

## KARAKTERISTIK DIAMETER AEROSOL LURUHAN THORON DENGAN IMPAKTOR BERTINGKAT

Eko Mulyadi

STMIK EL RAHMA Jl. Sisingamangaraja 76 Yogyakarta

### ABSTRAK

**KARAKTERISTIK DIAMETER AEROSOL LURUHAN THORON DENGAN IMPAKTOR BERTINGKAT.** Telah dikembangkan penelitian tentang Thoron dan luruhannya. Pada penelitian ini telah dilakukan pengukuran diameter aerosol luruhan Thoron dalam ruang tertutup dengan perlakuan chamber tertutup dan terbuka. Pengukuran diameter aerosol luruhan Thoron dilakukan menggunakan impaktor Andersen 13 tingkat dengan laju alir 3 liter permenit. Setiap tingkat impaktor dicacah dengan spektrometri gamma HP-Ge pada energi 238,6 keV (isotop Pb-212). Hasil studi menunjukkan bahwa ikatan aerosol luruhan Thoron terdistribusi bimodal dengan Activity Median Aerodynamic Diameter (AMAD) adalah  $(0,1 \pm 0,004) \mu\text{m}$  fraksi 36% dan  $(7,0 \pm 5,6) \mu\text{m}$  fraksi 6% dengan perlakuan chamber tertutup dan AMAD  $(0,1 \pm 0,006) \mu\text{m}$  fraksi 39% dan  $(4,0 \pm 3,0) \mu\text{m}$  fraksi 8% dengan perlakuan chamber terbuka.

### ABSTRACT

**CHARACTERISTIC OF AEROSOL DIAMETER OF ATTACHED THORON DECAY WITH CASCADE IMPACTOR.** The attention was shifted to Thoron and its decay products. In this work the measurement of their attachment diameter in trapped air and ventilated air has been performed. Andersen's 13 stage cascade impactor was used at 3 liter perminute flow rate. Each stage of the impactor was counted using HP-Ge detector gamma spectroscopy at 238.6 keV, being the most dominant gamma production with sufficiently long live. The results show that the diameter distribution is slightly bimodal having Activity Median Aerodynamic Diameter (AMAD) of  $(0.1 \pm 0.004) \mu\text{m}$  at 36% fraction and  $(7.0 \pm 5.6) \mu\text{m}$  at 6% fraction for trapped air and AMAD  $(0.1 \pm 0.006) \mu\text{m}$  at 39% fraction and  $(4.0 \pm 3.0) \mu\text{m}$  at 8% fraction for ventilated air.

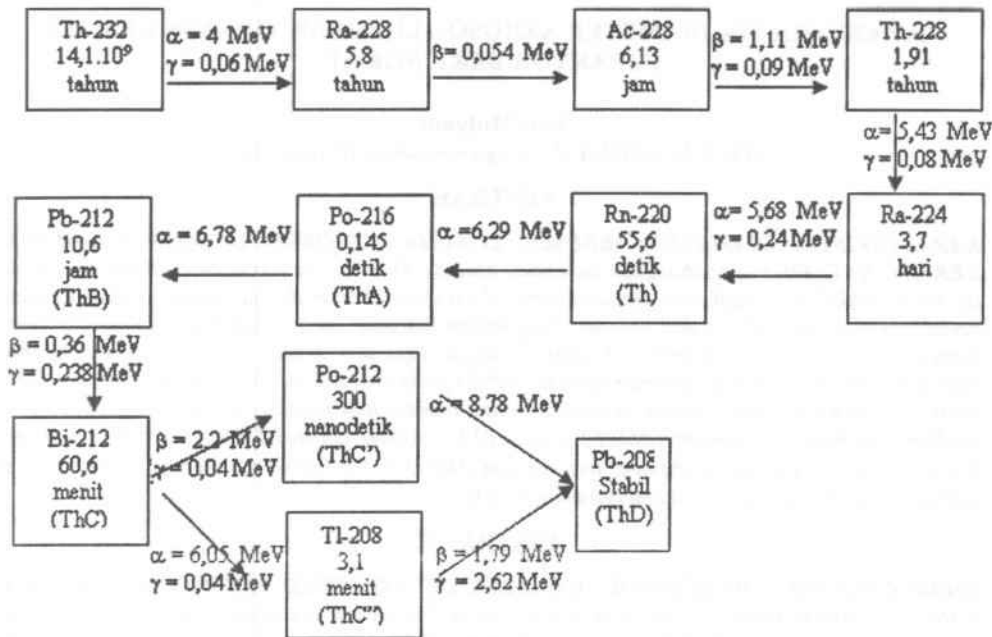
### PENDAHULUAN

Thoron (Radon 220) berupa gas sehingga dengan mudah akan lepas bebas di udara. Umur paro gas Thoron 55,6 detik, maka sewaktu di udara akan meluruh menghasilkan Po-216 (ThA), Pb-212 (ThB), Bi-212 (ThC) dan Po-212 (ThC') yang berupa partikel aerosol yang akan terhisap oleh saluran pernafasan yang bergantung dari ukuran aerodinamis partikel<sup>[1]</sup>, gas Thoron berasal dari luruhan induk Th-232 (Gambar 1).

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui karakteristik diameter aerosol luruhan Thoron (Rn-220), dalam pengukuran diameter luruhan Thoron yang diukur adalah Pb-212 (ThB) yang terikat dengan udara (*attachment*), karena Pb-212 memiliki waktu paro 10,6 jam terbesar diantara luruhan Thoron dan

memiliki energi gamma 238,6 keV. Pengukuran dilakukan dalam ruang tertutup dengan perlakuan sumber Thoron *chamber* tertutup dan *chamber* terbuka, diasumsikan kelakuan luruhan Thoron tersebar merata di dalam *chamber*. Data yang diperoleh untuk memantau aerosol radioaktif alam atau buatan.

Dalam penelitian digunakan metode eksperimen untuk sampling data dengan impaktor Andersen 13 tingkat yang memiliki ketelitian mengukur diameter partikel rentang 0,08-35  $\mu\text{m}$  dengan mekanisme impaksi. Pelat impaksi setiap tingkat menggunakan plastik *mylar* merk *yashica* ( $\pm 81 \text{ mm}$ ) dan tingkat terakhir menggunakan filter HEPA (*High Efficiency Particulate Air*), kemudian data diolah untuk mengetahui aktivitas median diameter (AMAD) dan distribusi frekuensi.



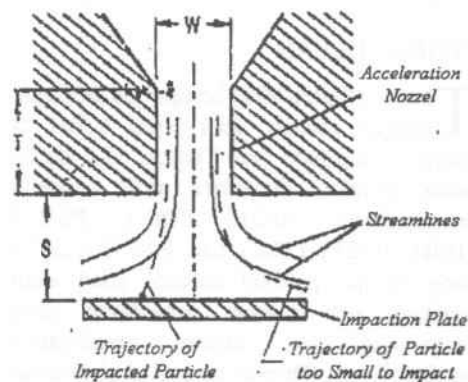
Gambar 1. Skema peluruhan radioaktif alami Th-232

**PENGUKURAN DIAMETER AEROSOL DENGAN IMPAKTOR BERTINGKAT**

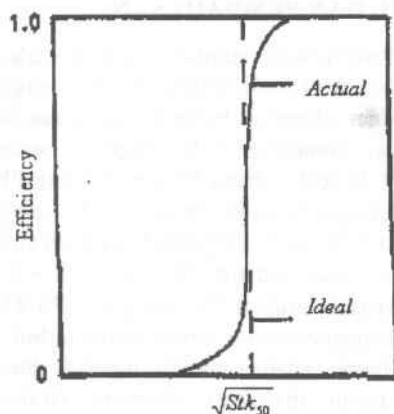
Impaktor adalah sebuah nosel atau jet yang diarahkan ke pelat impaksi. Aliran yang memasuki nosel dipercepat dan kemudian oleh pelat impaksi aliran dibelokkan 90°, sehingga partikel dengan ukuran lebih besar dari harga diameter pangkas (*cut-size*) karena kelebamannya tidak dapat mengikuti garis alir sehingga menumbuk dan mengendap pada pelat impaksi (Gambar 2).

Namun keadaan di atas tidak pasti karena ada kebolehjadian partikel dengan ukuran di atas diameter pangkas yang masih dapat lolos daerah arsiran bagian atas dan partikel dengan ukuran kurang dari diameter pangkas yang menumbuk dan terendapkan pada daerah arsiran bagian bawah (Gambar 3). Pada impaktor bertingkat partikel yang lolos dari satu tingkat dilewatkan pada tingkat berikutnya. Tingkat ini mempunyai ukuran karakteristik yang berbeda dari tingkat sebelumnya, sedemikian sehingga

diameter pangkas pada tingkat tersebut kurang dari diameter sebelumnya. Pada tingkat akhir pelat impaksi digantikan dengan filter HEPA (Gambar 4).

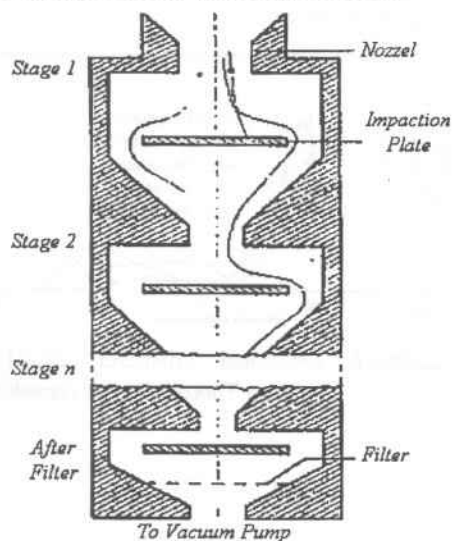


Gambar 2. Impaktor konvensional



Gambar 3. Kurva efisiensi koleksi

Dengan cara demikian partikel yang masuk impaktor bertingkat dapat diklasifikasikan banyaknya partikel yang mengendap pada setiap tingkat dapat ditentukan dengan melakukan pencacahan pelat impaksi dengan spektrometri gamma atau alfa untuk radioaktif dan penimbangan pelat impaksi untuk non radioaktif. Efisiensi pengendapan partikel menumbuk pelat impaksi merupakan fungsi dari bilangan Stokes ( $Stk$ ) yang didefinisikan sebagai nisbah jarak henti partikel dan diameter nosel yang dinyatakan dengan persamaan (1), fungsi Stokes :



Gambar 4. Impaktor bertingkat

$$Stk = \frac{\rho_p D_p^2 V C}{9 \eta W} \quad (1)$$

dengan  $\rho_p$  = kerapatan partikel ( $\text{Kg.m}^{-3}$ ),  
 $D_p$  = diameter pangkas (m),  $\eta$  = viskositas  
 ( $\text{Kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ),  $W$  = diameter nosel (m),

$$V = \text{kecepatan udara} = \frac{q}{\pi \left(\frac{W}{2}\right)^2},$$

$C$  = faktor koreksi gelincir =

$$1 + 2,492 \left(\frac{\lambda}{DP}\right) + 0,84 \left(\frac{\lambda}{DP}\right)^{-0,435} \frac{DP}{\lambda},$$

$\lambda$  = lintasan bebas rerata dari gas,

$q$  = laju alir udara ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

Koleksi karakteristik dari tingkat impaktor tertentu adalah dengan efisiensi 50% artinya 50% partikel dengan diameter tertentu mengendap pada pelat impaksi dan selebihnya lolos. Diameter partikel pada keadaan tersebut dikenal dengan diameter pangkas pada efisiensi 50% ( $D_{p50}$ ) dan bilangan  $Stk_{50}$  sesuai dengan persamaan (2),  $D_{p50}$  dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$D_{p50} = \sqrt{\frac{9 \eta W}{\rho_p V C}} \sqrt{Stk_{50}} \quad (2)$$

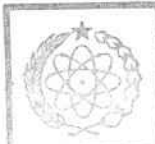
Jika harga  $\sqrt{Stk_{50}}$  diketahui, maka diameter pangkas  $D_{p50}$  dapat dihitung untuk impaktor bertekanan rendah harga  $\sqrt{Stk_{50}}$  berkisar 0,497-0,545. Karakteristik impaktor bertekanan rendah Andersen 13 tingkat mampu mengukur diameter partikel aerosol 0,08-35  $\mu\text{m}$ , impaktor dioperasikan pada beda tekanan 114 mmHg (0,15 atm), laju hisap 3 liter per menit.

#### TATA KERJA

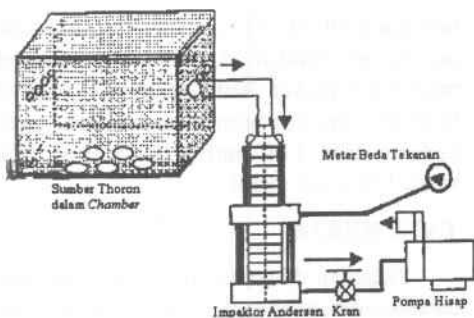
Sebelum dilakukan penelitian ruangan/*chamber* dibersihkan dahulu dengan *vacuum cleaner*, kemudian sumber Thoron disimpan dalam *chamber* selama  $\pm 4$  minggu untuk mencapai keseimbangan Radium dan anak luruhnya<sup>[3]</sup>.

Urutan kerja dalam penelitian :

1. Menyiapkan pelat impaksi



2. Plastik *mylar yashica* (Fuji-Japan) diameter  $\pm 81$  mm digosok dengan alkohol teknis.
3. Pelat impaksi/plastik mylar dan filter dipasang pada impaktor bertekanan rendah model 3551 (Andersen, Inc. USA) mulai dari tingkat LF,L5,L4, L3,L2,L1 kemudian 7,6,5,4,3,2,1,0 dan alat dirangkai (Gambar 5)
4. Mengambil cuplikan radioaktif dari kotak sumber Thoron, sumber Thoron digunakan kaos lampu petromak.
5. Cuplikan dialirkan ke impaktor bertingkat yang telah dihubungkan dengan pompa hisap General Electric 230 Volt selama 60 menit dengan laju alir 3 lpm dan beda tekanan 114 mmHg.
6. Setelah pencuplikan berakhir plastik mylar dan filter HEPA dimasukkan ke dalam plastik seal.
7. Kemudian dilakukan pencacahan plastik mylar dan filter HEPA menggunakan spektrometri gamma HP-Ge (Ortec, USA) setiap tingkat selama 10 menit.
8. Data hasil cacahan diolah menjadi data distribusi diameter (fraksi) terhadap diameter.
9. Mengulangi langkah 1 sampai dengan 7 sebanyak 5 kali percobaan untuk *chamber* tertutup dan sebanyak 5 kali percobaan untuk *chamber* terbuka.

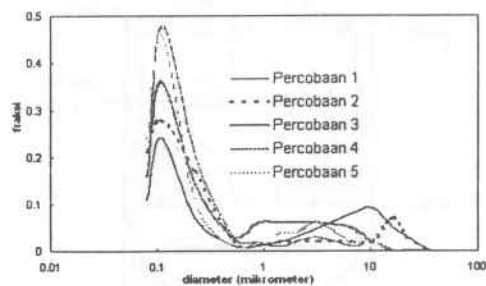


Gambar 5. Rangkaian alat-alat penelitian

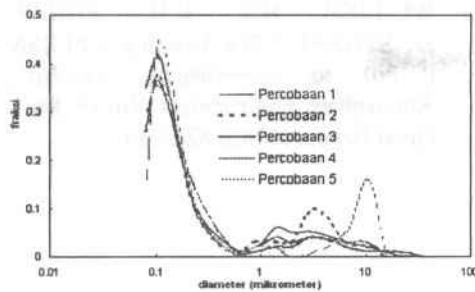
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pencuplikan sumber Thoron dalam *chamber* dilakukan selama 1 jam dengan perlakuan *chamber* tertutup dan *chamber* terbuka, kemudian pelat impaksi setiap tingkat dicacah selama 10 menit isotop Pb-212 sebagai luruhan Thoron pada energi gamma 238,6 keV. Diperoleh data cacahan terbesar pada rentang diameter 0,08 - 0,1  $\mu$ m aerosol luruhan Thoron yaitu Pb-212 baik dengan *chamber* tertutup atau terbuka. Data hasil cacahan diolah menjadi hasil perhitungan distribusi diameter (fraksi) terhadap diameter.

Dari Gambar 6 diperoleh percobaan 1 sampai dengan percobaan 5 adalah karakteristik distribusi bimodal (dua puncak dominan) dengan diameter AMAD1 adalah 0,09 - 0,10  $\mu$ m dengan fraksi 24 - 48%, diameter AMAD2 adalah 2 - 16  $\mu$ m dengan fraksi 3 - 9 % untuk perlakuan sumber Thoron *chamber* tertutup. Dari Gambar 7 juga diperoleh dari percobaan 1 sampai dengan percobaan 5 adalah karakteristik distribusi bimodal dengan diameter AMAD1 rentang 0,08 - 0,10  $\mu$ m dengan fraksi 35 - 45 %, diameter AMAD2 rentang 2 - 10  $\mu$ m dengan fraksi 4 - 16 % untuk perlakuan *chamber* terbuka.



Gambar 6. Distribusi diameter Pb-212 luruhan Thoron dengan *chamber* tertutup

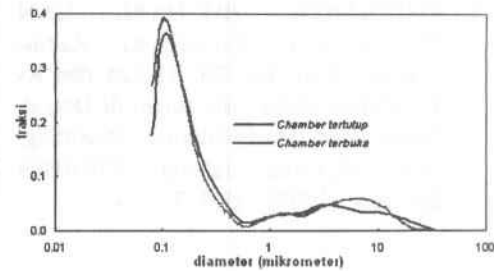


Gambar 7. Distribusi diameter Pb-212 luruhan Thoron dengan *chamber* terbuka

Perbandingan hasil diameter rata-rata luruhan Thoron (Pb-212) dengan *chamber* tertutup adalah  $(0,1 \pm 0,004)$   $\mu\text{m}$  fraksi 36% dan  $(7,0 \pm 5,6)$   $\mu\text{m}$  fraksi 6%, dan diameter rata-rata *chamber* terbuka adalah  $(0,1 \pm 0,006)$   $\mu\text{m}$  fraksi 39% dan  $(4,0 \pm 3,0)$   $\mu\text{m}$  fraksi 8% (Gambar 8). Karakteristik distribusi diameter Pb-212 sebagai luruhan Thoron di dalam *chamber* dengan perlakuan terbuka dan tertutup diperoleh distribusi bimodal. Hasil rata-rata distribusi diameter AMAD1 dengan fraksi terbesar pada diameter rata-rata  $(0,1 \pm 0,004)$   $\mu\text{m}$  dan  $(0,1 \pm 0,006)$   $\mu\text{m}$ , untuk rata-rata diameter AMAD2 perlakuan tertutup lebih besar dari perlakuan terbuka hal ini disebabkan karena keadaan *chamber* tertutup sehingga *cluster* tidak dipengaruhi oleh tekanan udara dari luar, saat terbuka keadaan *cluster* dipengaruhi oleh tekanan udara dari luar sehingga diameternya semakin mengecil. Hasil penelitian distribusi diameter dibandingkan hasil penelitian sebelumnya (Tabel 1).

Tabel 1. Perbandingan hasil penelitian diameter aerosol luruhan thoron dalam *chamber*

Referensi	Diameter ( $\mu\text{m}$ )	Metode Pengukuran
Lassen and Rau (1960)	0,04 - 0,6	Diffusi battery
Lassen and Weicksel (1961)	0,7 - 5	Eletrostatics
Mohnen (1967)	0,06 - 0,1	Mobility analyzer
Porstendorfer (1968)	0,1 - 2	Tabung diffusi
Porstendorfer et al (1979)	0,009 - 4,5	Diffusi battery



Gambar 8. Distribusi diameter rata-rata *chamber* tertutup dan terbuka

## KESIMPULAN

1. Karakteristik distribusi diameter aerosol Pb-212 sebagai luruhan Thoron dalam *chamber* terdistribusi paling sedikit bimodal.
2. Diameter rata-rata hasil penelitian dengan perlakuan *chamber* tertutup  $(0,1 \pm 0,004)$   $\mu\text{m}$  fraksi 36% dan  $(7,0 \pm 5,6)$   $\mu\text{m}$  fraksi 6% dan *chamber* terbuka  $(0,1 \pm 0,006)$   $\mu\text{m}$  fraksi 39% dan  $(4,0 \pm 3,0)$   $\mu\text{m}$  fraksi 8%.
3. Hasil penelitian distribusi diameter luruhan Thoron mendekati hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Setelah berakhirnya penelitian ini diucapkan terima kasih kepada Kepala dan para staf Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir BATAN Aplikasi Isotop Pasar Jumat Jakarta Selatan yang telah membantu dan meminjamkan alat-alat penelitiannya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. BUNAWAS, Pemantauan Radioaktivitas Udara di Pabrik Kaos Lampu, Prosiding, 18-19 Agustus, Jakarta: BATAN, (1993) 190-194.
2. BUNAWAS DAN OTTO, Penentuan Diameter Aerosol Dengan Metoda Impaktor Bertingkat, Prosiding, 19-20 Nopember, Jakarta: PEBN BATAN, (1996) 314-318.

3. EMLINARTI, BUCHARI DAN TURAHYATI, Konsentrasi Radionuklida Alam (Ra-226, Th-228 dan K-40) Dalam Bahan Bangunan di Daerah Pekan Baru dan Sekitarnya, Prosiding, 26-27 Agustus, Jakarta: P3KRBiN BATAN, (1997) 149-157.
4. WU-LIEH HO, K.H. PHILIP, JJ. STUKEL, "The Attachment of RaA ( $^{218}\text{Po}$ ) to monodispere Aerosol", Atmosphere Environment Vol.16 No.1 Great Britain (1982) 825-836.