

STANDAR KINERJA KALIBRATOR DOSIS

Suzie Darmawati

ABSTRAK

STANDAR KINERJA KALIBRATOR DOSIS. Kalibrator dosis adalah alat ukur yang banyak digunakan di rumah sakit untuk keperluan penentuan aktivitas radionuklida dalam pelayanan kedokteran nuklir. Komisi Elektroteknik Internasional (IEC, *International Electrotechnical Commission*) telah menyusun dokumen IEC 1303:1994 yang dapat digunakan sebagai panduan untuk menguji kinerja alat ukur ini. Makalah ini secara singkat menjelaskan kandungan dokumen IEC tersebut, disamping menguraikan pengkajian yang pernah dilakukan terhadap kinerja ketepatan alat ukur ini di Indonesia melalui pengukuran antar-banding. Disarankan bahwa pihak rumah sakit dapat memiliki seorang fisikawan medik yang dapat melakukan pengujian terhadap kalibrator dosis yang dimiliki oleh rumah sakit tersebut. Pentingnya standar kinerja yang dituangkan dalam bentuk Standar Nasional Indonesia juga disinggung.

ABSTRACT

PERFORMANCE STANDARD FOR DOSE CALIBRATOR. Dose calibrator is an instrument used in hospitals to determine the activity of radionuclide for nuclear medicine purposes. International Electrotechnical Commission (IEC) has published IEC 1303:1994 standard that can be used as guidance to test the performance of the instrument. This paper briefly describes content of the document, as well as explains the assessment that had been carried out to test the instrument accuracy in Indonesia through intercomparison measurement. It is suggested that hospitals acquire a medical physicist to perform the test for its dose calibrator. The need for performance standard in the form of Indonesian Standard is also touched.

PENDAHULUAN

Kalibrator dosis adalah alat ukur yang banyak digunakan di rumah sakit untuk keperluan penentuan aktivitas radionuklida dalam pelayanan kedokteran nuklir. Sebagai detektor bagi alat ukur ini biasanya digunakan kamar pengion atau GM. Dengan semakin berkembangnya kedokteran nuklir di Indonesia, kebutuhan akan kalibrator dosis ini juga menjadi semakin besar.

Sebagian besar rumah sakit di Indonesia yang telah memiliki unit kedokteran nuklir berada di pula Jawa, kecuali satu yang berada di kota Padang. Tabel 1 memberikan daftar rumah sakit yang telah memiliki unit kedokteran nuklir tersebut.

Tabel 1. Rumah sakit yang memiliki unit kedokteran nuklir.

1. RS Cipto Mangunkusumo, Jakarta	8. RS Dr. Hasan Sadikin, Bandung
2. RS Jantung Harapan Kita, Jakarta	9. RS Dr. Karyadi, Semarang
3. RS Kanker Dharmais, Jakarta	10. RS Dr. Sardjito, Yogyakarta
4. RS MMC, Jakarta	11. RS Dr. Sutomo, Surabaya
5. RS Pusat Pertamina, Jakarta	12. RS Dr. Syaiful Anwar, Malang
6. RSPAD Gatot Subroto, Jakarta	13. RS Dr. Jamil, Padang
7. RS Fatmawati, Jakarta	

Soebowo [1] telah menguraikan secara komprehensif mengenai status pelayanan kedokteran nuklir di Indonesia, yang meliputi teknik pemeriksaan yang dilakukan, aktivitas pemeriksaan, hasil rata-rata pemeriksaan, dan sarana yang ada. Selain itu, diuraikan pula mengenai belum maksimalnya pelayanan karena masih banyaknya kendala permasalahan, yang meliputi kendala internal, eksternal, dana, dan pesaing.

Salah satu kendala internal yang patut mendapat perhatian adalah sarana, atau lebih spesifik lagi adalah kinerja kalibrator dosis yang digunakan. Kinerja yang baik akan menentukan keberhasilan pemeriksaan. Untuk itu maka dalam makalah ini akan diuraikan secara singkat mengenai standar kinerja kalibrator dosis yang diacu secara internasional.

PARAMETER KINERJA

Standar kinerja kalibrator dosis secara internasional diberikan oleh Komite Elektroteknik Internasional (IEC, *International Electrotechnical Commission*) pada publikasi 1303 yang terbit tahun 1994 dengan judul *Medical electrical equipment – Radionuclide calibrators – Particular methods for describing performance* [2]. Parameter kinerja yang utama adalah :

1. ketepatan alat ukur,
2. kelinieran sistem,
3. kedapatulangan sistem,
4. karakteristik kerapatan udara,
5. karakteristik volume sampel,
6. tanggapan latar,
7. kedapatulangan jangka panjang,
8. kinerja perisai radiasi.

Ketepatan alat ukur

Ketepatan alat ukur adalah nisbah (*ratio*) antara nilai terukur dengan nilai sebenarnya. Untuk menentukan ketepatan alat ukur dapat dilakukan pengukuran dengan metode uji primer atau metode uji sekunder. Metode pertama dilakukan untuk alat ukur acuan dengan menggunakan sumber radiasi standar, sedang metode kedua dilakukan untuk alat ukur individual dengan membandingkan hasil pengukuran radionuklida antara alat ukur acuan dengan alat ukur yang diuji. Metode pertama juga umumnya dilakukan oleh laboratorium kalibrasi, sementara metode kedua merupakan metode yang dilakukan oleh rumah sakit.

Pada metode uji primer, pengujian harus diulang untuk setiap radionuklida dan untuk setiap jenis wadah sampel yang memiliki faktor radionuklida tersendiri. Untuk setiap jenis wadah, volume larutan sumber standar harus sama dengan volume acuan untuk wadah tersebut. Sedang aktivitas sumber standar harus diketahui dan tertelusur ke standar nasional. Pengukurannya sendiri harus berulang-ulang hingga simpangan baku rata-rata, S_m , dari nilai terukur adalah kurang dari dua persepuluh ketidakpastian, S_0 , dari aktivitas sumber standar.

Jika nilai aktivitas terukur dinyatakan sebagai A_m , dan aktivitas sumber standar adalah A_0 , maka faktor radionuklida untuk sumber standar tersebut dinyatakan sebagai A_0/A_m , sedang ketepatan alat ukur diberikan sebagai $A_1 = A_m/A_0 \cdot 100\%$. Nisbah A_m/A_0 , S_m/A_m , dan S_0/A_0 harus dinyatakan dalam persentase. Kesalahan fraksional A_1 merupakan kombinasi kuadrat dari S_0/A_0 dan S_m/A_m , atau:

$$[\Delta A_1]^2 = \left(\frac{S_0}{A_0}\right)^2 + \left(\frac{S_m}{A_m}\right)^2 \quad (1)$$

Pada metode uji sekunder, sumber radionuklida harus diukur baik di alat ukur yang diuji maupun di alat ukur acuan. Pengukuran juga harus dilakukan berulang hingga simpangan baku kedua pengukuran kurang dari dua persepuluh ketidakpastian aktivitas sumber standar yang digunakan untuk pengukuran ketepatan alat ukur acuan. Radionuklida yang banyak digunakan untuk keperluan ini adalah ^{241}Am , ^{57}Co , ^{137}Cs , dan ^{60}Co . ^{131}I juga dapat digunakan.

Jika nilai aktivitas terukur rata-rata dengan alat ukur acuan adalah A_y , nilai aktivitas terukur rata-rata dengan alat ukur yang diuji A_z , simpangan baku rata-rata A_y adalah S_y , dan simpangan baku rata-rata A_z adalah S_z , maka ketepatan alat ukur diberikan sebagai :

$$A_1 = \frac{A_z}{A_y} \cdot \frac{A_m}{A_0} \quad (2)$$

sedang kesalahan fraksional diberikan sebagai :

$$[\Delta A_1]^2 = \left(\frac{S_0}{A_0}\right)^2 + \left(\frac{S_m}{A_m}\right)^2 + \left(\frac{S_z}{A_z}\right)^2 + \left(\frac{S_y}{A_y}\right)^2 \quad (3)$$

Kelinieran sistem

Kelinieran sistem adalah fungsi yang menghubungkan aktivitas teramati dengan yang diharapkan jika aktivitas sumber radioaktif divariasikan. Penentuan kelinieran sistem juga dilakukan dengan metode uji primer dan metode uji sekunder, sesuai dengan status alat ukurnya. Masing-masing metode uji juga dapat dilakukan dengan metode *decaying source* atau dengan metode *graduated source*.

Pada metode *decaying source*, suatu radionuklida berumur pendek dimasukkan ke dalam posisi pengukuran. Aktivitas sumber saat awal pengukuran paling sedikit harus sama besar dengan aktivitas maksimum yang akan digunakan pada alat ukur. Dua pengukuran paling tidak dilakukan untuk setiap periode umur paro dan dicatat selama beberapa periode umur paro hingga bacaan kurang dari sepuluh kali bacaan latar.

Hasil pengukuran selanjutnya digambar terhadap waktu tengah periode pengukuran pada grafik semi-log. Dari gambar ini nilai aktivitas teramati pada saat terjadi perbedaan antara nilai teramati dan nilai yang diramalkan dengan ekstrapolasi dari nilai rendah sebesar 1% dari nilai teramati dan 5% dari nilai teramati harus ditemukan dan dicatat.

Pada metode *graduated source*, beberapa sumber harus disiapkan dengan pengenceran dari larutan suatu radionuklida yang sama yang telah diketahui aktivitasnya dan sedemikian rupa sehingga tidak diperlukan koreksi peluruhan. Sumber dengan aktivitas maksimum harus sama dengan aktivitas maksimum penggunaan alat ukur, sedang sumber dengan aktivitas minimum harus sedemikian rupa sehingga bacaan dari sumber kurang dari sepuluh kali bacaan latar. Pengukuran dilakukan dengan memberikan koreksi terhadap latar dan ketakmurnian radioaktif.

Dari hasil pengukuran, nisbah aktivitas terukur dengan aktivitas yang diharapkan harus dihitung untuk setiap pengukuran. Harga aktivitas teramati harus digambar terhadap harga aktivitas yang diharapkan dan harga nisbah. Perbedaan sebesar 1% dan 5% seperti untuk metode *decaying source* juga harus dicatat.

Kedapatulangan sistem

Kedapatulangan sistem juga dilakukan dengan metode uji primer dan metode uji sekunder. Pada metode uji primer, beberapa sumber radioaktif disiapkan dari larutan suatu radionuklida yang waktu paronya cukup besar sehingga tidak perlu dilakukan koreksi peluruhan saat pengukuran. Aktivitas terendah harus menghasilkan bacaan sekitar lima kali bacaan latar, sedang aktivitas tertinggi harus lebih besar dari 20% aktivitas maksimum untuk alat ukur. Paling sedikit dilakukan sepuluh kali pengukuran untuk setiap aktivitas.

Pada metode uji sekunder, dua buah sumber radioaktif disiapkan dari larutan suatu radionuklida yang waktu paronya cukup besar sehingga tidak diperlukan koreksi peluruhan saat peluruhan. Aktivitas terendah harus menghasilkan bacaan sekitar lima kali tingkat bacaan latar, sedang aktivitas tertinggi harus 1 GBq. Sepuluh kali pengukuran harus dilakukan dan dicatat.

Koefisien variasi untuk setiap tingkat aktivitas A harus dicatat dan dihitung dari:

$$CV_A = \frac{1}{\bar{A}} \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n A_i^2 - \sum_{i=1}^n A_i^2}{n(n-1)}} \quad (4)$$

dengan A_i adalah harga terukur ke- i , n jumlah pengukuran, dan \bar{A} harga rata-rata.

Karakteristik kerapatan udara

Karakteristik kerapatan udara adalah fungsi dua dimensi yang menghubungkan bacaan alat ukur dengan suhu dan tekanan.

Pengujian dilakukan dengan menempatkan alat ukur di suatu kamar dengan suhu dan tekanan yang bisa divariasikan antara +10°C - +40°C dan 106 kPa - 94 kPa. Suatu sumber radioaktif kemudian ditempatkan pada alat ukur dan suhu serta tekanan ditetapkan pada +10°C dan 106 kPa. Karena karakteristik kerapatan udara bergantung juga pada energi gamma, prosedur di atas dilakukan untuk beberapa radionuklida seperti ²⁴¹Am, ⁵⁷Co, ¹³⁷Cs, dan ⁶⁰Co. ¹³¹I juga dapat digunakan.

Dalam evaluasinya hasil pengukuran harus dikoreksi dengan latar dan peluruhan. Untuk setiap radionuklida, tentukan harga $Y_{T,P}$, yaitu rata-rata pengukuran pada suhu T dan tekanan P , dan harga $E_{T,P}$, yaitu

$$E_{T,P} = \frac{273 + T}{273 + T_0} \cdot \frac{P_0}{P} \quad (5)$$

dengan T dan P adalah suhu dan tekanan saat pengukuran, sedang T_0 dan P_0 adalah suhu dan tekanan acuan, yaitu 20°C dan 100 kPa.

Untuk setiap radionuklida, harga $Y_{T,P}$ dan $E_{T,P}$ digambar pada kertas grafik linier dengan $Y_{T,P}$ sebagai sumbu y dan $E_{T,P}$ sebagai sumbu x . Dari kurva ini harga Y_{T_0,P_0} harus ditentukan. Karakteristik kerapatan udara diperoleh dengan menentukan nisbah $Y_{T,P}$ dengan Y_{T_0,P_0} .

Karakteristik volume sampel

Karakteristik volume sampel adalah fungsi yang menghubungkan bacaan alat ukur dengan volume sampel untuk wadah tertentu pada posisi tertentu di kamar pengion.

Tanggapan latar

Uji untuk menentukan tanggapan latar inheren dan tanggapan terhadap medan radiasi yang diketahui harus dilakukan untuk setiap alat ukur acuan. Uji tanggapan latar inheren dilakukan dengan menempatkan alat ukur di daerah dengan tingkat radiasi kurang dari 0,2 μ Sv/jam dan dengan menggunakan faktor radionuklida ¹³⁷Cs. Suatu seri pengukuran kemudian dilakukan, dan harga rata-rata dan simpangan bakunya dicatat.

Untuk pengujian tanggapan latar terhadap medan radiasi yang diketahui, sumber ^{137}Cs dengan aktivitas 2 MBq ditempatkan pada jarak 1 m dari sumbu vertikal kamar pengion. Posisi vertikalnya harus sama tinggi dengan pusat kamar pengion. Faktor radionuklida ^{137}Cs juga digunakan.

Sebanyak sepuluh pengukuran kemudian dilakukan dengan memberikan koreksi terhadap radiasi latar. Harga rata-rata dengan simpangan bakunya dicatat dan dinyatakan sebagai aktivitas teramati per MBq.

Kedapatulangan jangka panjang

Penentuan kedapatulangan jangka panjang dilakukan dengan melakukan sepuluh kali pengukuran dengan selang waktu yang sama selama satu bulan terhadap sumber radionuklida yang telah diketahui faktor radionuklidanya. Untuk setiap pengukuran diambil sejumlah bacaan untuk memperoleh harga rata-ratanya. Untuk data ini, kedapatulangan jangka panjang dilaporkan sebagai koefisien variasi harga rata-rata yang dihitung dengan persamaan (4).

Kinerja perisai radiasi

Jika perisai radiasi tersedia sebagai pilihan bagi kamar pengion, uji berikut harus dilakukan:

- pengukuran ketepatan alat ukur
- pengukuran tanggapan latar
- pengukuran kedapatulangan jangka panjang

Uji ini hanya dilakukan dengan sumber ^{137}Cs dengan atau tanpa perisai terpasang. Setiap efek pada faktor radionuklida harus diaamati dan dicatat.

PEMBAHASAN

Agar harga aktivitas radionuklida yang diberikan kepada pasien dapat akurat, kalibrator dosis diharapkan dapat bekerja dengan kinerja yang prima. Untuk itu maka sebaiknya pengujian yang diuraikan di atas dapat dilakukan oleh setiap rumah sakit yang memiliki kalibrator dosis tersebut.

Secara peraturan perundangan, saat ini yang baru diatur adalah kewajiban untuk melakukan standarisasi terhadap setiap sumber radioaktif standar [3]. Ketentuan ini juga berlaku hanya untuk sumber standar yang belum mempunyai sertifikat dan tanda standarisasi, dan diketahui ada perubahan fisik, walaupun sudah mempunyai sertifikat dan tanda standarisasi.

Namun demikian, Puslitbang Keselamatan Radiasi dan Biomedika Nuklir BATAN, saat masih bernama Pusat Standardisasi dan Penelitian Keselamatan Radiasi, pernah mengadakan kegiatan antar-banding pengukuran aktivitas sumber ^{57}Co dan ^{131}I dengan beberapa rumah sakit yang memiliki unit kedokteran nuklir. Dari pengukuran diperoleh bahwa hasil antar-banding sangat bervariasi dari 0 – 30% untuk sumber ^{57}Co dan antara 0-52% untuk sumber ^{131}I , dengan alat ukur dengan detektor GM umumnya memberikan hasil yang tinggi dan alat ukur dengan detektor kamar pengion menunjukkan perbedaan yang relatif lebih kecil. Hasil ini juga menunjukkan masih banyaknya hal yang harus diperbaiki agar pelayanan yang diberikan rumah sakit memiliki tingkat ketepatan dan kepercayaan yang tinggi.

Mengingat pentingnya kinerja kalibrator dosis bagi keselamatan dan kesembuhan pasien, maka rumah sakit sebaiknya melakukan sendiri pengujian kinerja terhadap alat ukur ini. Pekerjaan pengujian ini juga sebaiknya dilakukan oleh seorang fisikawan medik yang bekerja penuh di rumah sakit untuk melakukan semua pekerjaan fisika di rumah sakit tersebut. Sayangnya, saat ini pihak rumah sakit belum menyadari sepenuhnya akan kepentingan tenaga fisikawan medik di rumah sakit. Kalaupun ada rumah sakit yang telah mempekerjakan seorang fisikawan medik, pekerjaan yang dilakukan oleh fisikawan ini baru terbatas pada pekerjaan di unit radioterapi. Di masa mendatang diharapkan bahwa tidak hanya ada penambahan jumlah fisikawan medik di rumah sakit di Indonesia, namun juga jenis pekerjaan yang ditanganinya bervariasi.

Untuk lebih memperkuat dasar bagi pentingnya pengujian kinerja kalibrator dosis, maka tidak berlebihan jika diharapkan dapat ditetapkan suatu standar nasional Indonesia (SNI) mengenai kinerja kalibrator dosis ini. Dokumen IEC 1303:1994 merupakan dokumen yang tepat untuk diacu menjadi SNI tersebut. Negara Australia dan Selandia Baru, misalnya, juga mengambil dokumen IEC tersebut sebagai acuan untuk standar mereka dalam kinerja kalibrator dosis, namun dengan membuang butir karakteristik kerapatan udara karena tidak relevan dengan praktek di Australia dan Selandia Baru [5].

PENUTUP

Kalibrator dosis merupakan alat ukur yang sangat berperan penting dalam pelayanan kedokteran nuklir. Komisi Elektroteknik Internasional (IEC, *International Electrotechnical Commission*) telah menyusun dokumen IEC 1303:1994 yang dapat digunakan sebagai panduan untuk menguji kinerja alat ukur ini.

Dari hasil antar-banding yang pernah dilakukan diketahui bahwa banyak hal yang harus diperbaiki agar pelayanan kedokteran nuklir yang diberikan rumah sakit di Indonesia dapat memiliki tingkat ketepatan dan kepercayaan yang tinggi. Disarankan agar rumah sakit dapat menunjuk seorang fisikawan medik yang dapat ditugaskan antara lain untuk mengerjakan tugas pengujian kinerja kalibrator dosis, disamping suatu Standar Nasional Indonesia (SNI) yang dapat digunakan sebagai panduan untuk melakukan pengujian kinerja tersebut juga perlu disusun.

DAFTAR PUSTAKA

1. SOEBOWO SOEMEWOWO. Status Pelayanan Kedokteran Nuklir Pada Rumah Sakit-Rumah Sakit di Indonesia Dewasa Ini dan Permasalahannya. Prosiding Semiloka Pengembangan Pelayanan Kedokteran Nuklir dan Radioterapi Sebagai *Profit Center* di Rumah Sakit. BATAN, Jakarta, 2001, 4-13.
2. IEC 1303:1994. *Medical electrical equipment – Radionuclide calibrators – Particular methods for describing performance.*
3. Keputusan Direktur Jenderal Badan Tenaga Atom Nasional No. 84/DJ/VI/1991 tentang Kalibrasi Alat Ukur Radiasi dan Keluaran Sumber Radiasi, Standardisasi Radionuklida, dan Fasilitas Kalibrasi.
4. ERMI JUITA, NAZAROH, SUNARYO, et.al. Antarbanding Pengukuran Aktivitas Isotop ^{57}Co dan ^{131}I (II). Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan. BATAN, Jakarta, 1996, 75-80.
5. AS/NZS 4354:1995. *Medical electrical equipment – Radionuclide calibrators – Particular methods for describing performance.*

