

PERHITUNGAN DAN PENGELOLAAN DATA AKTIVITAS Sr-89 DAN Sr-90 DI LINGKUNGAN

Endang Kurnia; Dandung Nurhono; Eem Rukmini
Pusat Penelitian Teknik Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

PERHITUNGAN DAN PENGELOLAAN DATA AKTIVITAS Sr-89 DAN Sr-90 DI LINGKUNGAN. Data radioaktivitas Sr-89 dan Sr-90 di lingkungan sangat diperlukan sebagai informasi yang menyangkut pada keselamatan lingkungan di sekitar instalasi nuklir. Secara kimia pemisahan Sr-89 dan Sr-90 adalah tidak mungkin, maka yang dilakukan adalah pencacahan dan pemisahan Sr-89/Sr-90 dengan turunannya Y-90, selanjutnya aktivitas Sr-89 dan Sr-90 dihitung dengan memasukkan berbagai faktor koreksi seperti faktor peluruhan pada setiap tahap proses preparasi, efisiensi preparasi maupun efisiensi pencacah terhadap Sr-89, Sr-90 dan Y-90. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu program komputer untuk menghitung dan mengelola data aktivitas Sr-89 dan Sr-90 di lingkungan, sehingga dapat dicapai efisiensi, ketelitian dan kecepatan kerja pemantauan lingkungan. Metode yang digunakan dalam penulisan program komputer didasarkan pada algoritma *top down* dengan struktur program berorientasi objek dan komputer C++ dari Borland. Untuk kompatibilitas, file pangkalan data diformat sesuai dengan dBase III sehingga data bisa dibaca atau diolah lagi oleh berbagai perangkat pengelola pangkalan data yang sudah ada di pasaran. Program aplikasi mudah untuk dioperasikan dan dapat dijalankan pada berbagai komputer IBM PC maupun kompatibelnya.

ABSTRACT

CALCULATION AND DATA BASE MANAGEMENT OF Sr-89 AND Sr-90 ACTIVITIES IN THE ENVIRONMENT. Radioactivity data of Sr-89 and Sr-90 in the environment are required as information about safety surrounding a nuclear facility. The Sr-89 and Sr-90 cannot be separated chemically, therefore the determinations of the Sr-89 and Sr-90 activities are carried out by counting both Sr-89/Sr-90 and Y-90 resulting from the Sr-90 decay. The Sr-89 and Sr-90 activities are corrected with various factor such as disintegration factor at every step of preparation process, preparation efficiency and counting efficiency. The objectives of this paper is to present a computer program for the calculation and data base management of Sr-89 and Sr-90 activities in the environment, in order to achieve the efficiency, accuracy and rapidity of the routine environmental monitoring performance. The program written is based on top-down algorithm with program structure in the object oriented program and compiled by Borland C++ compiler. For its compability, data base file format is compatible with dBase III so that the data could be read and reprocessed by other various data base softwares available commercially. The application program could be operated easily and run in various type of IBM-PC and compatibles.

PENDAHULUAN

Data radioaktivitas Sr-89 dan Sr-90 di lingkungan sangat diperlukan sebagai informasi dasar yang menyangkut keselamatan lingkungan di sekitar instalasi nuklir. Mengingat radioaktivitas Sr-89/Sr-90 mempunyai waktu paruh biologis yang cukup tinggi, seperti halnya kalsium, stronsium memiliki kecenderungan untuk tinggal pada tulang, maka dalam perhitungan dosis internal publik di sekitar instalasi nuklir, kontribusi dosis yang disebabkan oleh Sr-89 dan Sr-90 perlu diperhitungkan.

Pengerjaan yang berulang-ulang dalam perhitungan aktivitas Sr-89 dan Sr-90 hasil pre-

parasi radiokimia yang kompleks dengan rumus yang juga kompleks, akan sangat terbantu dengan adanya perangkat lunak yang sesuai dan mudah dijalankan.

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu perangkat lunak untuk menghitung aktivitas Sr-89 dan Sr-90 di lingkungan yang dapat dioperasikan pada komputer personal, dan diharapkan perangkat lunak ini dapat dijadikan standar perhitungan pengelola data aktivitas Sr-89 dan Sr-90 di berbagai instalasi nuklir.

TINJAUAN TEORI

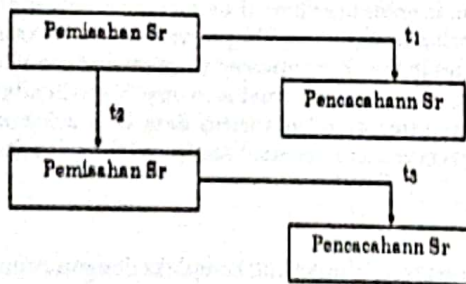
Analisis Sr-89 dan Sr-90

Sr-89 dan Sr-90 merupakan radionuklida pemancar β dengan energi masing-masing 1,5 MeV dan 0,5 MeV. Sr-89 meluruh dengan waktu paruh 50,5 hari menjadi unsur Y-89 yang stabil, adapun Sr-90 meluruh dengan waktu paruh 28,5 tahun menjadi Y-90 yang juga pemancar β dengan energi 2,5 MeV dan waktu paruh 64,1 jam.

Adanya nuklida turunan Y-90 secara tidak langsung memberikan suatu cara untuk membedakan antara aktivitas Sr-89 dengan Sr-90, karena pemisahan secara kimia dari kedua Sr tersebut untuk dianalisis adalah tidak mungkin.

Sr-89 50,5 hari β 1,5 MeV	Sr-90 28,5 tahun β 0,5 MeV
Y-89 stabil	Y-90 64,1 jam β 2,5 MeV
	Zr-90

Ada banyak metode dalam penentuan Sr-89 dan Sr-90 dari berbagai cuplikan lingkungan baik dengan cara pengendapan maupun metode pemisahan dengan menukar ion, akan tetapi pada prinsipnya semua metode mempunyai tahap pengerjaan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan pengerjaan Sr.

Tahap pertama memisahkan strontium dari unsur-unsur matrik lain, yang selanjutnya diacah dengan Low Background Counter (LBC). Hasilnya merupakan aktivitas total dari Sr-90 dan Y-90. Untuk menentukan aktivitas Sr-90 secara tersendiri, maka ditunggu terbentuknya Y-90 (\approx 64,1 jam), yang selanjutnya yitrium dipisahkan dari strontium kemudian diacah. Mengingat bahwa setiap tahap penger-

jaan memerlukan waktu, sedangkan aktivitas sangat dipengaruhi waktu, maka perlu adanya koreksi aktivitas terhadap waktu.

Selain koreksi terhadap waktu, karena proses penyiapan radiokimia untuk Sr-89 dan Sr-90 kebanyakan sangat kompleks, maka faktor efisiensi pemisahan juga harus diperhitungkan selain efisiensi detektor.

Perhitungan aktivitas

Aktivitas Sr-89 yang terdapat di dalam cuplikan dihitung dari pengukuran atau pencacahan berulang diantara selang waktu paling sedikit lima hari agar pertumbuhan Y-90 di dalam cuplikan terlihat jelas.

Persamaan yang berlaku sebagai berikut: Untuk pencacahan Sr-89 pada waktu t_1

$$A_1 \text{ Sr-89} = A_{\text{Sr-89}} \cdot \exp^{-(\ln 2 \cdot t_1 / T_{1/2} \text{ Sr-89})} \quad (1)$$

Untuk pengukuran Sr-89 pada waktu t_2

$$A_2 \text{ Sr-89} = A_{\text{Sr-89}} \cdot \exp^{-(\ln 2 \cdot t_2 / T_{1/2} \text{ Sr-89})} \quad (2)$$

Pertumbuhan/pembentukan Y-90 sampai pengukuran ke 1

$$A_1 \text{ Y-90} = A_{\text{Sr-90}} \cdot \left(1 - \exp^{-(\ln 2 \cdot t_1 / T_{1/2} \text{ Y-90})} \right) \quad (3)$$

Pertumbuhan/pembentukan Y-90 sampai pengukuran ke 2

$$A_2 \text{ Y-90} = A_{\text{Sr-90}} \cdot \left(1 - \exp^{-(\ln 2 \cdot t_2 / T_{1/2} \text{ Y-90})} \right) \quad (4)$$

Persamaan (5) dan (6) berikut menjelaskan hasil pada pengukuran ke 1 dan ke 2, yang akan menghasilkan aktivitas Sr-89, Sr-90 dan Y-90. Oleh karena Sr-90 memiliki $T_{1/2}$ panjang (28,5 tahun) maka aktivitasnya dianggap konstan, sedangkan aktivitas Sr-89 dan Y-90 bertambah.

$$W_1 = \frac{R_1}{\eta_k} = a \cdot A_{\text{Sr-90}} + b \cdot A_1 \text{ Sr-89} + c \cdot A_1 \text{ Y-90} \quad (5)$$

$$W_2 = \frac{R_2}{\eta_k} = a \cdot A_{\text{Sr-90}} + b \cdot A_2 \text{ Sr-89} + c \cdot A_2 \text{ Y-90} \quad (6)$$

$$R_1 = I_{M/1} - I_{O/1} : \text{laju cacah bersih dari pengukuran ke 1 (cps)}$$

$$R_2 = I_{M/2} - I_{O/2} : \text{laju cacah bersih dari pengukuran ke 2 (cps)}$$

η_k = efisiensi kimia

a, b, c = faktor-faktor spesifik nuklida
Faktor tersebut berasal dari efisiensi fisik dan koefisien serapan diri (η Abs) pada ketebalan preparat.

$$a = \eta_f / Sr-90 \quad \eta_{Abs} / Sr-90$$

$$b = \eta_f / Sr-89 \quad \eta_{Abs} / Sr-89$$

$$c = \eta_f / Y-90 \quad \eta_{Abs} / Y-90$$

Nilai efisiensi dari serapan diri harus didapatkan melalui percobaan.

Aktivitas Y-90 pada persamaan (3) dan (4) bergantung pada aktivitas Sr-90, maka persamaan (5) dan (6) dapat ditulis sebagai berikut:

$$W_1 = a \cdot A_{Sr-90} + b \cdot A_{Sr-89} + c \cdot A_{Sr-90}$$

$$\left(1 \cdot \exp^{-\left(\ln 2 \cdot t_1 / T_{1/2} Y-90 \right)} \right) \quad (7)$$

$$W_2 = a \cdot A_{Sr-90} + b \cdot A_{Sr-89} + c \cdot A_{Sr-90}$$

$$\left(1 \cdot \exp^{-\left(\ln 2 \cdot t_2 / T_{1/2} Y-90 \right)} \right) \quad (8)$$

Penyederhanaan dari persamaan (1) dan (2) menjadi:

$$W_1 = d_1 \cdot A_{Sr-90} + b_1 \cdot A_{Sr-89} \quad (9)$$

$$W_2 = d_2 \cdot A_{Sr-90} + b_2 \cdot A_{Sr-89} \quad (10)$$

dengan

$$d_1 = a + c - c \cdot \exp^{-\left(\ln 2 \cdot t_1 / T_{1/2} Y-90 \right)} \quad (11)$$

$$d_2 = a + c - c \cdot \exp^{-\left(\ln 2 \cdot t_2 / T_{1/2} Y-90 \right)} \quad (12)$$

$$b_1 = \eta_{ef} / Sr-89 \cdot \eta_{abs} / Sr-89 \cdot$$

$$\exp^{-\left(\ln 2 \cdot t_1 / T_{1/2} Sr-89 \right)} \quad (13)$$

$$b_2 = \eta_{ef} / Sr-89 \cdot \eta_{abs} / Sr-89 \cdot$$

$$\exp^{-\left(\ln 2 \cdot t_2 / T_{1/2} Sr-89 \right)} \quad (14)$$

menghasilkan 2 persamaan linier dengan dua titik anu, yang koefisiennya disisihkan ke dalam matrik koefisien x_1 yang berbentuk

$$x = \begin{pmatrix} d_1 & b_1 \\ d_2 & b_2 \end{pmatrix} \quad (15)$$

Determinan dari sistem persamaan:

$$D = \begin{vmatrix} d_1 & b_1 \\ d_2 & b_2 \end{vmatrix} = d_1 b_2 - d_2 b_1 \quad (16)$$

Pengembangan determinan bilangan:

$$D_{Sr-90} = \begin{vmatrix} W_1 & b_1 \\ W_2 & b_2 \end{vmatrix} = W_1 b_2 - W_2 b_1 \quad (17)$$

$$D_{Sr-89} = \begin{vmatrix} d_1 & W_1 \\ d_2 & W_2 \end{vmatrix} = d_1 W_2 - d_2 W_1 \quad (18)$$

$$A_{Sr-90} = \frac{D_{Sr-90}}{D} = \frac{W_1 b_2 - W_2 b_1}{d_1 b_2 - d_2 b_1} \quad (19)$$

$$A_{Sr-89} = \frac{D_{Sr-89}}{D} = \frac{d_1 W_2 - d_2 W_1}{d_1 b_2 - d_2 b_1} \quad (20)$$

Setelah substitusi, secara lengkap persamaan di atas dapat direpresentasikan menjadi:

$$A_{Sr-89} = \frac{1}{\eta_{ksr} \cdot \eta_{Sr-89_1}}$$

$$\left(R_1 - R_2 \frac{\eta_{Sr-90_1} + \eta_{Y-90_1} (1 - e^{-\lambda_{Y-90} \cdot t_1})}{\eta_{ky} \cdot \eta_{Y-90_2} (1 - e^{-\lambda_{Y-90} \cdot t_2}) \cdot e^{-\lambda_{Y-90} \cdot t_3}} \right) \quad (21)$$

$$A_{Sr-90} =$$

$$\frac{R_2}{\eta_{ksr} \cdot \eta_{ky} \cdot \eta_{Y-90} \cdot (1 - e^{-\lambda_{Y-90} \cdot t_2}) \cdot e^{-\lambda_{Y-90} \cdot t_3}} \quad (22)$$

Statistik

Untuk aktivitas Sr-90 kesalahan statistik pencacahan 99 % diperoleh dari persamaan (23) dan (24)

$$F_{\alpha, n} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{n_0}} + \left(\frac{\eta_{Sr-90_1} + \eta_{Y-90_1} (1 - e^{-\lambda_{Y-90} \cdot t_1})}{\eta_{ky} \cdot \eta_{Y-90_2} (1 - e^{-\lambda_{Y-90} \cdot t_2}) \cdot e^{-\lambda_{Y-90} \cdot t_3}} \right) \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{n_0} \right)}{\eta_{ksr} \cdot \eta_{ky} \cdot \eta_{Y-90} \cdot e^{-\lambda_{Y-90} \cdot t_3}}$$

(23)

$$R_{Sr-90} = \frac{\sqrt{I_2 \cdot I_{O2}}}{\eta_{kSr} \cdot \eta_{kY} \cdot \eta_{Y90_2} \cdot \left(1 - e^{-\lambda_{Y90} \cdot t_2}\right) \cdot e^{-\lambda_{Y90} \cdot t_3}} \quad (24)$$

$$MDA_{Sr-90} = \frac{3 \cdot \sqrt{I_{O2} \cdot \left(\frac{I_2}{M_2^2} + \frac{I_{O2}}{O_2^2}\right)} + 2 \cdot \left(\frac{\eta_{Sr90_1} + \eta_{Y90_1} + (1 - e^{-\lambda_{Y90} \cdot t_1})}{\eta_{kY} \cdot \lambda_{Y90} \cdot (1 - e^{-\lambda_{Y90} \cdot t_1})} \cdot e^{-\lambda_{Y90} \cdot t_3}\right) \cdot \left(\frac{I_2}{M_2^2} + \frac{I_{O2}}{O_2^2}\right)}{\eta_{kSr} \cdot \eta_{Sr-90_1} \cdot e^{-\lambda_{Sr-90} \cdot t_1}} \quad (25)$$

$$MDA_{Sr-90} = \frac{3 \cdot \sqrt{I_{O2} \cdot \left(\frac{I_2}{M_2^2} + \frac{I_{O2}}{O_2^2}\right)}}{\eta_{kSr} \cdot \eta_{kY} \cdot \eta_{Y90_2} \cdot \left(1 - e^{-\lambda_{Y90} \cdot t_2}\right) \cdot e^{-\lambda_{Y90} \cdot t_3}} \quad (26)$$

RANCANGAN PROGRAM

Program dirancang dengan menggunakan model algoritma *top down* dengan dimulai dari fungsi utama yang selanjutnya dikembangkan pada bagian sub rutin.

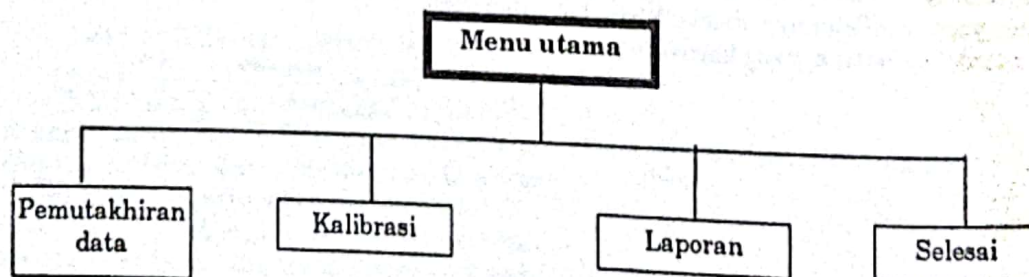
Teknik penulisan program menggunakan teknik struktur program berorientasi objek (OOP). Untuk penulisan program yang kompleks, teknik OOP ini dianggap lebih baik dari teknik terstruktur lainnya.

Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C++ dari Borland International de-

ngan compiler turbo C++ pada operasi DOS. Sedangkan perangkat keras yang digunakan minimal 8088 dengan monitor EGA/VGA.

Untuk menyimpan data, *file* data dibuat sesuai dengan format dBase, mengingat bahwa format dBase sudah sangat dikenal dan banyak perangkat lunak yang ada di pasaran sanggup membaca *file* dBase. Dengan demikian data mudah dibaca atau diproses ulang dengan menggunakan perangkat lunak lain sesuai keperluan.

Diagram alir menu rancangan program ditampilkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir rancangan program

PEMBAHASAN

Jika program dieksekusi maka ditampilkan tampilan seperti Gambar 3, yang utamanya digerakkan dengan memakai sistem

pada alat pencacah. Menu terakhir adalah menu laporan yang akan mencetak data dari pangkalan data pada kertas sesuai format yang dikehendaki.

PENGELOLA DATA Sr-90 DAN Sr-89 DELINGKUNGAN

Pemutakhiran data		Kalibrasi	Laporan	Seleksi
Kode sampel :				Pencacah nomor :
Jenis sampel :				
Lokasi :				
Pengendapan pertama		Pengendapan kedua		Efisiensi pencacah untuk
Tanggal :		Tanggal :		Sr-89
Jam :		Jam :		- 0.4119 berat + 29.5012
Berat :		Berat :		
Efisiensi : %		Efisiensi : %		Sr-90
				0.3442 berat + 26.8907
Pencacahan pertama		Pencacahan kedua		Y-90
Tanggal :		Tanggal :		0.3032 berat + 33.0991
Jam :		Jam :		
Cacahan : /		mnt Cacahan : /		
mnt				
Latar blk : /		mnt Latar blk : /		
mnt				
Aktivitas :	Sr-90	Sr-89		
Error :		Bq	Bq	
MDA :		Bq	Bq	
		Bq	Bq	

Gambar 3. Tampilan pengelolaan pangkalan data

menu balok.

Menu pemutakhiran data pada menu utama apabila dipilih akan menampilkan data record 1 dari pangkalan data. Untuk menampilkan data lainnya digunakan tombol ↑ ↓ pada papan ketik. Perbaikan data atau perubahan data baru bisa dilakukan dengan menekan tombol Alt-T tanpa merubah record yang sedang ditampilkan.

Menu kalibrasi digunakan untuk mencatat data kalibrasi dari detektor yang digunakan

DAFTAR PUSTAKA

1. Hempellman, S., Program of environmental radioactivity monitoring at the Karlsruhe Research Center, Yearbook, Karlsruhe (1991).
2. Pimpl, H., Verfahren zur bestimmung von Sr-89 und Sr-90 in verschiedenen probe materialien, KFK (1986).
3. Matschull, I., Analyse und messung von Sr-90 und Sr-89, Praxisbericht, Kernforschungszentrum Karlsruhe (1985).
4. Stroustrup, B., The C++ Programming Language, Adisson - Wesley Reading, MA (1987).

KESIMPULAN

Program komputer yang dibuat mempunyai beberapa kemampuan antara lain kecepatan menghitung dan mengelola data aktivitas Sr 89/90 di lingkungan ke dalam pangkalan data, sistem pencarian dan penampilan data yang cepat dan segera, termasuk teknik windows, sistem menu dan pemasukan data yang sangat mudah.