

## PENGUKURAN TEBAL KONTAMINASI ZAT RADIOAKTIF PADA PERMUKAAN TANAH SECARA *IN SITU* MENGUNAKAN SPEKTROMETER GAMMA PORTABEL

Wijianto<sup>1</sup>, M.Azam<sup>1</sup>, Evi Setiawati<sup>1</sup>, Bunawas<sup>2</sup>

1). Jurusan Fisika, FMIPA, UNDIP

2). P3KRBiN-BATAN

### ABSTRACT

*Determination of contamination's thickness on the ground for homogeneous source compound Cs-137 and Co-60 use portable gamma spectrometry with high purity germanium detector (HPGe detector) have been done. There are two methods to determine contamination's thickness on the ground surface. The first method is Korun's modification by looking for the total count of gamma ray before and already to experience attenuation for Cs-137 and Co-60 then divided by the decrease of linear attenuation coefficient Cs-137 and Co-60. The second is Xu comparison method by made variation of distance from ground surface to detector surface then compared with total count of gamma ray from one source Cs-137 or Co-60 during counting time. The results from experiment obtained for Korun's modification for the actual thickness 10 cm, 20 cm and 24 cm have an error at 2 % , for actual thickness 12 and 16 cm, and an error at 3 % , for actual thickness 6 cm and 8 cm an error of 4 % and, for actual thickness 4 cm have an error at 9 %. Then for the Al Ghamdi to Xu Comparison method, for Co-60 in the actual thickness 6 cm and 10 cm have error 3 % and 12 %, and for Cs-137 in the actual thickness 10 cm and 6 cm have error 9 % and 48 %.*

*Key words: HPGe detector, portable gamma spectrometry, contamination, Korun's modification and Xu comparison method.*

### INTISARI

*Telah dilakukan penelitian tentang pengukuran tebal kontaminasi zat radioaktif pada permukaan tanah untuk sumber homogen campuran Cs-137 dan Co-60 menggunakan spektrometer gamma portabel dengan detektor germanium kemurnian tinggi (detektor HPGe). Ada dua cara yang digunakan dalam menentukan tebal kontaminasi di permukaan tanah. Pertama, menggunakan modifikasi Korun, yaitu dengan mencari cacah total sinar gamma sebelum dan sesudah mengalami atenuasi, kemudian dibagi dengan pengurangan koefisien atenuasi linier dari Cs-137 dan Co-60. Kedua, dengan cara perbandingan Xu, yaitu dengan membuat variasi jarak antara permukaan tanah dengan permukaan detector, kemudian dibandingkan dengan cacah total dari Cs-137 atau Co-60 selama waktu pengukuran. Hasil dari eksperimen diperoleh bahwa modifikasi Korun untuk kedalaman 10 cm, 20 cm dan 24 cm memiliki tingkat kesalahan 2%, untuk kedalaman 12 cm dan 16 cm memiliki tingkat kesalahan 3%, untuk kedalaman 6 cm dan 8 cm memiliki tingkat kesalahan 4%, untuk kedalaman 4 cm memiliki tingkat kesalahan 9%. Kemudian untuk cara perbandingan Al-Ghamdi dan Xu untuk Co-60 pada kedalaman 6 cm dan 10 cm memiliki tingkat kesalahan 3% dan 12%, untuk Cs-137 pada kedalaman 10 cm dan 6 cm memiliki tingkat kesalahan 9% dan 48%.*

### PENDAHULUAN

Peristiwa kedaruratan nuklir dari pengoperasian PLTN sudah terjadi di beberapa negara, diantaranya seperti yang terjadi di Chernobyl pada tanggal 26 April 1986, pada saat itu terjadi dua ledakan yang menyebabkan terlemparnya atap reaktor PLTN Unit 4 dan juga

menyebabkan terlemparnya beton, grafit dan reruntuhan lainnya yang keluar melalui lubang atap ke udara luar. Asap (*smoke and fume*) membumbung lebih 1 km ke atas bersama dengan sejumlah bahan bakar nuklir transurium dan produk fisi dari teras reaktor [1]. Begitu juga di beberapa negara lain antara tahun

1957-1986 telah terjadi 6 kecelakaan nuklir yang sangat berbahaya, dengan luas daerah kontaminasi yang luas dan aktivitas yang cukup tinggi. Keenam kecelakaan tersebut adalah kecelakaan Kyshtym (Rusia) tahun 1957, kecelakaan Windscale tahun 1957, kecelakaan Palomares tahun 1966, kecelakaan COSMOS 954 tahun 1977, kecelakaan Three Mile Island tahun 1979 dan kecelakaan Goiania tahun 1985 [2].

Selain dari kasus kecelakaan, bahaya radiasi dapat terjadi oleh adanya radiasi kosmik, paparan radiasi gamma, peristiwa jatuhnya (*fallout*) dari radionuklida, hasil fisi maupun aktivasi, sehingga dapat menimbulkan kontaminasi radioaktif di lingkungan terutama pada permukaan tanah. Radionuklida yang biasa terlepas ke lingkungan adalah Cs-137 dan Co-60, kemudian akan masuk ke komponen lingkungan baik melalui udara atau air yang kemudian terserap oleh tanah. Untuk itu perlu antisipasi secepatnya diantaranya dengan pengukuran tebal kontaminasi di permukaan tanah secara *in situ* menggunakan spektrometer gamma portabel dengan detektor HPGe.

## METODE PENELITIAN

### Pembuatan sampel

Pembuatan sampel dilakukan dengan cara menghaluskan tanah yang sudah bercampur zat radioaktif Cs-137 dan Co-60, dihaluskan dengan martil kemudian diayak dengan ayakan stainless steel 2 mm dan diaduk hingga homogen. Setelah itu dimasukkan ke dalam kotak sampel ukuran 30x30 cm dengan memberikan lem Aica Aibon sebagai perekat.

### Penyiapan lokasi uji coba

Lokasi uji coba dibuat pada permukaan tanah yang rata kemudian digali menggunakan cangkul kecil sesuai kedalaman yang diinginkan, mulai dari 4 cm, 8 cm, 12 cm, 16 cm, 20 cm dan 24 cm.

### Pengukuran homogenitas sampel

Pengukuran homogenitas sampel diukur dengan surveymeter Eksploranium. Caranya yaitu dengan menentukan 9 titik

pada setiap sampel, kemudian menutup 8 titik lainnya menggunakan timbal setebal 4 mm, sehingga diperoleh data laju cacah dari setiap titik yang bisa dibandingkan antara titik 1 dan yang lainnya.

### Penentuan faktor reduksi

Penentuan faktor reduksi dilakukan dengan cara mencatat laju cacah dari radiasi alam yang muncul saat dilakukan pengukuran radiasi latar, baik dengan *shielding* atau tanpa *shielding*, sehingga dapat diketahui berapa kemampuan *shielding* tersebut mereduksi laju cacah radiasi latar. Untuk selang kepercayaan 66% persamaannya adalah [3]:

$$BTD = \frac{2,33\sqrt{(N_{bg}/T_{bg})}}{\varepsilon_y P_y} \quad (1)$$

dengan  $N_{bg}$  menyatakan laju cacah latar dari isotop,  $T_{bg}$  menyatakan waktu cacah latar dari isotop,  $\varepsilon_y$  adalah efisiensi detektor dan  $P_y$  adalah yield atau intensitas sinas gamma.

### Penentuan tebal kontaminasi ZRA untuk modifikasi Korun

Tebal kontaminasi untuk modifikasi korun dilakukan dengan cara mencatat laju cacah dari setiap pengukuran untuk masing-masing ketebalan sampel yang digunakan dengan jarak tetap. Kemudian dengan menambahkan data koefisien atenuasi linier dari Cs-137 dan Co-60, sehingga tebal kontaminasi dapat ditentukan dengan persamaan [4]:

$$x = \frac{\ln\left(\frac{N_1 N_{02}}{N_2 N_{01}}\right)}{\mu_2 - \mu_1} \quad (2)$$

dengan

$N_{01}$  : cacah awal untuk sumber pertama (cps)  $N_{02}$  : cacah awal untuk sumber kedua (cps)  $N_1$  : cacah sumber pertama selama  $t_1$  (cps)  $N_2$  : cacah sumber kedua selama  $t_2$  (cps)  $\mu_1$  : koefisien atenuasi linear untuk sumber pertama ( $m^{-1}$ )  $\mu_2$ : koefisien atenuasi linear untuk sumber kedua ( $m^{-1}$ ).

**Penentuan tebal kontaminasi ZRA cara perbandingan Al Ghamdi dan Xu**

Penentuan tebal kontaminasi untu cara perbandingan Al Ghamdi dan Xu dapat dilakukan dengan memvariasi jarak dari detektor ke permukaan sampel. Dengan demikian dapat diperoleh data laju cacah dari masing-masing jarak untuk ketebalan yang berbeda, sehingga tebal kontaminasi dapat ditentukan dengan persamaan [5]:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{(x + h_2)^2}{(x + h_1)^2} \quad (3)$$

dengan  $N_1$  : cacah total pada jarak  $h_1$  (cps),  $N_2$  : cacah total pada jarak  $h_2$  (cps),  $h_1$ :jarak antara permukaan detektor dengan permukaan tanah untuk variasi jarak pertama,  $h_2$ : jarak antara permukaan detektor dengan permukaan tanah untuk variasi jarak kedua, dan  $x$ : tebal kontaminasi yang dicari.

**PEMBAHASAN**

Faktor reduksi yang ditentukan di lokasi tempat uji sampel tepatnya di halaman parkir P3KRBiN menggunakan perisai timbal dapat mereduksi sampai 5,67 lebih rendah dibandingkan tanpa menggunakan perisai, untuk rentang energi dari 238 keV sampai 1420 keV. Perisai timbal yang digunakan setebal 3,25 cm dengan diameter dalam 14 cm. Dari hasil tersebut dapat dikatakan bahwa perisai yang digunakan cukup baik.

Penentuan Batas Terendah Deteksi (BTD) pada detektor HPGe diperoleh dengan menggunakan spektrometer gamma portabel. Batas terendah deteksi dapat dihitung menggunakan persamaan 1. Hasilnya adalah untuk Cs-137 sebesar 0,045 Bq sedangkan untuk Co-60 sebesar 0,018 Bq. Dari nilai tersebut dapat dikatakan bahwa detektor HPGe dapat digunakan untuk mengukur kontaminasi zat radioaktif dengan aktivitas yang sangat

rendah kurang dari 1 Bq pada permukaan tanah.

Pada penelitian ini sedikit berbeda dari yang dilakukan oleh Korun [4] maupun yang dilakukan oleh Al Ghamdi dan Xu [5], yang menggunakan sumber titik (*point source*) dan hanya satu sumber yang diletakkan pada kedalaman tertentu dari permukaan tanah. Dalam penelitian ini sumber yang digunakan adalah sumber campuran antara Cs-137 dengan Co-60 yang memiliki energi berbeda, yang dicampur pada medium tanah latosol dan dibuat homogen. Asumsi yang digunakan adalah bahwa distribusi zat radioaktif tersebar merata dipermukaan tanah. Persamaan yang digunakan untuk menentukan tebal kontaminasi dalam penelitian ini merupakan modifikasi dari persamaan Korun, namun untuk dua sumber digunakan persamaan 2.

Dalam eksperimen yang dilakukan di halaman parkir P3KRBiN-BATAN Jakarta, diperoleh hasil sebagai berikut:

**Tabel 1** Hasil estimasi tebal kontaminasi dengan metode Korun yang dimodifikasi

Tebal sebenarnya (cm)	Tebal eksperimen (cm)
4	3,66 ± 9%
8	7,72 ± 4%
12	11,67 ± 3%
16	15,58 ± 3%
20	19,63 ± 2%
24	23,58 ± 2%

Dari tabel 1 di atas, ditunjukkan bahwa penentuan tebal kontaminasi untuk sumber campuran Cs-137 dan Co-60 dapat ditentukan dengan persamaan 2. Hasil yang diperoleh cukup baik, dengan tingkat kesalahan berkisar 2%-9%, dengan rincian; untuk ketebalan 20 cm dan 24 cm tingkat kesalahan 2%, untuk ketebalan 12 cm dan 16 cm tingkat kesalahan 3%, untuk ketebalan 8 cm tingkat kesalahan 4% dan untuk ketebalan 4 cm tingkat kesalahan 9%.

Selain cara di atas, dalam penelitian ini juga dilakukan eksperimen untuk menentukan tebal kontaminasi sumber campuran Cs-137 dan Co-60 yang homogen menggunakan cara perbandingan Al Ghamdi dan Xu (2002) seperti pada persamaan 3. Hasil dari eksperimen tersebut dapat dilihat pada tabel 2 dan 3.

**Tabel 2** Hasil estimasi tebal kontaminasi dengan metode Korun yang dimodifikasi dan metode Al Ghamdi dan Xu untuk tebal 6 cm

Metode	Tebal sebenarnya(cm)	Tebal eksperimen (cm)	Keterangan
Al Ghamdi & Xu	6	6,16 ± 3% 8,88 ± 48%	Untuk Co-60 Untuk Cs-137
Modifikasi Korun	6	5,79 ± 4% 5,63 ± 6%	Pada kedalaman 50 cm Pada kedalaman 70 cm

**Tabel 3** Hasil estimasi tebal kontaminasi dengan metode Korun yang dimodifikasi dan metode Al Ghamdi dan Xu untuk tebal 10 cm

Metode	Tebal sebenarnya (cm)	Tebal eksperimen (cm)	Keterangan
Al Ghamdi & Xu	10	8,79 ± 12% 9,07 ± 9%	Untuk Co-60 Untuk Cs-137
Modifikasi Korun	10	9,85 ± 2% 9,74 ± 3%	Pada Kedalaman 50cm Pada kedalaman70cm

Dari nilai tabel 2 dan 3 dapat dilihat bahwa nilai tebal kontaminasi untuk sumber homogen untuk modifikasi Korun lebih mendekati keadaan riil di lapangan dibanding dengan cara perbandingan seperti yang dilakukan oleh Xu. Dari dua sampel yang diuji dengan dua metode di atas, modifikasi Korun lebih baik daripada cara perbandingan, yaitu ketebalan 6 cm dengan tingkat kesalahan 4%-6% dan untuk ketebalan 10 cm tingkat kesalahan

2%-3%.Sedangkan menggunakan cara perbandingan untuk Co-60 pada ketebalan 6 cm, diperoleh tingkat kesalahan 3% dan untuk ketebalan 10 cm tingkat kesalahan 12%. Kemudian untuk Cs-137 untuk ketebalan 6 cm tingkat kesalahan 48% dan untuk ketebalan 10 cm tingkat kesalahan 9%.

Selain memiliki tingkat kesalahan yang lebih kecil, modifikasi Korun lebih cepat dan efisien, karena bisa digunakan untuk menentukan tebal kontaminasi zat radioaktif oleh dua sumber dengan tingkat energi yang berbeda sekaligus, khususnya untuk Cs-137 dan Co-60 dan pengukuran hanya dilakukan sekali saja. Sedangkan menggunakan cara perbandingan Al Ghamdi dan Xu hanya bisa digunakan untuk satu sumber saja, tetapi tanpa harus memperhitungkan koefisien atenuasi linier suatu medium yang diukur. Metode perbandingan hanya butuh data cacah per detik dari variasi jarak antara permukaan tanah dengan permukaan detektor untuk pengukuran pertama dan kedua.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan di P3KRBiN-Batan Pasar Jumat Jakarta dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penentuan tebal kontaminasi zat radioaktif untuk sumber homogen, dapat menggunakan modifikasi Korun maupun dengan cara perbandingan Al Ghamdi dan Xu.
2. Tebal kontaminasi sumber homogen untuk modifikasi Korun memiliki tingkat kesalahan lebih kecil yaitu antara 2%-9%, untuk ketebalan 20 cm dan 24 cm tingkat kesalahan 2%, untuk ketebalan 12 cm dan 16 cm tingkat kesalahan 3%, untuk ketebalan 8 cm tingkat kesalahan 4% dan untuk ketebalan 4 cm tingkat kesalahan 9%, dibandingkan dengan cara perbandingan Xu yaitu 3%-12% untuk Co-60 pada ketebalan 6 cm dan 10 cm tingkat kesalahan 3%-12% dan untuk

Cs-137 pada ketebalan 10 cm dan 6 cm tingkat kesalahan 9%-48%.

*dan K-40 di Dalam Tanah Pada Beberapa Daerah di Provinsi Jawa Barat, Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir-BATAN, Jakarta.*

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1]Joedatmodjo, S., 2003, *Peranan Puslitbang KRBIN Menghadapi Kedaruratan Nuklir dari Pengoperasian PLTN*, BATAN Pasar Jumat, Jakarta.
- [2]McColl, N.P. dan Prosser, S.L., 2002, *Emergency Data Hand Book*, National Radiological Protection Board, Chilton.
- [3]Wahyudi, Nirwani, L., Sutarman, 2000, *Konsentrasi TH-228, Ra -226, Cs - 137*
- [4]Korun, M.,Martini, R., Pucelj, B., 1991, *In-Situ Measurements of The Radioactive Fallout Deposite*, Nucl Inst Meth A300: Hal 611-615.
- [5]Al Gamdi, A. dan Xu, X. G, 2002, *Estimating The Depth of Embedded Contaminants From In situ Gamma Spektrometry Measuremant*, Health Physics. Vol 84. No 1 : Hal 632-636.