila rujuk rajah 1). Anak-anak radon termasuklah ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , dan ^{214}Po .

(d) Anak-anak toron

Toron (Rn-220) juga bersifat radioaktif, maka ia akan menyepai menjadi anakanak toron sehingga akhirnya terhasil nuklid yang stabil (sila rujuk rajah 2). Anak-anak toron termasuklah ^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi , dan ^{212}Po .

3. Bagaimana gas radon dan toron boleh wujud?

Biasanya di tempat yang terdapat uranium atau torium, di situ akan terdapat gas radon atau toron.

- (a) Gas radon ($Rn-222$) dihasilkan apabila unsur radium-226 yang mempunyai tempoh separuh hayat selama 1600 tahun menyepai mengikut siri pereputan uranium-238.
- (b) Gas toron ($Rn-220$) dihasilkan apabila unsur radium-224 yang mempunyai tempoh separuh hayat selama 3.64 hari menyepai, dalam siri pereputan torium-232.

Oleh yang demikian di kawasan-kawasan seperti kawasan lombong bijih timah yang mengandungi uranium atau torium, besar kemungkinan akan terdapat radon-222 atau toron-220 bebas di udara (airborne). Sekiranya terdapat ruang yang peredaran udaranya (ventilation) tidak mencukupi, maka kepekatan radon, toron dan anak-anaknya akan menjadi tinggi di dalam ruang tersebut.

4. Apakah had dan unit yang terpakai?

(a) Had (limit)

Had (limit) yang terpakai seperti yang ditetapkan dalam Peraturan-Peraturan Perlindungan Sinaran (Standard Keselamatan Asas) 1988 adalah seperti berikut:

Cabutan:

"RADON

Anak radon: hasil penyepaian ^{222}Rn yang berhayat pendek:

^{218}Po (RaA), ^{218}At , ^{214}Pb , (RaB), ^{214}Bi (RaC'), ^{214}Po (RaC) dan ^{210}Tl (RaC").

Had ambilan tahunan (ALI) bagi anak-anak radon (^{222}Rn) ialah 0.02 joule tenaga alpha keupayaan yang tersedut. Nilai ini adalah bersamaan dengan (i) kepekatan udara terbitan atau (DAC) sebanyak 8.3 mikrojoule per meter padu (0.4 Aras kerja); atau (ii) had dedahan tahunan (ALE) sebanyak $0.017 J.j.M^{-3}$ (5 Bulan Aras Kerja).

Anak toron: hasil penyepaian ^{220}Rn yang berhayat pendek:

^{216}Po (ThA), ^{212}Pb (ThB), ^{212}Bi (ThC), ^{212}Po (ThC') dan ^{208}Tl (ThC").

Had ambilan tahunan (ALI) bagi anak-anak thoron (^{220}Rn) ialah 0.06 joule tenaga alpha keupayaan yang tersedut. Nilai ini bersamaan dengan (i) kepekatan udara terbitan atau (DAC) sebanyak 25 mikrojoule per meter padu (1.2 Aras Kerja); atau (ii) had dedahan tahunan (ALE) sebanyak $0.05 J.j.M^{-3}$ (15 Bulan Aras Kerja)."

(b) Unit

Unit-unit yang biasa digunakan bagi had atau pengukuran radon, toron dan anak-anaknya ialah:

- i. Aras kerja (Working level) (WL); dan
- ii. Bulan Aras kerja (Working level month).

(c) Takrif

Aras kerja (WL):
(Working level)

Sebarang kombinasi anak-anak radon atau anak-anak toron dalam 1 liter (1000 cc)

udara yang menghasilkan pengeluaran kesudahan (ultimate emission) tenaga alpha sebanyak 1.3×10^5 MeV. Dalam Unit SI, WL adalah setara dengan $2.1 \times 10^{-5} \text{ J.M}^{-3}$.

Bulan Aras kerja (WLM):
(Working level month)

1 WLM adalah satu unit dedahan terhadap anak-anak radon atau anak-anak toron. Satu Bulan Aras kerja (1 WLM) adalah bersamaan dengan 3.54 mJ.h.m^{-3} atau 170 WL.h.

Oleh kerana dos daripada gas radon dan toron adalah kecil dibandingkan dengan dos daripada anak-anak radon dan anak-anak toron maka hanya dos daripada anak-anak radon dan toron yang diambilkira.

(d) Kaitan di antara WL dengan WLM

1 WL adalah setara dengan $2.10 \times 10^{-5} \text{ J.M}^{-3}$

1 WLM adalah setara dengan 3.54 mJ.h.M^{-3} atau 170 WL.h

i. 1 WL 1.3×10^5 MeV (tenaga alpha) m^{-3}

1 MeV 1.602×10^{-13} joules

Maka 1WL = $1.3 \times 10^5 \times 1.602 \times 10^{-13}$ joules m^{-3}
= 2.0826×10^{-5} joules. m^{-3}

1 WL = 2.10×10^{-5} Joules. m^{-3}

ii. Daripada takrif:

$$1 \text{ WLM} = 170 \text{ WL.h}$$

Menggunakan nilai WL seperti di atas di dapati:

$1 \text{ WLM} = 170 \times 2.1 \times 10^{-5} \text{ joules m}^{-3} \cdot \text{h} = 3.57 \text{ mJ.h.m}^{-3}$ Nilai yang diberikan dalam takrif WLM ialah 3.54 mJ.h.M^{-3} Oleh itu:

$1 \text{ WLM} = 3.54 \text{ mJ.hm}^{-3}$

(e) Bagi anak-anak radon

- i. ALI bagi anak-anak radon = 0.02 Joules (Bagi pekerja sinaran)
Kadar pemapasan = 0.02 M3 per minit
= $0.02 \times 60 \text{ m}^3$ per jam
= 1.2 m^3 per jam

Isipadu udara pernafasan bagi setahun bersamaan dengan
 $0.02 \times 60 \times 2000 = 2,400 \text{ m}^3$

ii.
$$\text{DAC} = \frac{\text{ALI}}{2,400 \text{ m}^3} = \frac{0.02 \text{ joule m}^{-3}}{2,400}$$
 (Bagi pekerja sinaran)

DAC = 8.3 mikrojoules per meter padu

Oleh kerana $1 \text{ WL} = 2.10 \times 10^{-5} \text{ joules m}^{-3}$ maka

$$\text{DAC} = \frac{8.3 \text{ mikrojoules m}^{-3}}{2.10 \times 10^{-5} \text{ joules m}^{-3}}$$

$$\text{DAC} = 0.4 \text{ WL}$$

- iii. Had dedahan tahunan adalah konsep Had Tahunan ke atas Dedahan (Annual Limit on Exposure) iaitu dedahan kepada radionuklid di udara (airborne), yang dinyatakan sebagai kamilan masa (time integral) bagi kepekatan yang boleh menyebabkan seorang pekerja (reference man), menyedut had ambilan tahunan (ALI) bagi radionuklid tersebut.

Had Dedahan Tahunan (ALE) = 0.017 J.j.m^{-3} (5 WLM)

(f) Bagi anak-anak toron

Dengan cara yang sama boleh didapatkan bagi toron dan anak-anaknya nilai-nilai berikut:

- i. ALI bagi anak-anak toron = 0.06 joules
- ii. DAC = 25 mikrojoules per meter padu
- iii. DAC = 1.2 WL
- iv. ALE = 0.05 J.j.m^{-3} (15 WLM)

(g) Had Tahunan Orang Awam

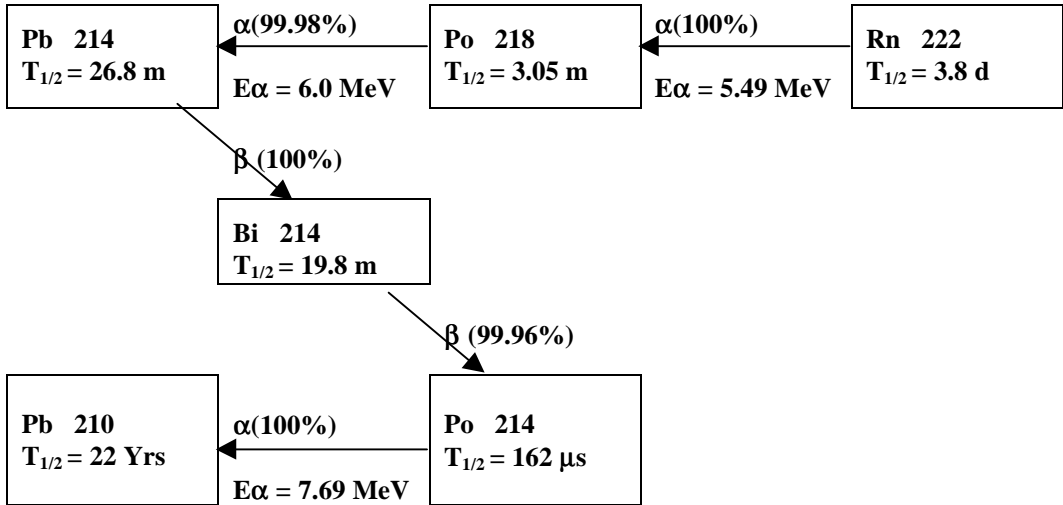
Had tahunan bagi orang awam terhadap radon, toron dan anak-anaknya adalah 1/50 daripada had tahunan bagi pekerja-pekerja sinaran.

5. Pengukuran radon, toron dan anak-anaknya

Gas radon, toron dan anak-anaknya boleh dikesan dan diukur dengan menggunakan alat-alat khas dan menggunakan prosedur-prosedur pengukuran yang tertentu. Alat-alat yang boleh digunakan termasuklah:

- i. RDA-200; dan
- ii. ALPHA PRISM.

Rajah I. Anak-anak Radon (Immediate decay products)



Rajah 2: Anak-anak Toron (decay Products)

