

PENGUKURAN KONSENTRASI LURUHAN THORON DENGAN SPEKTROMETER GAMMA HP-Ge

Eko Mulyadi

SMKN 3 Yogyakarta

Jl. R.W. Monginsidi 2A, Yogyakarta

E-mail: echoy_m@yahoo.com

INTISARI

Telah dilakukan pengukuran konsentrasi luruhan thoron dalam ruang tertutup yang dilengkapi dengan ventilasi yang dapat ditutup dan dibuka. Pengukuran konsentrasi luruhan thoron dilakukan menggunakan impaktor bertingkat 13 dengan laju alir 3 liter per menit. Setiap tingkat impaktor dicacah dengan spektrometer gamma HP-Ge pada energi 238,6 keV (^{212}Pb). Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi luruhan thoron dalam ruang saat ventilasi ditutup rata-rata sebesar $(63,42 \pm 4,22)$ Bq/m³ dan ventilasi dibuka rata-rata sebesar $(49,05 \pm 3,43)$ Bq/m³. Konsentrasi ini masih jauh di bawah konsentrasi yang dilaporkan UNSCEAR 2000 dengan sumber thoron yang sama.

Kata kunci : konsentrasi, luruhan thoron, spektrometer gamma HP-Ge.

MEASUREMENTS OF THORON DECAY PRODUCT CONCENTRATION USING GAMMA HP-Ge SPECTROMETER

ABSTRACT

Measurements of the concentration of thoron decay product have been performed in a closed room equipped with a ventilation which can be closed and opened. The measurements used a thirteen phase impactor at a flow rate of 3 liters per minute. Each impactor phase was counted using a gammaHP-Ge spectrometer at 238.6 keV energy (^{212}Pb). The measurements give a concentration of thoron decay product with closed ventilation of (63.42 ± 4.22) Bq/m³, and that with open ventilation of (49.05 ± 3.43) Bq/m³. These values are still far below the value reported by UNSCEAR 2000 using the same thoron source.

Keywords: concentration, thoron decay products, gammaHP-Ge spectrometer.

I. PENDAHULUAN

Sumber radiasi yang berasal dari kerak bumi bersumber dari isotop uranium (^{238}U), thorium (^{232}Th) dan aktinium (^{235}U). kebanyakan radiasi yang berasal dari kerak bumi merupakan isotop deret radioaktif, masing-masing deret terdiri dari urutan produk nuklida anak yang semuanya dapat diturunkan dari nuklida induk tunggal. Deret induk thorium menghasilkan gas ^{220}Rn disebut thoron berupa gas, tidak berwarna, tidak berbau dan lepas bebas di udara. Umur paro gas thoron 55,6 detik, maka sewaktu di udara akan meluruh menghasilkan ^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi dan ^{212}Po yang berupa partikel yang akan terhisap oleh saluran pernafasan yang bergantung ukuran aerodinamis (Bunawas, 1996).

Luruhan thoron di atmosfer setelah pembentukan isotop thoron dengan peluruhan radionuklida dihasilkan dengan sangat cepat kurang dari 1 detik dengan jejak-jejak gas, uap udara dan menjadi partikel sangat kecil disebut kluster. Semua kluster hasil peluruhan yang baru terbentuk terbentuk bermuatan positif dan mempunyai mobilitas tinggi mengendalikan pembentukan radioaktif dengan proses pengikatan, deposisi di permukaan dan di dalam paru-paru manusia. Reaksi cepat netralisasi dari hasil peluruhan gas thoron setelah pembentukan fraksi-fraksi terbesar ^{212}Pb (85-88%) merupakan partikel atau ion bermuatan positif. Ion-ion menjadi netral karena rekombinasi dengan ion-ion negatif udara melalui proses pemindahan muatan dengan NO, NO₂ dan unsure-unsur lain udara. Saat mengikat anak luruhan thoron yang bebas bukan merupakan satu jenis kimia tunggal (*polidisperse*) bergantung kondisi, bereaksi secara kimia dengan oksigen atau berbagai jejak gas dari atmosfer (Reineking, 1990).

Dalam penelitian ini untuk mengukur konsentrasi luruhan thoron, dalam pengukuran konsentrasi luruhan thoron yang diukur adalah ^{212}Pb karena mempunyai waktu paro 10,6 jam, waktu paro terlama diantara luruhan pada energi gamma 238,6 keV. Pengukuran dilakukan dalam ruang dengan perlakuan ventilasi ditutup dan dibuka, diasumsikan kelakuan luruhan thoron merata (*uniform*) dalam ruang. Data yang diperoleh digunakan untuk memantau konsentrasi radiasi alam.

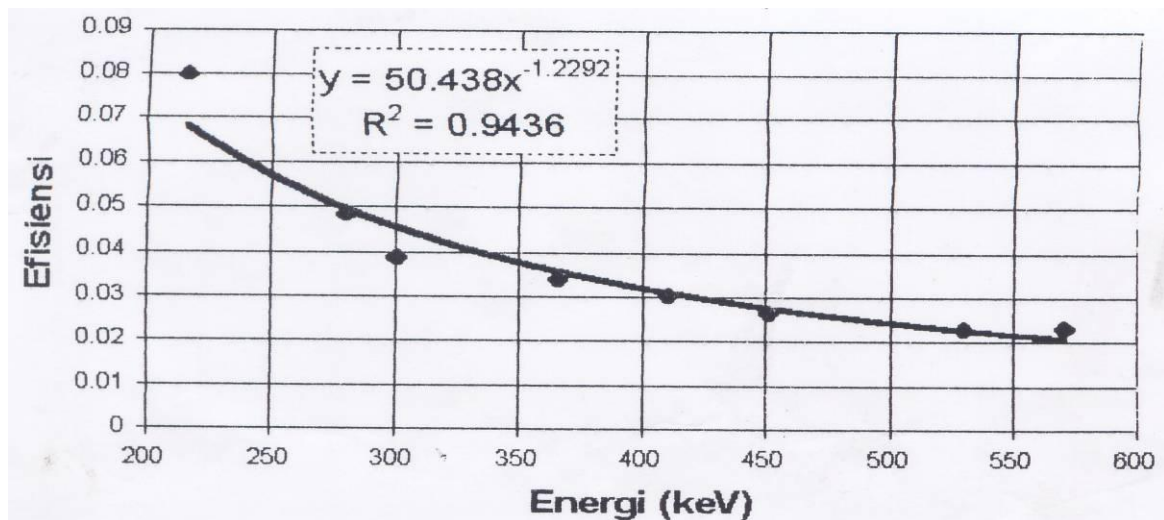
II. DASAR TEORI

Suatu sumber radioaktif selalu memancarkan sinar radioaktif kesegala arah (4π) puncak spektrum yang dihasilkan detektor akibat radiasi tidak peka terhadap radiasi hambur / latar belakang. Dalam spektrometri gamma laju cacah dinyatakan dalam cps (cacah per detik). Nilai cacah ini tidak mencerminkan aktivitas sesungguhnya dari sumber dan bergantung dari efisiensi deteksi dan pelimpahan (P_γ) energi radiasi gamma yang diukur. Nilai laju cacah ini didapatkan dengan jalan menentukan luas puncak serapan total suatu puncak gamma dan membaginya dengan waktu pencacahan.

Jika luas serapan total pada tenaga sebesar E , maka nilai intensitas mutlak harus terdapat pada tenaga E sebagai konsekuensinya efisiensi merupakan fungsi tenaga (Susetyo, 1998). Efisiensi deteksi didapatkan dengan persamaan

$$\varepsilon = \frac{cps}{dps \cdot P_\gamma} \times 100\% \quad (1)$$

dengan dps =disintegrasi per detik, P_γ =pelimpahan/intensitas sinar gamma (%). Dalam penelitian ini kalibrasi efisiensi terhadap tenaga (Gambar 1) pada energi gamma $^{212}\text{Pb} = 238,6$ keV diperoleh efisiensi (ε) =0,06027 dengan $P_\gamma=0,446$.



Gambar 1. Kurva kalibrasi efisiensi dalam bentuk titik (Mulyadi, 2002 : 26).

Pengukuran konsentrasi dilakukan dengan metode statistik karena setiap atom radioaktif yang meluruh mempunyai kebolehjadian tertentu cenderung kepada dsitribusi poisson. Kesalahan pengukuran radioaktivitas satu sample dinyatakan dalam bentuk simpangan baku (S_d). Simpangan baku untuk tingkat kepercayaan 68% (Emlinarti dkk, 1997, Sutarman dkk.,2000)

$$S_d = \sqrt{\frac{C_c}{t_c} + \frac{C_b}{t_b}} \quad (2)$$

Selanjutnya perhitungan konsentrasi dilakukan dengan cara relatip,

$$C_n = \frac{(C_c - C_b) \pm S_d}{\varepsilon \cdot P_\gamma \cdot W}, \quad (3)$$

dengan C_c =laju cacah total sample (cps), C_b =laju cacah latar belakang (cps), S_d =simpangan baku, t_c dan t_b = waktu cacah sampel dan latar belakang, ε =efisiensi, P_γ =pelimpahan pada energi tertentu, W =volume/ berat sample (m^3 atau kg), C_n =konsentrasi (Bq/m^3).

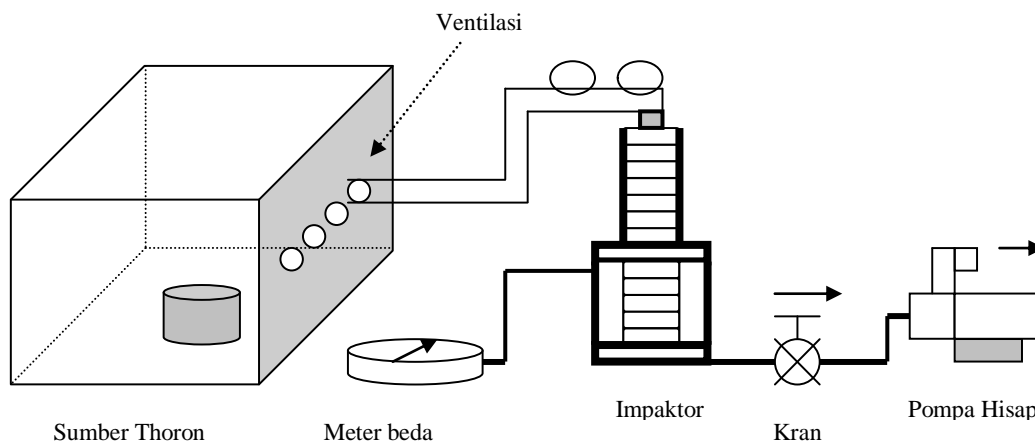
III. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah sumber thoron Monazite 250 gram, plastik mylar dan filter HEPA berdiameter ± 81 mm, plastik seal. Alat yang digunakan adalah ruang simulasi (*chamber*) berukuran 1,8 m x 1,2

m x 1,2 m buatan P3KR BiN, impaktor 13 tingkat tekanan rendah model 3551 Andersen, meter beda tekanan 20-60 (Wallace Tierman, USA), pompa hisap 230 volt, termometer, higrometer dan barometer, pinset aluminium, seperangkat pencacah spektrometri gamma HP-Ge Ortec, USA.

Adapun cara kerja penelitian adalah sbb. Pelat impaksi dengan plastik mylar yang berukuran (± 81 mm) dipasang pada setiap tingkat impaktor sampai 13 tingkat namun tingkat terakhir dengan filter HEPA, kemudian alat dirangkai (Gambar 2). Setelah satu bulan sumber thoron dimasukkan dalam ruang simulasi (*chamber*) kemudian dilakukan pengambilan sampel radioaktif dari ruang dalam keadaan ventilasi tertutup, sampel dialirkan ke impaktor bertingkat yang telah dihubungkan dengan pompa hisap selama 60 menit dengan laju alir 3 liter per menit dan beda tekan 114 mmHg. Setelah sampel berakhir plastik mylar dan filter HEPA dimasukkan ke dalam plastik seal. Kemudian dilakukan pencacahan menggunakan spektrometri gamma HP-Ge (Ortec, USA) setiap tingkat selama 10 menit anak luruhan thoron pada energi gamma 238,6 keV (^{212}Pb) dan diperoleh data hasil cacahan kemudian diolah menjadi data konsentrasi.

Percobaan diulangi sebanyak lima kali keadaan ruang tertutup, dan lima kali untuk perlakuan ventilasi dibuka kemudian dilakukan analisis konsentrasi luruhan thoron dalam keadaan ruang dengan ventilasi ditutup dan dibuka.



Gambar 2. Rangkaian alat-alat penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sumber thoron yang berupa monazite diletakkan selama satu bulan agar tercapai keseimbangan Radium dan anak luruhnya yang merupakan luruhan thoron. Kemudian dilakukan pengambilan sampel selama satu jam dengan perlakuan ventilasi tertutup dan terbuka, kemudian pelat impaksi setiap tingkat dicacah selama 10 menit isotop ^{212}Pb sebagai luruhan thoron pada energi gamma 238,6 keV sehingga diperoleh data hasil penelitian.

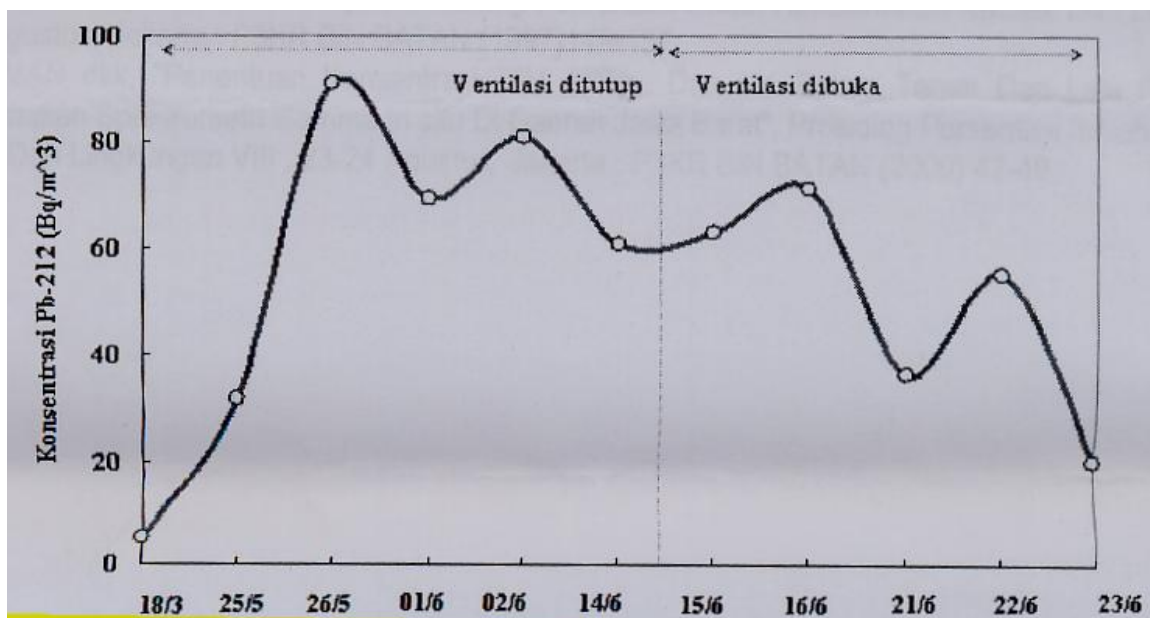
Cacahan yang diperoleh dari penelitian berubah dari waktu ke waktu, karena secara teknis dipengaruhi oleh posisi sampel pada saat pencacahan sebab diameter detektor lebih kecil dari diameter sampel (*mylar*) sedangkan tekanan dalam ruang, suhu dan kelembaban relatif berpengaruh kecil.

Tabel I. Konsentrasi ruang terhadap tanggal pencuplikan.

Perlakuan Ruang Thoron	Percobaan/ Tanggal sampling 2002	Kondisi Ruang Suhu ($^{\circ}\text{C}$);Kelembaban(%);Tekanan (mmHg)	Konsentrasi (Bq/m^3)	Deviasi Standard (Bq/m^3)
Background	0 / 18 Maret	28 ; 74 ; 761,5	05,07	4,16
	1 / 25 Mei	29; 68 ; 760,1	31,71	3,21
	2 / 26 Mei	29 ; 68 ; 760	90,89	5,09
	3 / 01 Juni	27 ; 67 ; 760,8	69,21	4,23
	4 / 02 Juni	28 ; 67 ; 760,5	80,76	4,60
Ventilasi tertutup	5 / 14 Juni	28 ; 68 ; 756,4	60,49	3,96
	Rata-rata		63,42	4,22
	6 / 15 Juni	28 ; 69 ; 756,3	62,99	3,88
	7 / 16 Juni	28 ; 69 ; 758,9	71,03	4,10
	8 / 21 Juni	28 ; 68 ; 760	36,17	3,00
Ventilasi terbuka	9 / 22 Juni	28 ; 68 ; 760,1	55,17	3,60
	10 / 23 Juni	28 ; 68 ; 760,4	19,91	2,58
	Rata-rata		49,05	3,43

Perhitungan konsentrasi luruhan thoron dalam ruang menggunakan persamaan (2) dan (3) dengan $\varepsilon = 0,06027$, $P\gamma=0,446$ dan volume (W)= $0,18 \text{ m}^3$. Diperoleh hasil perhitungan konsentrasi rata-rata setiap percobaan terhadap waktu pencuplikan (Tabel I) dan dibuat grafik besar konsentrasi setiap percobaan terhadap tanggal percobaan (Gambar 3), menunjukkan konsentrasi berubah dari waktu ke waktu. Waktu sampling berdekatan konsentrasi luruhan thoron bertambah besar karena perbedaan tekanan daerah hisapan atau terjadi pengisian aerosol partikel didaerah hisapan. Sedangkan waktu sampling berjauhan konsentrasi luruhan thoron berkurang karena terjadi sebaran merata aerosol partikel dalam ruang.

Hasil penelitian menunjukkan perlakuan ventilasi ditutup konsentrasi rata-rata diperoleh $(63,42 \pm 4,22) \text{ Bq/m}^3$ dan ventilasi dibuka rata-rata sebesar $(49,05 \pm 3,43) \text{ Bq/m}^3$. Konsentrasi luruhan thoron dalam ruang dengan perlakuan ventilasi ditutup lebih besar dari perlakuan ventilasi dibuka, karena saat ventilasi di buka terjadi pengenceran dengan udara luar atau mendapat partikel tambahan dari luar chamber. Hasil penelitian konsentrasi ini masih jauh di bawah konsentrasi sumber thoron dari monazite menurut laporan UNSCEAR tahun 2000 sebesar 8000-300.000 Bq/kg.



Gambar 3. Konsentrasi ruang dengan perlakuan ventilasi ditutup dan dibuka terhadap tanggal pencuplikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Konsentrasi rata-rata hasil penelitian luruhan thoron dalam ruang dengan ventilasi ditutup sebesar $(63,42 \pm 4,22) \text{ Bq/m}^3$ dan ventilasi dibuka $(49,05 \pm 3,43) \text{ Bq/m}^3$. Konsentrasi radioaktif dengan perlakuan ruang ventilasi ditutup lebih besar dari perlakuan ruang ventilasi dibuka karena terjadi penambahan aerosol partikel dari luar saat ruang dibuka hal ini akan mengurangi konsentrasi radioaktif luruhan thoron, sehingga disarankan bahwa dalam ruangan perlu disyaratkan ventilasi dibuka agar terjadi pengenceran dengan udara luar. Hasil penelitian konsentrasi ini masih jauh di bawah konsentrasi sumber thoron dari monazite menurut laporan UNSCEAR tahun 2000 sebesar 8000-300.000 Bq/kg.

Disarankan penelitian lanjutan dengan jumlah sumber thoron yang lebih besar, dengan penambahan asap, kabut, ruang AC agar dengan berbagai kondisi dapat diukur konsentrasi gas thoron.

DAFTAR PUSTAKA

- Bunawas, 1996, "Pemantauan radioaktivitas udara di pabrik kaos lampu", *Prosiding Seminar BATAN*, 18-19 Agustus 1996, Jakarta: PEBN BATAN, 314-318.
- Emlinarti dkk, 1997, "Konsentrasi radionuklida alam (Ra-226, Th-228 dan K-40) dalam bahan bangunan di daerah Pekanbaru dan sekitarnya", *Prosiding Persentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan V*, 26-27 Agustus 1996, Jakarta: P3KR BiN BATAN, 149-157.
- Mulyadi, E., 2002, "Karakteristik diameter ikatan aerosol dengan luruhan thoron dalam ruang tertutup dan kemungkinan pengendapannya di dalam organ pernafasan", *Tesis S2*, Program Pascasarjana UI Jakarta.

- Reineking, A., 1990, "Activity size distributions of the short lived radon daughter in the indoor and outdoor environments: an improved single-screen method and results" , *Health Physics*, **58** (6), 715-727.
- Susetyo, W., 1998, "Spektrometri gamma dan penerapannya dalam analisis pengaktifan neutron", Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sutarman, dkk., 2000, "Penentuan konsentrasi ^{238}U , ^{232}Th dan ^{40}K dalam tanah dan laju paparan total menggunakan spektrometri gamma in situ di daerah Jawa Barat", *Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan VIII*, 23-24 Agustus 2000, Jakarta: P3KR BiN BATAN , 42-49.
- UNSCEAR, 2000, "Sources and effects of ionizing radiation", Volume I, Sources United Nations.