

PENENTUAN YIELD ELUAT DAN PROFIL ELUSI GENERATOR TEKNESIUM-99m

Ibon Suparman, Wayan Rediatning, Adang Hardi Gunawan, Robertus Dwi Hendarto
Pusat Produksi Radioisotop - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

PENENTUAN YIELD ELUAT DAN PROFIL ELUSI GENERATOR TEKNESIUM-99m. Telah dilakukan penentuan *yield* eluat dan profil elusi generator Teknesium-99m produksi PPR - BATAN Serpong. Penentuan *yield* dalam eluat generator Teknesium-99m merupakan salah satu kriteria kendali kualitas yang harus dilakukan sebelum generator Teknesium-99m dikirim kepada pemakai. Penentuan *yield* dilakukan dengan jalan mengelusi generator Teknesium-99m dengan 10 ml larutan NaCl 0,9 %. Aktivitas Teknesium-99m hasil elusi diukur dengan Gamma Ionization Chamber merk Victoreen. Penentuan *yield* dilakukan setiap hari dari saat generator Teknesium-99m selesai diproduksi sampai hari ke empat belas, terhadap 10 *batch* produksi. Sampai hari ke empat belas dari 10 *batch* produksi yang diteliti, memberikan harga *yield* di atas 80 %. Untuk mengetahui berapa volume yang diperlukan untuk mengelusi semua Teknesium-99m yang ada di dalam kolom generator, telah pula dilakukan penentuan profil elusi dengan cara mengelusi generator Teknesium-99m sepuluh kali secara berturut-turut dengan volume eluat 1,0 ml tiap elusi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa aktivitas Teknesium-99m maksimum terdapat pada fraksi volume eluat ke 2, 3 dan 4. Pada proses elusi dengan volume eluat 4 ml, lebih dari 80 % aktivitas Teknesium-99m telah terelusi. Perhitungan *yield* memerlukan waktu yang relatif lama, terutama bila generator yang diproduksi dalam jumlah banyak. Dalam penelitian ini telah dapat dibuat program komputer dalam bahasa Turbo Basic versi 1.0 untuk menghitung *yield* eluat generator Teknesium-99m. Dengan bantuan program komputer ini pemrosesan data menjadi lebih cepat dan akurat, sehingga generator Teknesium-99m dapat segera dikirim ke pemakai.

ABSTRACT

DETERMINATION OF ELUATE YIELD AND ELUTION PROFILE OF THE TECHNETIUM-99m GENERATOR. Determination of eluate yield and elution profile of the Technetium-99m generator which are produced by PPR - BATAN Serpong has been carried out. Eluate yield determination must be performed before the Technetium-99m generator is released to hospital. Eluate yield determination was carried out by eluting the Technetium-99m generator using 10 ml of 0.9 % NaCl solution then the Technetium-99m activity was measured by Gamma Ionization Chamber. The yield was determined from the first to the 14th day after production date on 10 batches. It was found that the yield was more than 80 %. To determine elution profile, the Technetium-99m generator was eluted ten times in sequence each with 1.0 ml of 0.9 % NaCl solution. By measuring the activity of each 1.0 ml fraction, the maximum Technetium-99m activity was found in the 2nd, 3rd and 4th fraction. More than 80 % of the Technetium-99m activity can be eluted using 4 ml of 0.9 % NaCl solution. Computer programme for eluate yield calculation has been made using Turbo Basic programming language version 1.0. The advantage of using this computer programme is that data processing becomes faster and more accurate than the manual method. Therefore the Technetium-99m generator can be dispatched on due time.

PENDAHULUAN

Sejalan dengan semakin meningkatnya pemanfaatan radioisotop untuk maksud damai, pemakaian radioisotop Teknesium-99m dalam kedokteran nuklirpun semakin meningkat. Penyediaan Teknesium-99m secara memadai dan berkesinambungan merupakan faktor yang amat penting untuk menunjang kebutuhan tersebut.

Salah satu produk yang dihasilkan Pusat Produksi Radioisotop (PPR) - BATAN Serpong

adalah generator Teknesium-99m. Penentuan *yield* dalam eluat generator Teknesium-99m merupakan salah satu kriteria kendali kualitas yang harus dilakukan, yaitu harus lebih dari 80 % (1). Profil elusi perlu diketahui agar pemakai generator Teknesium-99m memperoleh informasi pada fraksi volume eluat keberapa diperoleh aktivitas Teknesium-99m maksimum.

Yang dimaksud dengan *yield* eluat generator Teknesium-99m adalah perbandingan

aktivitas Teknesium-99m yang terdapat dalam eluat terhadap aktivitas Teknesium-99m secara teoritis yang terdapat dalam kolom generator, diacu terhadap waktu elusi.

Radioisotop Teknesium-99m dihasilkan dari peluruhan β radioisotop Molibdenum-99. Secara teoritis aktivitas Teknesium-99m yang terdapat dalam kolom Generator setelah selang waktu t dapat dihitung dengan rumus (1):

$$(A2)t = \frac{0,875 \lambda_2}{(\lambda_2 - \lambda_1)} x [1 - e^{-(\lambda_2 - \lambda_1)t}] x (A1)t \quad (1)$$

(A1)t = aktivitas Mo-99 setelah selang waktu t

(A2)t = aktivitas Tc-99m setelah selang waktu t

λ_1 = tetapan peluruhan dari Mo-99

λ_2 = tetapan peluruhan dari Tc-99m

Rumus dalam tanda kurung siku-siku pada ruas sebelah kanan dikenal dengan sebutan *Techneium-99m Build up Factor*.

Dalam penentuan *yield* ada empat variabel waktu yang harus dicatat sebagai pengamatan untuk perhitungan:

1. Waktu pencucian : adalah waktu dimana kolom generator Teknesium-99m dibilas dengan larutan NaCl 0,9 % setelah larutan Molibdenum-99 dimasukkan ke dalam kolom. Pada saat ini dianggap aktivitas Teknesium-99m dalam kolom = 0.
2. Waktu elusi : adalah saat generator Teknesium-99m dielus. Selang waktu antara waktu pencucian dan waktu elusi adalah selang waktu t dimana Teknesium-99m tumbuh dari peluruhan Molibdenum-99. Selang waktu t ini yang dimasukkan ke dalam persamaan (1).
3. Waktu pengukuran : adalah waktu dimana aktivitas Teknesium-99m dalam eluat hasil elusi diukur dengan Gamma Ionization Chamber.
4. Waktu kalibrasi : adalah waktu yang diacu untuk menyatakan aktivitas Molibdenum-99 dalam generator.

Untuk menghitung *yield* eluat generator Teknesium-99m diperlukan waktu yang relatif lama terutama bila generator Teknesium-99m yang diproduksi cukup banyak, sementara generator Teknesium-99m tersebut harus segera dikirim kepada pemakai. Dalam makalah ini disampaikan hasil penentuan *yield* dan profil elusi generator Teknesium-99m dengan menggunakan program komputer sehingga perhitungan dapat diselesaikan dengan cepat.

BAHAN DAN PERALATAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah generator Teknesium-99m, dengan Molibdenum-99 hasil fisi Uranium berasal dari Nordion, Kanada.

Peralatan yang digunakan ialah Gamma Ionization Chamber merk Victoreen, komputer mikro (PC) kompatibel IBM, vial vakum, jarum suntik dan peralatan lain yang umum digunakan di laboratorium kimia.

TATA KERJA

Dari setiap *batch* produksi generator Teknesium-99m, diambil satu buah untuk penentuan *yield* dan profil elusi. Penelitian dilakukan setiap hari kerja dari saat selesai produksi sampai hari ke empat belas, dan dilakukan terhadap 10 *batch* produksi.

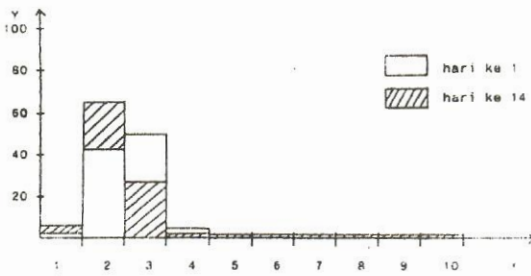
Penentuan *yield* dilakukan dengan mengelus generator Teknesium-99m dengan 10 ml larutan NaCl 0,9 %. Aktivitas Teknesium-99m dalam eluat diukur dengan Gamma Ionization Chamber (GIC). Waktu pencucian, waktu elusi, waktu pengukuran dan waktu kalibrasi merupakan parameter yang ikut menentukan ketelitian dalam perhitungan.

Untuk melihat profil elusi dari generator Teknesium-99m, dalam penelitian ini dilakukan 10 kali elusi secara berturut-turut dengan volume eluat 1,0 ml tiap elusi. Tiap vial yang berisi 1,0 ml eluat diukur aktivitas Teknesium-99m nya dengan GIC. Pengamatan ini dilakukan pada hari ke satu dan ke empat belas terhadap 2 *batch* produksi.

Profil elusi digambarkan dalam 2 grafik. Pertama, profil elusi digambarkan sebagai perbandingan antara aktivitas Teknesium-99m tiap 1,0 ml eluat dengan aktivitas Teknesium-99m total dalam 10 ml eluat (dalam %) terhadap nomor vial, terlihat dalam Gambar 1 (halaman berikut).

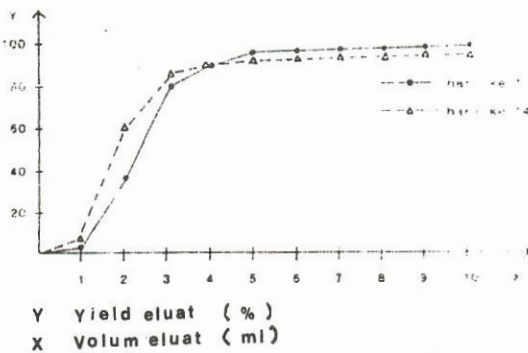
Kedua, profil elusi digambarkan sebagai persen *yield* terhadap volume eluat, terlihat dalam Gambar 2 (halaman berikut).

Program komputer untuk perhitungan penentuan *yield* dibuat dalam bahasa Turbo Basic versi 1.1 yang sesuai untuk komputer mikro (PC) dan memungkinkan untuk membuat banyak variasi grafik [2,3]. Diagram alir program komputer untuk perhitungan penentuan *yield* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. (halaman berikut).



X = nomor vial (2 1,0 ml eluat)
Y = aktivitas Teknesium-99m hasil elusi terhadap aktivitas Teknesium-99m total dalam 10 ml (%).

Gambar 1. Profil elusi generator Teknesium-99m (kode batch :A), digambarkan sebagai perbandingan antara aktivitas Teknesium-99m tiap 1,0 ml eluat dengan aktivitas Teknesium-99m total dalam 10 ml eluat (dalam %) terhadap nomor vial

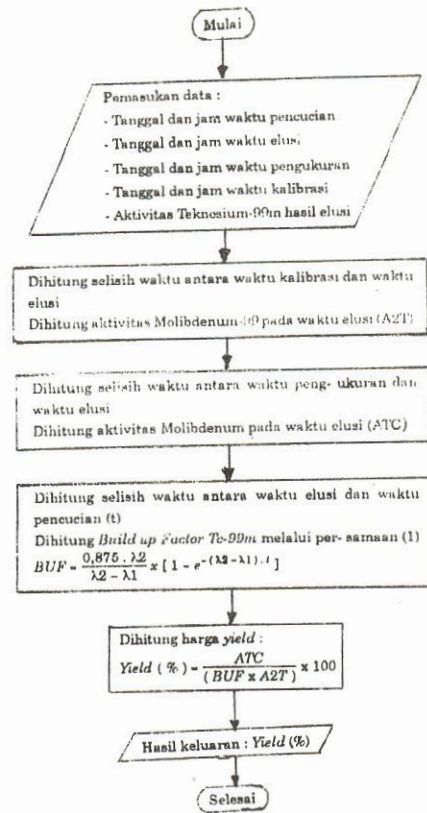


Gambar 2. Profil eluat generator Teknesium-99m (kode batch : A) digambarkan sebagai persen yield terhadap volume eluat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Tabel 1 dapat dilihat, dari 10 batch generator Teknesium-99m yang ditentukan *yield*nya sampai hari ke 14, semuanya memberikan *yield* diatas 80 % (batas yang diijinkan). Bila harga *yield* di bawah 80 %, berarti Teknesium-99m sebagian besar tertahan di kolom (lihat halaman berikut).

Pada Tabel 2 dan Gambar 1 dapat dilihat profil elusi generator Teknesium-99m yang diproduksi PPR - BATAN Serpong. Aktivitas Teknesium-99m maksimum pada proses elusi terdapat pada volum eluat 2 - 4 ml, baik bila elusi dilakukan pada hari ke satu atau hari ke empat belas (lihat halaman berikut). Pada hari ke empat belas aktivitas Teknesium-99m maksimum sedikit bergeser ke sebelah kiri. Hal ini dapat dijelaskan karena Molibdenum-99 yang teradsorpsi pada kolom generator semakin sering dielusi semakin turun sehingga Teknesium-99m



Gambar 3. Diagram alir program komputer untuk perhitungan penentuan *yield*

sudah terelusi pada volume eluat yang lebih sedikit. Pengamatan hanya dilakukan pada hari ke satu dan hari ke empat belas, yaitu pada awal generator Teknesium-99m dipakai sampai waktu kadaluarsa. Pada pengamatan pendahuluan profil elusi dengan selisih waktu satu hari tidak memberikan perbedaan yang berarti.

Profil elusi dapat dilihat pula pada Tabel 3 dan Gambar 2 (lihat halaman berikut). Persen *yield* menaik tajam pada volume eluat 2 - 4 ml dan mendatar pada volume selanjutnya. Dari kedua gambar profil elusi ini dapat dilihat bahwa dengan volume eluat 4 ml, Teknesium-99m sudah terelusi di atas 80 %. Pengamatan profil elusi terhadap generator batch J memberikan hasil yang relatif sama dengan batch A.

Program komputer untuk perhitungan penentuan *yield* telah dapat digunakan secara rutin dan tidak ditemukan kesalahan logika dan sintaks (logical and syntax error) pada program. Gambar 3 menunjukkan diagram alir dari program komputer untuk perhitungan penentuan *yield*. Dengan memanfaatkan program komputer ini pemrosesan data untuk perhitungan *yield* menjadi lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan cara manual menggunakan kalkulator.

Tabel 1. Hasil penentuan *yield* 10 batch generator Teknesium-99m (A sampai J)

Hari ke	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	<i>yield</i> (%)	<i>yield</i> (%)	<i>yield</i> (%)	<i>yield</i> (%)	<i>yield</i> (%)	<i>yield</i> (%)	<i>yield</i> (%)	<i>yield</i> (%)	<i>yield</i> (%)	<i>yield</i> (%)
0 *)	89,9	91,2	88,4	83,2	94,4	89,2	96,3	92,4	86,8	97,2
1**)	90,7	93,1	86,0	85,2	92,5	90,2	-	94,7	88,2	96,2
2	88,1	92,0	85,1	85,3	93,0	89,9	94,2	94,6	88,3	97,0
3	-	92,2	85,2	84,9	92,4	90,1	94,6	-	86,7	96,5
4	-	90,1	-	85,0	92,9	91,0	95,0	-	86,1	95,1
5	90,2	-	-	-	-	-	-	91,2	-	-
6	89,2	-	-	-	-	-	-	91,6	-	-
7	88,1	91,9	83,9	83,9	93,1	89,8	92,3	90,2	84,3	95,2
8	87,2	90,8	84,1	82,5	91,2	88,6	91,9	90,5	85,0	94,1
9	88,0	91,9	83,6	82,6	-	89,0	92,1	-	84,1	94,3
10	-	89,9	83,1	81,3	92,3	89,7	89,8	-	-	93,5
11	-	-	83,2	-	92,0	87,1	90,1	-	84,2	92,1
12	87,5	-	-	-	-	-	-	89,2	-	-
13	86,9	-	-	-	-	-	-	88,3	-	-
14	86,6	86,6	82,1	80,1	89,1	86,2	88,6	88,2	82,6	91,2

*) Hari ke 0 adalah hari saat generator Teknesium-99m diproduksi.

**)_ Hari ke 1 adalah 1 hari setelah generator Teknesium-99m diproduksi dan seterusnya.

-) Tidak dilakukan pengamatan (hari libur).

Tabel 2. Hasil elusi generator Teknesium-99m. dilakukan 10 kali elusi berturut-turut dengan volume eluat 1,0 ml tiap elusi.

No vial @ 1,0 ml eluat	Persentase aktivitas Teknesium-99m terhadap aktivitas Teknesium-99m total dalam 10 ml eluat			
	A*) hari ke 1	A hari ke 14	J hari ke 1	J hari ke 14
	1	0,15	6,27	0,18
2	41,02	62,59	39,02	60,32
3	47,11	27,84	50,47	30,12
4	4,75	0,82	3,61	1,01
5	1,95	0,47	1,92	0,92
6	1,50	0,44	1,60	0,52
7	1,23	0,48	1,11	0,41
8	0,90	0,38	0,81	0,42
9	0,75	0,47	0,76	0,30
10	0,64	0,24	0,52	0,21

*) Kode batch produksi

KESIMPULAN

Sampai hari ke empat belas, generator Teknesium-99m yang diproduksi PPR - BATAN Serpong memberikan harga *yield* diatas 80 %. Dengan demikian sampai hari ke empat belas, dari segi pemeriksaan *yield* masih memenuhi syarat yang diijinkan.

Tabel 3. Hasil elusi generator Teknesium-99m, dihitung sebagai persen *yield* terhadap volume eluat.

Volume eluat (ml)	Persen <i>yield</i>			
	A hari ke 1	A hari ke 14	J hari ke 1	J hari ke 14
1,0	0,1	5,4	0,2	5,3
2,0	37,3	59,6	37,7	60,3
3,0	80,1	83,7	86,3	87,7
4,0	84,4	84,5	89,7	88,7
5,0	86,2	84,9	91,6	89,5
6,0	87,5	85,2	93,1	90,0
7,0	88,6	85,7	94,2	90,4
8,0	89,4	86,0	95,0	90,7
9,0	90,1	86,4	95,7	91,0
10,0	90,7	86,6	96,2	91,2

Dengan mengelusi generator Teknesium-99m sebanyak 4 ml, praktis Teknesium-99m yang terelusi di atas 80 % dari aktivitas Teknesium-99m yang terdapat dalam kolom.

Perhitungan penentuan *yield* memerlukan waktu yang relatif lama. Dengan bantuan program komputer yang berhasil dibuat dalam penelitian ini, pemrosesan data menjadi lebih cepat dan akurat, sehingga generator Teknesium-99m dapat segera dikirim kepada pemakai.

DAFTAR PUSTAKA

1. ECKELMAN, W.C. AND COURSEY, B.M. (EDITOR), The International Journal of Applied Isotopes, Vol. 33 No. 10, Pergamon Press, Great Britain (1982).
2. HEIMSOETH and BORLAND , Turbo Basic Handbuch , Heimsoeth Software Gmbh & Co. KG, München (1988).
3. WSI STAFF, IBM PC and XT Handbook, Cleveland, Ohio (1983).

DISKUSI

A. Hanafiah WS. :

1. Mohon penjelasan apa sebenarnya yang sementara ini terjadi dengan beberapa keluhan rumah sakit tentang bervariasinya *yield* yang ditemukan ?
2. Sebagai apa (dalam bentuk apa) *Mo break through* ditentukan dalam eluat ?

Ibon Suparman :

1. Keluhan dari rumah sakit (pemakai generator - ^{99m}Tc) terutama terjadi pada hari ke satu yaitu *yield* (\approx aktivitas ^{99m}Tc) kecil. Ini disebabkan kemungkinan adanya reduktor lemah dalam jumlah sedikit yang mereduksi $^{99m}\text{TcO}_4^-$ menjadi $^{99m}\text{TcO}_2$ sehingga ^{99m}Tc yang harusnya keluar bersama eluat tertahan dikolom. Tetapi pada elusi selanjutnya (hari kedua dan seterusnya) aktivitas ^{99m}Tc yang didapat kembali normal (*yield* > 80%). Karena reduktornya lemah dan dalam jumlah yang sedikit sehingga efeknya tidak terlihat pada saat perakitan, tetapi baru timbul pada hari kesatu (keesokan harinya).
2. ^{99}Mo *break through* dalam eluat diukur sebagai ^{99}Mo dengan alat spektrometer gamma. Satuannya : $\mu\text{Ci } ^{99}\text{Mo}/\text{mCi } ^{99m}\text{Tc}$. Satuannya harus < 0,15 (diacu 8 jam setelah waktu elusi).