

PAIR/P.929/97

KALIBRASI ALAT MCA UNTUK MENGUKUR
AKTIVITAS ISOTOP ALAM ^{137}Cs PADA
TANAH.

by Nita Suhartini

KALIBRASI ALAT MCA UNTUK MENGUKUR AKTIVITAS ISOTOP ALAM ^{137}Cs PADA TANAH

Nita Suhartini *

ABSTRAK

KALIBRASI ALAT MCA UNTUK MENGUKUR AKTIVITAS ISOTOP ALAM ^{137}Cs PADA TANAH. Keberadaan isotop alam ^{137}Cs di alam ini dimulai sejak pertengahan tahun 1950-an. ^{137}Cs yang jatuh ke bumi dengan sangat cepat akan teradsorpsi pada permukaan tanah., sehingga isotop alam ini dapat digunakan sebagai tracer untuk perpindahan tanah. Jumlah ^{137}Cs di alam ini sangat sedikit, dan diperlukan alat yang sensitif untuk menganalisisnya. MCA yang dilengkapi dengan detektor Hyper-pure Lithium Drifted Germanium Crystal gamma sangat sesuai untuk keperluan ini, dan lamanya waktu pengukuran adalah minimum 8 jam. Sebelum digunakan alat ini perlu dikalibrasi untuk mengetahui faktor koreksi detektor yang digunakan. Hasil kalibrasi pada beberapa detektor menunjukkan bahwa masing-masing detektor memiliki faktor koreksi yang berbeda. Faktor koreksi untuk detektor 2, detektor 4 dan detektor 5 masing-masing adalah 134, 50 dan 99, sedangkan kesalahan pengukuran berkisar antara 1 % dan 4 %.

ABSTRACT

CALIBRATION OF MCA FOR MEASURING THE ACTIVITY OF ENVIRONMENTAL ISOTOPE ^{137}Cs ON THE SOIL. The environmental isotope ^{137}Cs has been present in nature since the middle of 1950's. When it reached the ground, ^{137}Cs was rapidly adsorbed on the soil particles. So that ^{137}Cs can be used as tracer for soil movement. The amount of ^{137}Cs in the environment is very small, so a high sensitivity detector is needed to measure ^{137}Cs activity. A Multi-Channel Analyzer completed with Hyper-pure lithium drifted germanium crystal gamma detector is very suitable for this purpose, and the counting time is minimum 8 hours. Before it was used, the MCA should be calibrated to find the correction factor of the detector. The result of calibration of the detectors showed that the correction factors were different to each other. The correction factors of detector 2, detector 4 and detector 5 were 134, 50 and 99 respectively. The error of measurement was between 1 % and 4 %.

*) Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi - BATAN

PENDAHULUAN

Di alam ini terdapat beberapa jenis radioisotop alam yang dapat dimanfaatkan antara lain untuk menentukan umur (^{14}C), panas bumi (^{18}O , D , ^3H), sebagai petunjuk ("finger print") (^{13}C , ^{34}S), estimasi erosi (^{137}Cs), dan lain-lain. Keberadaan radioisotop di alam disebabkan oleh "Cosmic Ray Bombardment" dan akibat percobaan-percobaan senjata nuklir. Radioisotop alam yang terjadi karena adanya "Cosmic Ray Bombardment" antara lain ^{14}C , ^7Be dan beberapa isotop alam yang dihasilkan melalui peluruhan isotop-isotop ^{238}U , ^{235}U dan ^{232}Th . Isotop alam yang merupakan hasil percobaan senjata nuklir antara lain adalah ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{239}Pu , ^{240}Pu dan ^{241}Am . (1)

Salah satu jenis isotop alam yang sering dimanfaatkan untuk menentukan umur sedimen dan laju erosi, adalah ^{137}Cs . Keberadaan ^{137}Cs di alam ini dimulai pada pertengahan tahun 1950-an, akibat adanya percobaan-percobaan senjata nuklir. Fallout ^{137}Cs dari atmosfer ketika jatuh ke bumi, dengan sangat cepat akan teradsorpsi pada permukaan tanah. ^{137}Cs sangat mudah teradsorpsi pada jenis tanah lempung (clay) (2). Oleh karena ^{137}Cs terikat sangat kuat pada tanah, maka isotop ini dapat digunakan sebagai tracer dalam studi pergerakan tanah. Jumlah ^{137}Cs di alam sangat sedikit, sehingga perlu alat yang sensitif untuk menganalisisnya, dan membutuhkan waktu pencacahan cukup lama (minimum 8 jam). Alat yang biasanya digunakan adalah Multi-Channel Analyzer (MCA), yang dilengkapi dengan detektor HPGe (Hiper-pure lithium drifted germanium crystal gamma). Nilai cacahan yang diperoleh dari alat, bukan merupakan hasil yang sebenarnya, karena alat tersebut memiliki faktor kesalahan. Oleh sebab itu sebelum dilakukan pengukuran terhadap sampel, terlebih dahulu ditentukan efisiensi alat pencacah. Penentuan faktor koreksi detektor pada percobaan ini menggunakan standar tanah dengan kandungan ^{137}Cs yang telah diketahui aktivitasnya.

TEORI

Saat menganalisis ^{137}Cs pada tanah menggunakan MCA yang dilengkapi dengan detektor HPGe, unsur yang terdeteksi oleh detektor adalah $^{137\text{m}}\text{Ba}$. $^{137\text{m}}\text{Ba}$ (waktu paruh = 2,44 bln) adalah anak dari ^{137}Cs (waktu paruh = 30,17 thn), dan ini merupakan petunjuk tidak langsung dalam menentukan aktivitas ^{137}Cs . Hal ini disebabkan ^{137}Cs pemancar sinar β dan $^{137\text{m}}\text{Ba}$ pemancar sinar γ , seperti yang terlihat pada rangkaian peluruhan di bawah ini :



MCA merupakan alat pendeteksi sinar gamma, jadi spektrum $^{137\text{m}}\text{Ba}$ yang akan terdeteksi oleh detektor pada energi 661 keV. Besarnya aktivitas $^{137\text{m}}\text{Ba}$ sama dengan aktivitas ^{137}Cs . Pada energi 661 keV, selain spektrum $^{137\text{m}}\text{Ba}$ juga akan muncul spektrum ^{214}Bi sebagai pengganggu. Oleh karena itu, hasil cacahan pada energi 661 keV ini perlu dikoreksi terhadap spektrum ^{214}Bi . (4)

Untuk penentuan faktor koreksi detektor digunakan standar tanah dengan aktivitas ^{137}Cs yang diketahui ($1/20^{\text{th}}$ IAEA SOIL-6 secondary standard). Aktivitas standar hasil pengukuran dengan alat MCA, sebelumnya dikoreksi terlebih dahulu terhadap aktivitas pada waktu yang sama dimana aktivitas sebenarnya diketahui, menggunakan persamaan : (5)

$$A = A_o \cdot e^{-kt}$$

dimana : A = Aktivitas standar ^{137}Cs pada saat pengukuran
 A_o = Aktivitas standar ^{137}Cs yang dikoreksi
 k = konstanta
 t = lama peluruhan

Aktivitas standar yang diperoleh melalui pengukuran menggunakan MCA ini kemudian dibandingkan dengan aktivitas standar yang sebenarnya pada waktu yang sama.

Persamaan untuk menentukan faktor koreksi :

$$c.f = A_{so} / A_{ao}$$

dimana : $c.f$ = faktor koreksi
 A_{ao} = Aktivitas yang didapat dari alat
 A_{so} = Aktivitas sebenarnya

Faktor koreksi ini kemudian digunakan untuk menghitung aktivitas ^{137}Cs yang sebenarnya,

yaitu : $A_s = (c.f \times A_a) / W$

dimana : A_s = Aktivitas ^{137}Cs sampel yang sebenarnya (Bq/g)
 A_a = Aktivitas ^{137}Cs yang didapat dari alat (Bq/g)
 W = Berat sampel yang di analisis (g)

Total aktivitas ^{137}Cs persatuan luas (Bq/m²), adalah :

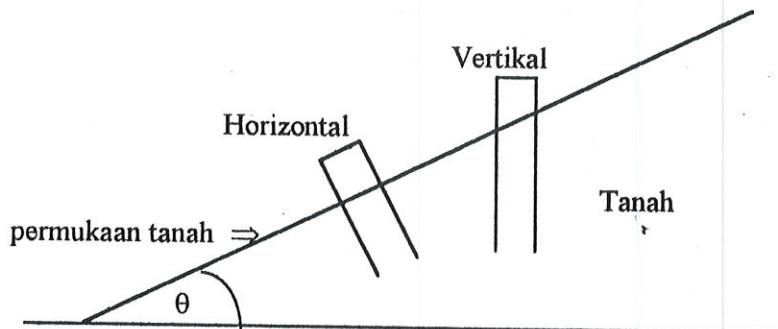
$$A = A_s \cdot m \cdot a^{-1}$$

dimana : A_s = Aktivitas terkoreksi (Bq/g)
 m = Massa kering yang lolos ayakan 2 mm (g)
 a^{-1} = Luas permukaan alat sampling (m²)

METODE

Pengambilan Sampel

Pola pengambilan sampel ada dua cara, yaitu : Horizontal pada permukaan tanah ("perpendicular profile") dan vertikal (Gambar 1.) (6)



Gambar 1. Pola pengambilan sampel untuk analisis ^{137}Cs alam

Pada tampang horizontal luas permukaan sampel (HSA) adalah sama dengan luas permukaan alat (CSA), sedangkan pada tampang vertikal luas permukaan sampel (HSA) harus dikoreksi terhadap sudut kemiringan, dengan persamaan :

$$HSA = CSA \cdot \cos \theta$$

dimana : θ = Sudut kemiringan tanah

Pada percobaan ini digunakan cara tampang horizontal, sehingga luas permukaan sampel sama dengan luas permukaan alat. Pengambilan sampel menggunakan alat yang disebut "Coring" yang terbuat dari besi dengan ukuran di (diameter dalam) = 10 cm, t (tinggi) = 20 cm. Coring didorong ke dalam tanah menggunakan palu secara manual. Pengambilan coring dilakukan secara hati-hati menggunakan linggis, sehingga sampel tanah yang terdapat didalam coring

tidak terkontaminasi dengan tanah di luar coring. Sampel di dalam coring dikeluarkan secara manual dan dimasukkan ke dalam kantong plastik. Sampel-sampel tersebut kemudian dibawa ke laboratorium.

Preparasi Sampel

Di laboratorium, sampel-sampel dikeringkan menggunakan oven pada suhu $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama satu malam. Sampel yang telah kering kemudian ditimbang (W_i), dan dihancurkan menggunakan mesin penggiling tanah hingga lolos ayakan 2 mm. Setelah menggerus 1 sampel, pengerus kemudian dibersihkan menggunakan kuas dan udara tekan, sehingga sampel-sampel tersebut tidak terkontaminasi satu dengan yang lain.

Pengukuran Sampel

Standar yang digunakan adalah standar tanah dengan aktivitas $^{137}\text{Cs} = 53,65/20$ mBq/g pada tanggal 30 Januari 1983. Sebanyak 400 g standar dimasukkan ke dalam marinelli, dan diukur aktivitasnya menggunakan detektor HPGe yang dihubungkan ke ARTEC Spectrum Master dan Multi-Channel Analyzer. Pengukuran dilakukan selama 24 jam. Setelah selesai pengukuran, standar dimasukkan kembali ke tempatnya, dan disimpan sehingga dapat digunakan kembali untuk kalibrasi yang sama.

Untuk sampel tanah, sebanyak 800 - 1000 g sampel kering ditimbang (W) dan dimasukkan ke dalam marinelli. Pengukuran sampel dilakukan selama minimum 8 jam. Setelah selesai pengukuran, sampel dimasukkan kembali ke kantongnya dan disimpan. Jika diperlukan dapat dilakukan pengukuran kembali.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran standar dilakukan sebulan sekali, agar perubahan yang terjadi pada detektor dapat segera diketahui. Detektor adalah instrumen yang sangat sensitif terhadap perubahan seperti suhu atau adanya kerusakan atau goresan pada permukaan detektor. Oleh karena ada spektrum pengganggu pada energi 661 keV, maka hasil cacahan ^{137m}Ba harus dikoreksi terhadap hasil cacahan ^{214}Bi , menggunakan persamaan: (5)

$$\text{Net Area } ^{137}\text{Cs (pada energi 661 keV)} = \text{Net area } ^{137\text{m}}\text{Ba (pada 661 keV)} - 0,035 \times \text{Net area } ^{214}\text{Bi (pada 609 keV)}$$

Contoh perhitungan faktor koreksi detektor, adalah sebagai berikut :

Melalui alat didapat :

- Net Area Bi-214 (610 keV) = 5607
- Net Area Ba-137m (661,6 keV) = 1045
- Life time (lamanya pengukuran) = 5900 dt
- Berat sampel yang dianalisis = 410 g
- Net Area ^{214}Bi (pada 661 keV) = $5607 \times 0,035 = 196,25$
- Net Area ^{137}Cs (pada 661 keV) = $1045 - 196,25 = 848,76$
- Cps $^{137}\text{Cs} = 848,76/5900 = 0,0144 \text{ cps}$
- cps/g $^{137}\text{Cs} = 0,0144 \text{ cps}/410 \text{ g} = 1,46 \cdot 10^{-5} \text{ Bq/g}$
(pada 16 Juni 1996 ----> pada saat diukur dengan alat MCA)
- Aktivitas standar yang diukur dengan alat, pada tanggal 30 Januari 1983 :
dikoreksi dengan menggunakan persamaan :

$$A = A_0 \cdot e^{-kt}$$

$$e^{-kt} = e^{-(0,693 \times 13,3775) / (30,174)} = 0,7355$$

$$A_0 = A / 0,7355 = 1,46 \cdot 10^{-5} / 0,7355 = 1,985 \cdot 10^{-5} \text{ Bq/g}$$

Aktivitas standar ^{137}Cs yang sebenarnya pada tanggal 30 Januari 1983 adalah :

$$53,65 / 20 \text{ mBq/g} = 2,68 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/g}$$

$$\text{c.f (faktor koreksi detektor)} = (2,68 \cdot 10^{-3}) / (1,985 \cdot 10^{-5}) = 134$$

Dengan diperolehnya harga faktor koreksi detektor, maka aktivitas ^{137}Cs pada sampel dapat dihitung. Dengan cara yang sama maka didapat faktor koreksi untuk detektor 4 dan detektor 5, yaitu masing-masing 50 dan 99.

Contoh perhitungan aktivitas ^{137}Cs pada sampel tanah adalah sebagai berikut :

Melalui alat diperoleh :

- Net Area ^{214}Bi (610 keV) = 4854 +/- 86
- Net Area $^{137\text{m}}\text{Ba}$ (661 keV) = 943 +/- 74
- Life time (lamanya pengukuran) = 56586,4 dt
- Berat sampel yang dianalisis = 1003 g
- Berat total sampel kering = 2010 g

Aktivitas total ^{137}Cs pada sampel dihitung dengan cara :

- Net Area ^{214}Bi (pada 661,6 keV) = $4854 \times 0,035 = 165$
- Net Area ^{137}Cs (pada 661,6 keV) = $943 - 165 = 778$
- Cps $^{137}\text{Cs} = 778 / \text{L.T} = (778)/(56586) = 0,013748 \text{ cps}$

Hasil pengukuran background untuk alat diperoleh cps background = 0,0005648 cps

$$\text{cps } ^{137}\text{Cs sampel} = 0,013748 - 0,0005648 = 0,013183 \text{ cps}$$

$$\text{Berat sampel} = 1003 \text{ g}$$

$$\text{cps/g Cs} = 0,013183 / 1003 \text{ Bq/g} = 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ Bq/g}$$

$$\text{Aktivitas } ^{137}\text{Cs yang sebenarnya} =$$

$$\begin{aligned} & \text{aktivitas yang diperoleh dari alat} \times \text{c.f} \\ & = 1,31 \cdot 10^{-5} \text{ Bq/g} \times 134 = 1,76 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/g} \end{aligned}$$

$$\text{Total massa kering dalam 1 coring} = 2010 \text{ g}$$

$$\text{Total aktivitas } ^{137}\text{Cs pada sampel tanah} = 2010 \text{ g} \times 1,76 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/g} = 3,53 \text{ Bq}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan sampel} &= \pi r^2 = \pi 5^2 = 78,54 \text{ cm}^2 \\ &= 0,007854 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Aktivitas } ^{137}\text{Cs per m}^2 = (3,53) / (0,007854) \text{ Bq/m}^2 = 449 \text{ Bq/m}^2 = 450 \text{ Bq/m}^2$$

$$\text{Error dari alat} = 74/943 \times 100\% = 7,85 \%$$

$$\text{Aktivitas } ^{137}\text{Cs pada sampel} = (450 \pm 35) \text{ Bq/m}^2$$

Hasil perhitungan untuk sampel-sampel tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

KESIMPULAN

Melalui hasil percobaan didapatkan bahwa :

1. Multi-Channel Analyzer yang dilengkapi dengan detektor Hiper-pure Lithium Drifted Germanium crystal gamma (HPGe) dapat digunakan untuk menentukan aktivitas ^{137}Cs alam pada tanah .
2. Detektor HPGe perlu selalu dikalibrasi, karena kepekaan alat ini mudah berubah akibat pengaruh suhu atau adanya goresan pada permukaan detektor.
3. Kesalahan dari alat dapat segera diketahui jika dilakukan kalibrasi ulang, atau hasil analisis diulang.

DAFTAR PUSTAKA

1. CRICKMORE, M.J., TAZIOLI. P.G., APPLEBY and OLDFIELD, F., " The use of nuclear techniques in sediment transport and sedimentation problems ", Technical Documents in Hydrology, UNESCO, Paris, (1990) 131.
2. TAMURA, T., " Selective sorption reaction of caesium with mineral soil ", Nuclear Safety,5, (1964) 262
3. RANKAMA,K., " Progress in Isotope & Geology ", Interscience Publishers, London, (1963).
4. ANONYMOUS, " Gamma-Ray spectrometry in environment ", ICRU Report 53, International Commission on Radiation Units and Measurements, Maryland, USA, (1994) 17.
5. GREG, L.E., MILNE, A.T., WESTERN, K.F., and WAI ZIN Oo., " A comparison of direct soil loss mesurements with ^{137}Cs based soil erosion estimates in a small grazing catchment near GOULBORN ", New South Wales, ANSTO, AUSTRALIA, (1996).
6. WALLING, D.E., and QUINE, T.A., " Calibration of caesium-137 measurement to provide quantitative erosion rate data ", Land Degradation and Rehabilitation 2, (1990) 62.

TABEL 1. Hasil pengukuran aktivitas ^{137}Cs pada beberapa sampel tanah

No.	Kode Sampel	AKTIVITAS ^{137}Cs		KESALAHAN (%)
		mBq/g	mBq/cm ²	
1.	NS00020	2,253 ± 0,06	49,171 ± 1,24	2,51
2.	NS00025	2,517 ± 0,09	64,235 ± 2,22	3,45
3.	NS020a	3,111 ± 0,07	79,653 ± 1,65	2,16
4.	NS020b	1,980 ± 0,04	58,411 ± 1,27	2,17
5.	NS04020	2,827 ± 0,09	77,527 ± 2,57	3,31
6.	NS0425	2,887 ± 0,10	86,018 ± 2,88	3,34
7.	NS063	1,531 ± 0,04	45,415 ± 1,07	2,37
8.	NS06320	2,649 ± 0,09	70,987 ± 2,38	3,35
9.	NS064	2,629 ± 0,05	70,790 ± 1,38	1,94
10.	NS06425	1,744 ± 0,05	52,273 ± 1,39	2,66
11.	NS080a	2,700 ± 0,09	71,198 ± 2,43	3,42
12.	NS080b	3,224 ± 0,07	82,110 ± 1,89	2,30
13.	NS087a	2,480 ± 0,08	63,141 ± 2,15	3,40
15.	NS087b	2,095 ± 0,08	54,805 ± 2,06	3,76
16.	NS087c	2,166 ± 0,06	55,430 ± 1,46	2,64
17.	NS087d	2,051 ± 0,05	55,063 ± 1,43	2,59
18.	NS087e	1,954 ± 0,04	53,629 ± 1,20	2,24
19.	NS087f	1,359 ± 0,03	36,243 ± 0,79	2,17
20.	NS087g	1,592 ± 0,05	45,216 ± 1,48	3,28
21.	NS087h	1,589 ± 0,07	43,278 ± 1,82	4,20
22.	NS087i	2,078 ± 0,05	57,915 ± 1,52	2,63
23.	NS087j	2,063 ± 0,08	57,252 ± 2,10	3,66
24.	NS087k	1,729 ± 0,05	47,661 ± 1,30	2,72
25.	NS087l	2,151 ± 0,04	61,321 ± 1,04	1,70
26.	NS102010	1,259 ± 0,03	35,046 ± 0,91	2,60
27.	NS10225	2,034 ± 0,07	55,481 ± 2,00	3,61
28.	NS102540	1,563 ± 3,42	47,103 ± 1,61	3,42
29.	NS120a	2,550 ± 0,05	71,634 ± 1,49	2,08
30.	NS120b	2,510 ± 0,06	66,836 ± 1,64	2,46