

GENTC99M, SISTEM KOMPUTASI GENERATOR TEKNESIUM-99m

Ibon Superman*



ID990000040

ABSTRACT

GENTC99M, COMPUTATIONAL SYSTEM FOR THE TECHNETIUM-99m GENERATOR. The Technetium-99m generator is one of the main products of the PPR, as the continuity of the technetium-99m generator production is important for supporting the development of nuclear medicine. GENTC99M has been made for computational system for the technetium-99m generator and includes data processing, documentation and information. GENTC99M is also very useful in quality control application especially for the determinations of yield and radionuclidic impurities which consume much time. *Microsoft Visual Basic for MS-DOS* and *Visual Basic for Windows* have been used for making GENTC99M. Microsoft Visual Basic has several features that make it an ideal development language for both MS-DOS and Microsoft Windows. These features not only increase productivity, they also provide all the tools and hooks needed to develop some very sophisticated applications. For a production centre like PPR, GENTC99M is very useful to support the data processing, documentation and information system of the technetium-99m generator and it can also be modified for other products.

ABSTRAK

GENTC99M, SISTEM KOMPUTASI GENERATOR TEKNESIUM-99m. Telah dapat dibuat program GENTC99M yang merupakan sistem komputasi generator ^{99m}Tc dan meliputi sistem pemrosesan data, dokumentasi dan informasi untuk menunjang kelancaran produksi generator ^{99m}Tc . GENTC99M ini juga banyak membantu dalam pengujian kendali kualitas pada saat generator ^{99m}Tc diproduksi, misalnya dalam pemrosesan data penentuan yield eluat generator ^{99m}Tc yang merupakan salah satu dari beberapa pengujian kendali kualitas yang banyak memerlukan waktu. Faktor pertumbuhan (build up factor) ^{99m}Tc yang diperlukan dalam perhitungan penentuan yield yang semula diambil dari tabel Medi Physics, telah berhasil didapatkan sebagai fungsi dari waktu berdasarkan penurunan rumus peluruhan ^{99}Mo (radionuklida induk) dan ^{99m}Tc (radionuklida anak). Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat GENTC99M ini adalah *Microsoft Visual Basic for MS-DOS* dan *Visual Basic for Windows*.

* Pusat Produksi Radioisotop - BATAN

PENDAHULUAN

Pemakaian radioisotop ^{99m}Tc dalam bidang kedokteran nuklir menunjukkan kecenderungan yang terus meningkat sejalan dengan semakin meningkatnya pemanfaatan radioisotop untuk maksud damai. Beberapa dasar pertimbangan yang menyebabkannya, antara lain ^{99m}Tc merupakan pemancar gamma murni dengan energi 140 keV ideal untuk kamera gamma yang digunakan dalam bidang kedokteran nuklir, ^{99m}Tc mempunyai waktu paruh yang relatif pendek 6 jam dan ^{99m}Tc bisa dibuat beberapa senyawa bertanda untuk pemeriksaan beberapa organ tubuh manusia [1, 2].

Generator ^{99m}Tc adalah suatu sistem yang banyak digunakan dalam bidang kedokteran nuklir untuk pemisahan ^{99m}Tc dari radionuklida induknya (^{99}Mo). Dari sistem ini, ^{99m}Tc diperoleh dari hasil elusi khromatografi kolom alumina dimana ^{99m}Mo sebagai radionuklida induknya teradsorpsi.

Program GENTC99M merupakan suatu usaha untuk membuat sistem terpadu untuk generator ^{99m}Tc yang meliputi sistem pemrosesan data, dokumentasi dan informasi. Program GENTC99M ini dimaksudkan pula agar pengujian kendali kualitas generator ^{99m}Tc yang dilakukan secara manual dapat dihitung lebih cepat dan akurat dengan komputer sehingga dapat diketahui dengan segera apakah pengujian kendali kualitas generator ^{99m}Tc hasilnya memenuhi persyaratan yang diijinkan.

PROGRAM GENTC99M

Sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 1, menu utama program GENTC99M meliputi :

1. *Information of the ^{99m}Tc - Generator*
2. *Quality Control Certification of the ^{99m}Tc - Generator*
3. *Determination of Radionuclidic Impurities in the ^{99m}Tc - Eluate*
4. *Determination of Radiochemical Purity in the ^{99m}Tc - Eluate*
5. *Eluate Yield Determination of the ^{99m}Tc - Generator*
6. *Exit*

Masukan (*input*) dan keluaran (*output*) yang terdapat pada program GENTC99M ditulis dalam bahasa Inggris dimaksudkan untuk memudahkan bila diskusi dengan tenaga ahli (*expert*) dari luar negeri.

1. *Information of the ^{99m}Tc - Generator*

Sub menu ini memberikan informasi tentang penggunaan ^{99m}Tc dalam bidang kedokteran nuklir, skema desain luar dan desain dalam generator ^{99m}Tc produksi PPR - BATAN Serpong, juga deskripsi dan profil elusinya. Juga terdapat informasi skema peluruhan $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ dan masing-masing energi gamma dan waktu paruhnya.

2. Quality Control Certification of the ^{99m}Tc - Generator

Sub menu ini terdiri dari pemasukan data hasil pengujian kendali kualitas generator ^{99m}Tc dan pencetakan sertifikat di *printer*. Juga terdapat fasilitas untuk menampilkan hasil pengujian *batch* sebelumnya pada monitor.

3. Determination of Radionuclidic Impurities in the ^{99m}Tc - Eluate

Sub menu ini terdiri dari pemasukan data hasil pengujian kemurnian radionuklida dalam eluat ^{99m}Tc dan mencetak keluaran di *printer* atau menampilkan hasil pengujian *batch* sebelumnya pada monitor. Juga terdapat fasilitas mencetak form data pengujian dan prosedur tetap (protap)nya serta informasi yang berkaitan dengan pengujian kemurnian radionuklida dalam eluat ^{99m}Tc .

4. Determination of Radiochemical Purity in the ^{99m}Tc Eluate

Isi dari sub menu ini hampir sama dengan sub menu 3, hanya disini digunakan untuk pengujian kemurnian radiokimia dalam eluat ^{99m}Tc .

5. Eluate Yield Determination of the ^{99m}Tc Generator

Isi dari sub menu ini juga hampir sama dengan sub menu 3, hanya disini digunakan untuk penentuan yield eluat generator ^{99m}Tc . Penentuan yield eluat generator ^{99m}Tc merupakan salah satu dari beberapa pengujian kendali kualitas yang banyak memerlukan waktu. Uraian yang lebih jauh akan ditulis pada bagian pembahasan.

6. Exit

Dengan menekan tombol enter atau mengclick dengan mouse pada sub menu ini maka keluar dari program GENTC99M.

PEMBAHASAN

Bahasa pemrograman komputer yang digunakan untuk membuat GENTC99M ini adalah *Microsoft Visual Basic for MS-DOS* dan *Visual Basic for Windows*. Dipilihnya *Visual Basic* dari *Microsoft* ini karena selain bisa dipakai untuk sistem pemrosesan data, dokumentasi dan informasi, juga memungkinkan membuat menu-menu yang menarik dan memudahkan dalam pengoperasiannya [3, 4, 5, 6]. Bila komputer yang digunakan mempunyai spesifikasi PC AT-486 / Pentium dengan memori RAM 8 MB atau lebih dan terdapat fasilitas *Windows* maka penggunaan *Visual Basic for Windows* akan memberikan hasil kerja yang baik. *Microsoft Visual Basic for MS-DOS* digunakan bila komputer yang tersedia mempunyai spesifikasi PC AT-386 dengan memori RAM 2 atau 4 MB dan tidak terdapat fasilitas *Windows*.

Program GENTC99M ini selain untuk pemrosesan data juga meliputi sistem dokumentasi dan informasi yang bagi PPR kedua hal ini memberikan manfaat yang sama penting. Apalagi semakin berkembangnya perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) memungkinkan kita menyimpan foto, gambar dan grafik dalam bentuk file yang sewaktu-waktu diperlukan bisa ditampilkan di monitor atau di cetak di printer.

1. Information of the ^{99m}Tc - Generator

Gambar 2 memberikan informasi penggunaan ^{99m}Tc dalam bidang kedokteran nuklir. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan desain bagian luar dan bagian dalam generator ^{99m}Tc produksi PPR. Gambar-gambar ini merupakan sebagian keluaran sub menu diatas yang terdapat pada program GENTC99M.

2. Quality Control Certification of the ^{99m}Tc - Generator

Gambar 5 menunjukkan spesifikasi generator ^{99m}Tc produksi PPR - BATAN Serpong. Sub menu ini memberikan kemudahan dalam mencetak sertifikat pengujian kendali kualitas generator ^{99m}Tc sebelum dikirim kepada pemakai. Fasilitas untuk menampilkan hasil pengujian batch sebelumnya yang terdapat pada sub menu ini memudahkan penelusuran bila ada komplain dari pemakai atau untuk keperluan evaluasi.

3. Determination of Radionuclidic Impurities in the ^{99m}Tc - Eluate

Sub menu ini sangat membantu dalam pemrosesan data pengujian kemurnian radionuklida dalam eluat generator ^{99m}Tc sehingga hasilnya dapat diketahui lebih cepat dan akurat. Untuk memudahkan penelusuran bila ada komplain dari pemakai atau untuk keperluan evaluasi, pada sub menu ini juga terdapat fasilitas untuk menampilkan hasil pengujian batch sebelumnya pada monitor atau mencetaknya di printer. Tabel 1 menunjukkan pengotor radionuklida yang diperiksa dalam eluat generator ^{99m}Tc .

4. Determination of Radiochemical Purity in the ^{99m}Tc Eluate

Isi dari sub menu ini hampir sama dengan sub menu 3, hanya disini digunakan untuk pengujian kemurnian radiokimia dalam eluat ^{99m}Tc

5. Penentuan yield eluat Generator ^{99m}Tc

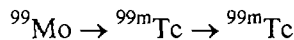
Penentuan yield eluat generator ^{99m}Tc merupakan salah satu pengujian kendali kualitas yang harus dilakukan sebelum generator tersebut dikirim kepada pemakai. Yield eluat generator ^{99m}Tc didefinisikan sebagai perbandingan aktivitas ^{99m}Tc yang terelusi dan aktivitas ^{99m}Tc secara teoritis yang terdapat pada kolom alumina dalam generator ^{99m}Tc [7].

$$\text{Persen yield} = \frac{\text{Aktivitas } ^{99m}\text{Tc yang terelusi}}{\text{Aktivitas } ^{99m}\text{Tc teoritis yang terdapat dalam kolom}} \times 100 \%$$

Aktivitas ^{99m}Tc yang terelusi dihitung dari Aktivitas ^{99m}Tc pada waktu pengukuran dibagi dengan faktor peluruhannya sedangkan Aktivitas ^{99m}Tc teoritis yang terdapat dalam kolom alumina pada waktu elusi dihitung dari faktor pertumbuhan (*build up factor*) ^{99m}Tc dikalikan aktivitas ^{99}Mo pada hari kalibrasi (ukuran generator) dibagi dengan faktor peluruhan ^{99}Mo .

Skema yang terdapat pada Gambar 6 memberikan informasi yang lebih jelas tentang perhitungan penentuan yield eluat generator ^{99m}Tc . Pelaksanaan perhitungan berdasarkan Gambar 6 akan banyak memakan waktu sementara generator ^{99m}Tc yang telah selesai diproduksi harus segera dikirim kepada pemakai bila sertifikat kendali kualitas menyatakan memenuhi persyaratan yang diijinkan.

Sebelum program GENTC99M dibuat, faktor pertumbuhan ^{99m}Tc yang diperlukan dalam perhitungan penentuan yield diambil dari tabel Medi Physics [7]. Pada program GENTC99M ini faktor pertumbuhan ^{99m}Tc akan ditulis sebagai fungsi dari waktu ($F(t)$), maka ditelusuri dari mana tabel faktor pertumbuhan ^{99m}Tc *Medi Physics* tersebut dihitung. Faktor pertumbuhan ^{99m}Tc dicoba dihitung dari rumus peluruhan :



Kecepatan pembentukan ^{99m}Tc pada selang waktu t :

$$[dN_{99mTc} / dt] = \lambda_{99Mo} \times N_{99Mo} - \lambda_{99mTc} \times N_{99mTc} \quad (1)$$

dimana : λ = tetapan peluruhan
 N = jumlah inti radioaktif pada saat t

Penyelesaian dari persamaan diferensial linier orde pertama diatas memberikan hasil [8] :

$$N_{99mTc} = \frac{\lambda_{99mTc}}{(\lambda_{99mTc} - \lambda_{99Mo})} (\exp(-\lambda_{99Mo} t) - \exp(-\lambda_{99mTc} t)) N^{\circ}_{99Mo} \quad (2)$$

dimana : N°_{99Mo} = jumlah inti radioaktif ^{99}Mo pada saat $t = 0$

$$N^{\circ}_{99Mo} = N_{99Mo} \cdot \exp(+\lambda_{99Mo} t) \quad (3)$$

Substitusi (3) ke persamaan (2) selanjutnya menghasilkan :

$$N_{99mTc} = \frac{\lambda_{99mTc}}{(\lambda_{99mTc} - \lambda_{99Mo})} (1 - \exp(-(\lambda_{99mTc} - \lambda_{99Mo}) t)) N_{99Mo} \quad (4)$$

Fraksi ^{99}Mo yang langsung meluruh menjadi ^{99m}Tc adalah 87,5 % [7] dan jumlah inti radioaktif sebanding dengan besarnya aktivitas, maka persamaan (4) bisa disusun ulang dan menghasilkan :

$$A_{99mTc} = \frac{(0,875 \times \lambda_{99mTc})}{(\lambda_{99mTc} - \lambda_{99Mo})} (1 - \exp(-(\lambda_{99mTc} - \lambda_{99Mo}) t)) A_{99Mo} \quad (5)$$

dimana : A_{99mTc} = aktivitas ^{99m}Tc pada saat t
 A_{99Mo} = aktivitas ^{99}Mo pada saat t

Faktor pertumbuhan ^{99m}Tc tiada lain adalah suatu faktor yang bila dikalikan aktivitas ^{99}Mo pada suatu saat t akan menghasilkan aktivitas ^{99m}Tc pada saat t tersebut. Dengan demikian faktor pertumbuhan ^{99m}Tc dapat ditulis :

$$FP_{99mTc} = \frac{(0,875 \times \lambda_{99mTc})}{(\lambda_{99mTc} - \lambda_{99Mo})} (1 - \exp(-(\lambda_{99mTc} - \lambda_{99Mo}) t)) \quad (6)$$

Tabel 2 di bawah ini membandingkan faktor pertumbuhan ^{99m}Tc dari Medi Physics [7] dan yang dihitung dari persamaan (6) ternyata memberikan hasil yang sama. Selanjutnya faktor pertumbuhan ^{99m}Tc yang diperlukan untuk perhitungan penentuan yield eluat generator ^{99m}Tc yang terdapat pada program GENTC99M dihitung dengan menggunakan persamaan (6)

Keuntungan bila faktor pertumbuhan ^{99m}Tc dihitung dari persamaan (6) akan didapatkan hasil yang lebih eksak pada interval waktu berapapun sedangkan tabel dari Medi Physics mempunyai interval waktu tiap 10 menit.

KESIMPULAN

Program GENTC99M yang berhasil dibuat ini sangat membantu sistem pemrosesan data, dokumentasi dan informasi generator ^{99m}Tc yang diproduksi PPR - BATAN Serpong. Program ini bersifat *open*, dalam arti kata masih memungkinkan untuk terus dilengkapi dengan hal-hal lain yang diperlukan.

Program GENTC99M ini kelak bisa dimodifikasi dan dikembangkan untuk produk yang lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Adang Hardi Gunawan, Ka. Sub Bidang Kendali Kualitas Radiofarmasi PPR - BATAN Serpong, yang telah membantu dalam mengaplikasikan program GENTC99M ini pada kondisi kerja sehari-hari terutama pada hari generator ^{99m}Tc diproduksi.

DAFTAR PUSTAKA

1. PPR - BATAN, "Brosur Informasi", Serpong, (1990)
2. IAEA, "Research Coordination Meeting (RCM) Report on Alternative Technologies for Technetium-99m Generators Based on Low Temperature Sublimation and Gel Elution", Vienna, (1991)
3. FREDERIK RAMM, "Programmieren mit Visual Basic für DOS", Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH., Braunschweig / Wiesbaden, (1993)
4. M. FRÖHLICH, et. al., "Visual Basic für Windows : Effektives Programmieren", te-wi Verlag GmbH, München, (1992)
5. JOHN CLARK CRAIG, "Visual Basic for MS-DOS Workshop", Microsoft Press, (1993)
6. JOHN CLARK CRAIG, "Visual Basic Workshop : Windows Edition", Microsoft Press, (1993)
7. MEDI PHYSICS, "Quality control manual of the Technetium-99m generator", USA, (1984)
8. G. FRIEDLANDER; et.al., "Nuclear and Radiochemistry", third edition, John Wiley and Sons Inc., New York - USA, (1981)

Tabel 1. Pengotor Radionuklida yang Diperiksa dalam Eluat Generator ^{99m}Tc

Radionuklida	Energi gamma utama (keV)	Waktu paruh (T $\frac{1}{2}$)	Batas yang diijinkan ($\mu\text{Ci} / \text{mCi } ^{99m}\text{Tc}$ pada 8 jam setelah elusi).
1. Mo-99	739,50	66,04 J	$\leq 0,15$
2. Ru-103	497,04	39,24 H	$\leq 0,05$
3. I-131	364,49	8,02 H	$\leq 0,05$
4. Sr-89	*)	50,56 H	$\leq 0,0006$
5. Sr-90	*)	28,50 T	$\leq 0,00006$
6. Te-132	228,16	3,19 H	Jumlah semua pengotor radionuklida yang lain harus $\leq 0,1 \mu\text{Ci} / \text{mCi}$ Tc-99m.
7. As-77	239,00	1,62 H	
8. Rh-105	319,24	1,48 H	
9. In-115m	336,30	4,49 J	
10. I-133	529,50	20,80 J	
11. Ba-140	537,60	12,80 H	
12. Br-82	554,35	1,47 H	
13. I-132	667,68	2,28 J	
14. Zr-95	756,87	64,03 H	
15. Nb-95	765,84	34,98 H	
16. Eu-156	811,77	15,19 H	
17. Cs-136	818,50	13,10 H	
18. Sn-125	1067,10	9,62 H	
19. La-140	1596,60	1,68 H	

*) = dihitung dari perbandingan fraksi Ba-140
(T = Tahun, H = Hari, J = Jam)

Tabel 2. Faktor Pertumbuhan (Build Up Factor) ^{99m}Tc yang Diambil dari Tabel Medi Physics dan yang Dihitung Berdasarkan Rumus Peluruhan

Selang waktu (jam)	Faktor pertumbuhan ^{99m}Tc	
	Tabel dari Medi Physics ¹⁾	Dihitung dari persamaan (6)
1	0,096	0,096
2	0,182	0,182
3	0,259	0,259
4	0,329	0,329
5	0,392	0,392
6	0,449	0,449
7	0,500	0,500
8	0,546	0,546
9	0,588	0,587
10	0,625	0,625
11	0,658	0,658
12	0,689	0,689
13	0,716	0,716
14	0,740	0,740
15	0,763	0,762
16	0,783	0,782
17	0,800	0,800
18	0,817	0,816
19	0,831	0,831
20	0,844	0,844
21	0,856	0,856
22	0,867	0,866
23	0,876	0,876
24	0,885	0,885

DISKUSI

NASUKHA

1. Bagaimana cara mengukur aktivitas ^{99m}Tc secara akurat?
2. Bagaimana cara menghitung aktivitas ^{99m}Tc teoritis saat elusi?

IBON SUPARMAN

1. Untuk mengukur aktivitas ^{99m}Tc hasil elusi dapat digunakan *Gamma Ionization Chamber* (misal VICTOREEN)
2. Cara menghitung aktivitas ^{99m}Tc teoritis saat elusi adalah dengan menggunakan persamaan 6 dalam makalah sebagai berikut

$$A^{99m}\text{Tc} = \text{FP}^{99m}\text{Tc} \times A^{99}\text{Mo},$$

dengan

$$\text{FP}^{99m}\text{Tc} = \text{Faktor pertumbuhan}^{99m}\text{Tc}$$

$$= \frac{(0,875 \times \lambda^{99m}\text{Tc})}{(\lambda^{99m}\text{Tc} - \lambda^{99}\text{Mo})} \times (1 - e^{-(\lambda^{99m}\text{Tc} - \lambda^{99}\text{Mo})t})$$

t = selang waktu antara saat elusi dan waktu elusi sebenarnya
 $A^{99}\text{Mo}$ = aktivitas ^{99}Mo saat elusi, dapat dihitung dari aktivitas ^{99}Mo pada waktu kalibrasi (ukuran generator) dikalikan faktor peluruhannya.