

EVALUASI KINERJA DOSE CALIBRATOR CAPINTEC CRC-55tR UNTUK PENGUKURAN AKTIVITAS RADIOISOTOP ^{175}Yb

Azmairit Aziz

Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri - BATAN, Jl. Tamansari 71 Bandung, 40132
E-mail : aaziz@batan.go.id

ABSTRAK

EVALUASI KINERJA DOSE CALIBRATOR CAPINTEC CRC-55tR UNTUK PENGUKURAN AKTIVITAS RADIOISOTOP ^{175}Yb . Dose calibrator Capintec CRC-55tR merupakan alat yang digunakan untuk mengukur aktivitas larutan radioaktif. Untuk menjamin bahwa hasil pengukuran aktivitas larutan radioaktif menggunakan alat dose calibrator Capintec CRC-55tR dapat dipercaya, maka telah dilakukan evaluasi terhadap kinerja alat tersebut. Evaluasi kinerja dose calibrator Capintec CRC-55tR meliputi chamber daily test, uji presisi, akurasi, kestabilan dan linearitas. Uji presisi, akurasi dan kestabilan dilakukan dengan menggunakan sumber standar radionuklida yang memiliki waktu paro ($T_{1/2}$) panjang, yaitu ^{133}Ba ($T_{1/2} = 10,7$ tahun) dan ^{137}Cs ($T_{1/2} = 30$ tahun). Sedangkan uji linearitas dilakukan dengan menggunakan radioisotop ^{175}Yb berdasarkan metode peluruhan. Evaluasi terhadap kinerja dose calibrator Capintec CRC-55tR diperoleh presisi, akurasi, kestabilan dan linearitas yang tinggi. Nilai presisi diperoleh sebesar 0,010 – 0,127%, akurasi sebesar -4,43 sampai -2,40%, kestabilan sebesar 0,08 – 0,29% dan linearitas sebesar 1,97 – 4,20%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, dose calibrator Capintec CRC-55tR memiliki kinerja yang baik, sehingga hasil pengukuran aktivitas radioisotop ^{175}Yb menggunakan alat tersebut dapat dipercaya.

Kata kunci : dose calibrator, kinerja, aktivitas, iterbium-175.

ABSTRACT

EVALUATION PERFORMANCE OF CAPINTEC CRC-55tR DOSE CALIBRATOR FOR MEASUREMENT OF ^{175}Yb ACTIVITY. Capintec CRC-55tR dose calibrator was the equipment utilized to measure the activity of radioactive solutions. Evaluation performance of Capintec CRC-55tR dose calibrator has been done to ensure that the activity measurement using the equipment can be trusted. Evaluation performance of Capintec CRC-55tR dose calibrator include chamber daily test, precision, accuracy, constancy and linearity tests. Precision, accuracy and constancy tests were performed using long-lived standard source, there were ^{133}Ba ($T_{1/2} = 10.7$ years) and ^{137}Cs ($T_{1/2} = 30$ years). While the linearity test was evaluated using ^{175}Yb by decaying method. Evaluation performance of Capintec CRC-55tR dose calibrator was obtained high precision, accuracy, constancy and linearity. The precision was obtained of 0.010 – 0.127%, accuracy of -4.43 to -2.40%, constancy of 0.08 – 0.29% and linearity of 1.97 – 4.20%. Based on the results, Capintec CRC-55tR dose calibrator has good performance so ^{175}Yb activity measurement using the equipment can be trusted.

Keywords : dose calibrator, performance, activity, ytterbium-175.

1. PENDAHULUAN

Dose calibrator atau radionuclide calibrator atau activity meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur aktivitas zat radioaktif [1,2]. Dose calibrator umumnya

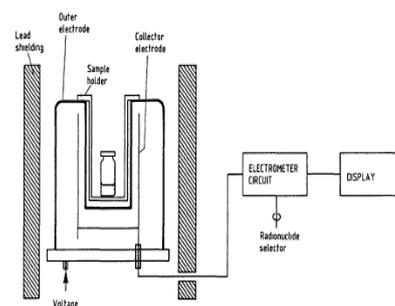
digunakan di bidang kedokteran nuklir, yaitu untuk mengukur aktivitas suatu radiofarmaka (sediaan radiofarmasi) [3, 4]. Di samping itu, dose calibrator juga digunakan untuk mengukur aktivitas larutan radioisotop yang diaplikasikan di bidang industri dan untuk

keperluan penelitian. Penggunaan *dose calibrator* di bidang kedokteran nuklir baik untuk diagnosis maupun terapi bertujuan untuk mengukur aktivitas radiofarmaka sebelum diinjeksikan kepada pasien, sehingga dapat menjamin bahwa dosis radiofarmaka yang diinjeksikan tersebut selain aman sehingga memenuhi persyaratan proteksi radiasi juga dapat memberikan kualitas pencitraan yang baik atau dapat menjamin keberhasilan terapi [5-7].

Dose calibrator merupakan alat deteksi radiasi dengan jenis detektor berupa isian gas. Komponen utama pada *dose calibrator* terdiri dari detektor kamar ionisasi (*ionization chamber*), sumber catu daya tegangan tinggi (HV), elektrometer dan displai untuk menampilkan nilai aktivitas yang terukur, seperti terlihat pada Gambar 1 [1,4]. Detektor biasanya berupa tabung berdinding logam atau kaca yang diisi dengan gas (umumnya gas argon bertekanan tinggi, sekitar 20 – 30 atm) yang memiliki dua buah elektroda, yaitu anoda dan katoda [8]. Apabila antara anoda dan katoda diberikan perbedaan tegangan listrik, maka akan timbul medan listrik antara kedua elektroda tersebut. Kemudian jika partikel bermuatan melalui media gas tersebut, maka akan terjadi proses ionisasi pada gas argon, yaitu menghasilkan ion positif dan ion negatif (elektron). Ion positif akan bergerak ke arah katoda, sedangkan elektron akan bergerak ke arah anoda. Diantara kedua elektroda tersebut akan mengalir arus listrik dan menimbulkan perubahan potensial sesaat, sehingga menghasilkan suatu pulsa listrik. Arus listrik yang mengalir umumnya sangat kecil (dalam orde μA). Kemudian sebuah perangkat yang disebut elektrometer (preamplifier dan amplifier) akan memperkuat arus listrik yang sangat kecil tersebut. Arus listrik yang mengalir sebanding dengan aktivitas radioisotop yang diukur. Kemudian prosesor pada alat *dose calibrator* akan mengkonversi jumlah radiasi yang terdeteksi ke dalam satuan aktivitas, yaitu Curie (Ci) atau Becquerel (Bq) [1,8]. Fungsi *dose calibrator* didasarkan pada beberapa parameter, yaitu aktivitas, tingkat energi foton dan jenis partikel yang dipancarkan. Respon kamar ionisasi terhadap radioisotop pemancar gamma murni akan berbeda dibandingkan terhadap radioisotop pemancar gabungan sinar gamma dan beta, sehingga *dose calibrator* membutuhkan pengaturan internal (*internal setting*) yang berbeda-beda untuk setiap jenis radioisotop.

Dose calibrator komersial umumnya telah

dikalibrasi oleh pabrik menggunakan larutan radionuklida standar nasional atau merunut pada laboratorium standar. Kalibrasi dengan cara ini disebut dengan kalibrasi langsung (*direct calibration*). Kalibrasi alternatif atau yang biasa disebut dengan kalibrasi tak langsung (*indirect calibration*) juga dapat dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran aktivitas pada *dose calibrator* yang akan dikalibrasi dengan hasil pengukuran aktivitas pada *dose calibrator* pembanding yang telah terkalibrasi secara langsung [9].



Gambar 1. Skema *dose calibrator* [1,4]

Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri (PTNBR) merupakan salah satu unit kerja litbang yang berada di bawah Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Untuk menunjang kegiatan litbang radioisotop, maka pada tahun 2012 PTNBR telah melengkapi fasilitas di Laboratorium Teknologi Proses Radioisotop dengan alat *dose calibrator* baru, yaitu *dose calibrator* Capintec CRC-55tR. *Dose calibrator* Capintec CRC-55tR saat ini merupakan tipe *dose calibrator* terbaru yang dikeluarkan oleh Capintec. Alat tersebut dioperasikan dengan sistem layar sentuh (*touch creen*). *Dose calibrator* Capintec CRC-55tR memiliki kemampuan dapat mengukur aktivitas sebanyak 80 jenis radioisotop, yaitu berupa pemancar sinar gamma untuk keperluan diagnosis maupun berupa pemancar sinar beta murni atau campuran pemancar sinar beta dan gamma untuk keperluan terapi [10]. *Dose calibrator* Capintec CRC-55tR dilengkapi dengan *chamber* yang memiliki kemampuan mengukur aktivitas radioisotop dengan cepat, memiliki presisi dan akurasi yang tinggi, serta nyaman dalam mengoperasikannya [10].

Radioisotop iterbium-175 (^{175}Yb) merupakan salah satu radioisotop pemancar sinar beta dari golongan lantanida (radiolantanida). Radioisotop tersebut dapat

diaplikasikan dalam pembuatan radiofarmaka untuk radiosinovektomi, paliatif dan terapi tumor / kanker di bidang kedokteran nuklir. Radioisotop ^{175}Yb memiliki waktu paro ($T_{1/2}$) selama 4,2 hari dan E_{β} maksimum sebesar 0,480 MeV (80%). Energi beta sebesar 0,480 MeV tersebut memiliki jarak tembus maksimum pada jaringan lunak sejauh 1,7 mm, sehingga cocok digunakan sebagai radioisotop alternatif untuk radiosinovektomi pada sendi ukuran kecil, yaitu sendi jari tangan dan jari kaki [11]. Di samping itu, radioisotop ^{175}Yb juga memancarkan sinar gamma dengan E_{γ} sebesar 396 keV (6,5%), 282 keV (3,1%) dan 113 keV (1,9%) yang dapat digunakan untuk penyidikan selama terapi berlangsung.

Untuk menjamin bahwa *dose calibrator* Capintec CRC-55tR yang dimiliki dapat mengukur aktivitas radioisotop ^{175}Yb secara tepat dan akurat, maka pada penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap kinerja alat tersebut. Evaluasi kinerja dose calibrator Capintec-CRC-55tR meliputi *chamber daily test*, uji akurasi, presisi dan kestabilan [12]. *Dose calibrator* Capintec CRC-55tR yang digunakan memiliki kinerja yang baik apabila memiliki kriteria sesuai persyaratan yang tercantum pada manual alat, memiliki akurasi dan presisi yang tinggi, sehingga dapat menjamin bahwa nilai aktivitas radioisotop ^{175}Yb yang terukur adalah tepat dan akurat. Di samping itu, alat tersebut juga harus memiliki kestabilan yang tinggi. Untuk membuktikan hasil pengukuran berbagai variasi aktivitas zat radioaktif pada *dose calibrator* Capintec CRC-55tR adalah linear, maka dilakukan uji linearitas dengan cara mengukur berbagai variasi aktivitas radioisotop ^{175}Yb selama ± 30 hari.

2. BAHAN DAN TATA KERJA

2.1. Bahan dan peralatan

Bahan yang digunakan adalah sumber standar radionuklida ^{137}Cs (New England Nuclear (NEN), aktivitas sebesar 200 μCi pada tanggal 13 Mei 1980), sumber standar radionuklida ^{133}Ba (New England Nuclear (NEN), aktivitas sebesar 229 μCi pada tanggal 18 Januari 1985), dan larutan radioisotop iterbium-175 ($^{175}\text{YbCl}_3$) buatan PTNBR BATAN.

Peralatan yang digunakan adalah alat *dose calibrator* (Capintec CRC-55tR), pipet mikro (Thermo Scientific), vial gelas beserta tutupnya, kontainer Pb dan pinset.

2.2. Tata kerja

2.2.1. Evaluasi kinerja dose calibrator Capintec-CRC-55tR

2.2.1.1 Chamber daily test

Chamber daily test dilakukan setiap hari sebelum melakukan pengukuran aktivitas sampel radioisotop. *Chamber daily test* pada alat *dose calibrator* Capintec CRC-55tR dilakukan menggunakan tombol uji. *Chamber daily test* meliputi pengaturan *auto zero*, pengukuran tegangan listrik pada *chamber* dan pengukuran aktivitas latar belakang (*background*). Semua sumber radioaktif dijauhkan dari *chamber*. Kemudian dilakukan *chamber daily test* dengan cara menekan tombol menu *daily* pada alat. Selanjutnya dilakukan cek data. Hasil pengaturan *auto zero*, pengukuran tegangan listrik pada *chamber* dan aktivitas latar belakang harus memenuhi kriteria sesuai yang dipersyaratkan pada alat *dose calibrator* Capintec CRC-55tR, yaitu *auto zero* sebesar $\pm 0,3$ mV, tegangan listrik pada *chamber* sebesar maksimum 180 Volt dan aktivitas latar belakang $< 16,9$ μCi [10].

2.2.1.2 Uji presisi (*precision test*)

Presisi *dose calibrator* dalam mengukur aktivitas ditentukan menggunakan sumber standar radionuklida yang memiliki waktu paro panjang, yaitu ^{133}Ba dan ^{137}Cs . Sebelumnya aktivitas latar belakang diukur terlebih dahulu, kemudian sumber standar diletakkan di dalam *dipper* pada *chamber* alat *dose calibrator*. Selanjutnya aktivitas masing-masing sumber standar diukur menggunakan tombol nuklida yang sesuai dengan sumber standar sampai pembacaan pengukuran stabil. Pengukuran diulangi sampai 10 kali pengukuran pada masing-masing sumber standar. Presisi merupakan penentuan persentase deviasi sejumlah 10 kali hasil pengukuran masing-masing sumber standar. Presisi dihitung dengan menggunakan rumus (1). [1,13,14]

$$\text{Presisi (\%)} = \frac{A_i - A_r}{A_r} \times 100 \quad (1)$$

dimana : A_i = aktivitas individu
 A_r = aktivitas rata-rata

2.2.1.3 Uji akurasi (*accuracy test*)

Akurasi *dose calibrator* dalam mengukur aktivitas ditentukan dengan menggunakan sumber standar yang memiliki waktu paro panjang, yaitu radionuklida ^{133}Ba dan ^{137}Cs -137. Pengukuran masing-masing sumber standar radionuklida dilakukan dengan cara yang sama seperti pada penentuan presisi. Akurasi hasil pengukuran masing-masing sumber standar dihitung menggunakan rumus (2). [1,13,14]

$$\text{Akurasi (\%)} = \frac{A_r - A_s}{A_s} \times 100 \text{ waktu paro radionuklida} \quad (2)$$

dimana : A_r = aktivitas rata-rata
 A_s = aktivitas teoritis

Aktivitas teoritis adalah aktivitas sebenarnya sumber standar radionuklida pada waktu pengukuran (t) akibat peluruhan radioaktif yang dihitung dengan menggunakan rumus (3).

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (3)$$

dimana :

A_t = aktivitas radionuklida pada waktu pengukuran
 A_0 = aktivitas awal radionuklida
 λ = konstanta peluruhan = $0,693 / T_{1/2}$
 $T_{1/2}$ = waktu paro radionuklida

2.2.1.4 Uji kestabilan (*constancy test*)

Kestabilan (*constancy*) merupakan reproduibilitas *dose calibrator* dalam mengukur suatu sumber yang konstan selama jangka waktu yang panjang [15]. Reprodusibilitas *dose calibrator* dalam mengukur aktivitas ditentukan dengan menggunakan sumber standar radionuklida yang memiliki waktu paro panjang, yaitu ^{133}Ba dan ^{137}Cs . Sebelumnya aktivitas latar belakang diukur terlebih dahulu, kemudian sumber standar diletakkan di dalam *dipper* pada *chamber* alat *dose calibrator*. Selanjutnya aktivitas masing-masing sumber standar diukur menggunakan tombol nuklida yang sesuai dengan sumber standar sampai pembacaan pengukuran stabil. Waktu dan tanggal pengukuran dicatat. Pengukuran diulangi selama 8 hari pada waktu/jam yang sama. Kestabilan ditentukan dari persentase deviasi masing-masing sumber standar hasil pengukuran selama 8 hari [16].

2.2.1.5 Uji linearitas (*linearity test*)

Uji linearitas dilakukan menggunakan metode peluruhan (*dose decay method*) [1,15-17]. Linearitas pengukuran aktivitas ditentukan dengan menggunakan radioisotop iterbium-175 (^{175}Yb) dalam bentuk larutan $^{175}\text{YbCl}_3$. Radioisotop ^{175}Yb diperoleh dari hasil iradiasi bahan sasaran iterbium-174 (^{174}Yb) diperkaya 98,4% dalam bentuk serbuk iterbium oksida (Yb_2O_3). Iradiasi dilakukan di RSG-G.A. Siwabessy Serpong pada fluks neutron sebesar $1,8 \times 10^{14} \text{ n.cm}^{-2}.\text{det}^{-1}$. Sebanyak 5 – 10 mg serbuk Yb_2O_3 hasil iradiasi dilarutkan dalam 10 mL larutan HCl 0,1N. Kemudian dikisatkan dan dilarutkan kembali dalam 5 ml akuabides steril. Sebanyak 1 mL larutan radioisotop $^{175}\text{YbCl}_3$ dimasukkan ke dalam vial gelas berukuran 10 mL. Kemudian ditutup dengan penutup karet dan penutup aluminium. Sebelumnya diukur aktivitas latar belakang terlebih dahulu. Vial berisi larutan radioisotop $^{175}\text{YbCl}_3$ diletakkan di dalam *dipper* pada *chamber* alat *dose calibrator*. Selanjutnya diukur aktivitasnya pada waktu/jam yang sama selama ± 30 hari (~ 7 kali waktu paro ^{175}Yb) menggunakan alat *dose calibrator* Capintec CRC-55tR. Pengukuran aktivitas pada alat tersebut dilakukan menggunakan tombol nuklida ^{175}Yb dengan nomor pengaturan kalibrasi (*Calibration setting number*) adalah sebesar 308 x 10. Linearitas ditentukan dari persentase perbedaan nilai aktivitas yang terukur dengan nilai aktivitas menurut teori (aktivitas sebenarnya) pada setiap pengukuran selama ± 30 hari dengan menggunakan rumus (4). [16]

$$\text{Linearitas (\%)} = \frac{A_u - A_s}{A_s} \times 100 \quad (4)$$

dimana : A_u = aktivitas terukur
 A_s = aktivitas teoritis

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi kinerja yang pertama harus dilakukan pada alat *dose calibrator* Capintec CRC-55tR adalah *Chamber daily test*. Uji ini dilakukan setiap hari sebelum melakukan pengukuran aktivitas sampel radioisotop [10]. Alat *dose calibrator* Capintec CRC-55tR telah dilengkapi dengan fasilitas tombol uji untuk melakukan *chamber daily test*. *Chamber daily test* meliputi pengaturan *auto zero*, pengukuran tegangan listrik pada *chamber* dan pengukuran aktivitas latar belakang (*background*). Aktivitas latar belakang dapat berasal dari radiasi

eksternal yang berada di sekitar alat, terjadinya kontaminasi pada *chamber*, *dipper* dan *liner* serta adanya derau (*noise*) pada elektronik. Hasil pengaturan *auto zero*, pengukuran tegangan listrik pada *chamber* dan aktivitas latar belakang harus memenuhi kriteria sesuai yang dipersyaratkan oleh alat *dose calibrator* Capintec CRC-55tR, yaitu *auto zero* sebesar $\pm 0,3$ mV, tegangan listrik pada *chamber* sebesar maksimum 180 Volt dan aktivitas latar belakang $< 16,9$ μCi [10]. Hasil penentuan *chamber daily test* pada alat *dose calibrator* Capintec CRC-55tR ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil penentuan Chamber daily test pada alat dose calibrator Capintec CRC-55tR

Chamber daily test	Hasil pengukuran	Batasan
Auto zero (mVolt)	$0,018 \pm 0,004$	$\pm 0,3$
Tegangan listrik pada chamber (Volt)	$154,9 \pm 0,04$	≤ 180
Pengukuran aktivitas latar belakang (μCi)	$3,57 \pm 0,64$	$< 16,9$

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 terlihat bahwa *dose calibrator* Capintec CRC-55tR memiliki nilai *chamber daily test* sesuai dengan kriteria yang tercantum pada manual alat, sehingga memenuhi syarat dapat dipakai selanjutnya untuk mengukur aktivitas zat radioaktif.

Tabel 2. Sumber standar radionuklida pemancar- γ .

Radionuklida	Energi- γ (keV)	Waktu paro ($T_{1/2}$)
^{137}Cs	662	30 tahun
^{133}Ba	81	10,7 tahun
	356	

Kepresisian dari suatu sistem pengukuran adalah sejauh mana pengulangan pengukuran dalam kondisi yang tidak berubah mendapatkan hasil yang sama. Presisi *dose calibrator* dalam mengukur aktivitas ditentukan menggunakan sumber standar radionuklida yang memiliki waktu paro panjang, yaitu ^{133}Ba dan ^{137}Cs [16]. Sumber standar radionuklida ^{133}Ba dan ^{137}Cs memiliki sifat nuklir seperti tercantum pada Tabel 2. Penentuan presisi dilakukan untuk mengetahui kestabilan elektrometer dan tekanan gas di dalam *chamber*, sehingga memberikan

hasil pengukuran yang reproduibilitasnya tinggi. Presisi merupakan penentuan persentase deviasi sejumlah 10 kali hasil pengukuran sumber standar radionuklida yang memiliki waktu paro panjang. Nilai presisi yang dipersyaratkan dalam pengukuran aktivitas menggunakan alat *dose calibrator* adalah sebesar $\pm 1\%$ [17].

Tabel 3. Nilai presisi dan akurasi hasil pengukuran aktivitas sumber standar radionuklida ^{133}Ba .

No	Aktivitas rata-rata (μCi)	Aktivitas teoretis (μCi)	Presisi (%)	Akurasi (%)
1	34,998	35,9	0,045	-2,51
2	34,800	35,9	0,024	-3,06
3	35,040	35,9	0,052	-2,40
4	34,957	35,9	0,047	-2,63
5	34,906	35,9	0,047	-2,77
6	34,958	35,9	0,010	-2,62

Nilai presisi hasil pengukuran aktivitas sumber standar radionuklida ^{133}Ba dan ^{137}Cs ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Hasil pengukuran aktivitas sumber standar radionuklida ^{133}Ba seperti terlihat pada Tabel 3 diperoleh nilai presisi sebesar 0,010 - 0,052 %. Sedangkan hasil pengukuran aktivitas menggunakan sumber standar radionuklida ^{137}Cs seperti terlihat pada Tabel 4 diperoleh nilai presisi sebesar 0,020 - 0,127%. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa *dose calibrator* Capintec CRC-55tR memiliki presisi yang tinggi (0,010 - 0,127%) dan memenuhi batas yang dipersyaratkan, yaitu sebesar $\pm 1\%$ [17].

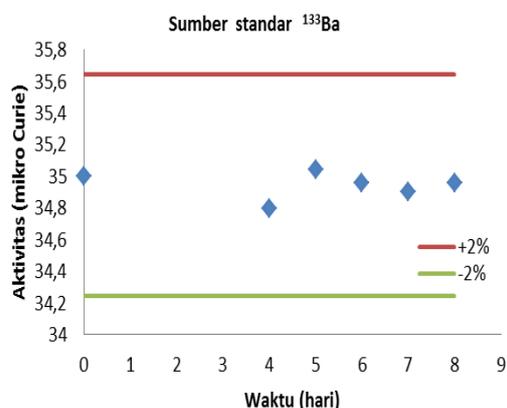
Tabel 4. Nilai presisi dan akurasi hasil pengukuran aktivitas sumber standar radionuklida ^{137}Cs .

No	Aktivitas rata-rata (μCi)	Aktivitas teoritis (μCi)	Presisi (%)	Akurasi (%)
1	90,268	93,9	0,048	-3,87
2	89,738	93,9	0,029	-4,43
3	90,333	93,9	0,026	-3,80
4	89,881	93,9	0,025	-4,28
5	89,828	93,9	0,020	-4,34
6	90,408	93,9	0,127	-3,72

Akurasi dari suatu sistem pengukuran adalah tingkat kedekatan hasil pengukuran rata-rata yang diperoleh dari sejumlah pengukuran berulang terhadap nilai yang sebenarnya.

Akurasi ditentukan dengan menggunakan sumber standar yang memiliki waktu paro panjang, yaitu radionuklida Ba-133 dan Cs-137 [16]. Nilai akurasi yang dipersyaratkan dalam pengukuran aktivitas menggunakan alat *dose calibrator* adalah sebesar $\pm 5\%$ [17]. Nilai akurasi hasil pengukuran aktivitas sumber standar radionuklida ^{133}Ba dan ^{137}Cs ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4. Pada Tabel 3 terlihat bahwa hasil pengukuran aktivitas sumber standar radionuklida ^{133}Ba diperoleh nilai akurasi sebesar -3,06 sampai -2,40%. Sedangkan pada Tabel 4, yaitu hasil pengukuran aktivitas menggunakan sumber standar radionuklida ^{137}Cs diperoleh nilai akurasi sebesar -4,43 sampai -3,72%. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa *dose calibrator* Capintec CRC-55tR memiliki akurasi yang tinggi (-4,43 sampai -2,40%) dan memenuhi batas yang dipersyaratkan, yaitu sebesar $\pm 5\%$ [17].

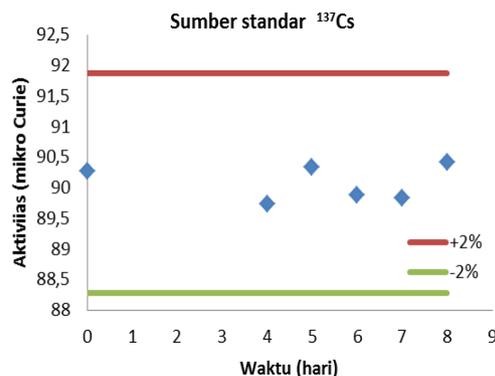
Kestabilan (*constancy*) merupakan reproduksibilitas dalam mengukur suatu sumber yang konstan selama jangka waktu yang panjang. Reprodusibilitas ditentukan dengan menggunakan sumber standar radionuklida yang memiliki waktu paro panjang, yaitu radionuklida ^{133}Ba dan ^{137}Cs [16]. Nilai kestabilan yang dipersyaratkan dalam pengukuran aktivitas menggunakan alat *dose calibrator* adalah sebesar $\pm 2\%$ [17].



Gambar 2 . Hasil uji kestabilan pengukuran aktivitas sumber standar radionuklida ^{133}Ba dalam waktu 8 hari.

Uji kestabilan pengukuran aktivitas sumber standar radionuklida ^{133}Ba dan ^{137}Cs diperlihatkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Hasil pengukuran aktivitas sumber standar radionuklida ^{133}Ba berdasarkan pada Gambar 2 diperoleh nilai kestabilan sebesar 0,08%. Sedangkan hasil pengukuran aktivitas

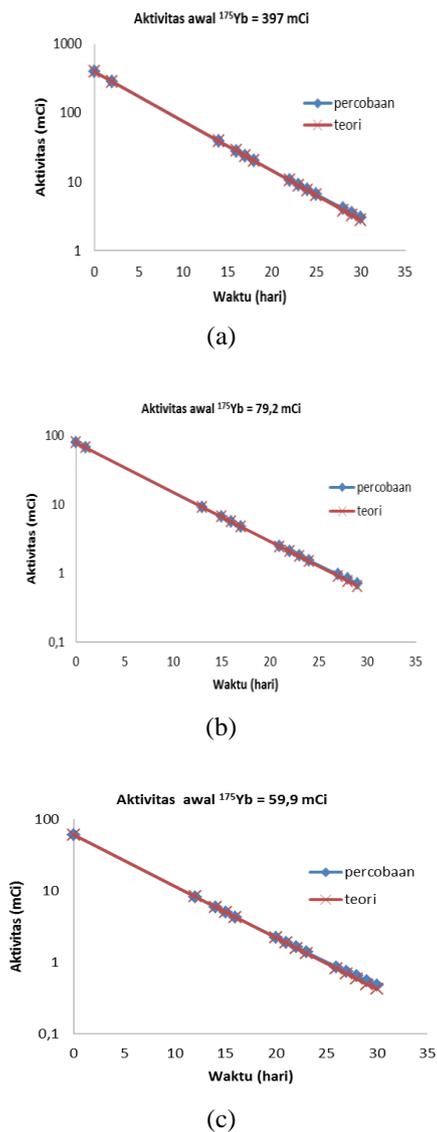
menggunakan sumber standar radionuklida ^{137}Cs berdasarkan pada Gambar 3 diperoleh nilai kestabilan sebesar 0,29%. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa *dose calibrator* Capintec CRC-55tR memiliki kestabilan pengukuran yang tinggi (0,08 – 0,29%) dan memenuhi batas yang dipersyaratkan, yaitu sebesar $\pm 2\%$ [17].



Gambar 3. Hasil uji kestabilan pengukuran aktivitas sumber standar radionuklida ^{137}Cs dalam waktu 8 hari.

Untuk membuktikan bahwa hasil pengukuran berbagai variasi aktivitas larutan radioaktif pada *dose calibrator* Capintec CRC-55tR adalah linear, maka dilakukan uji linearitas. Uji linearitas pengukuran aktivitas ditentukan dengan menggunakan radioisotop yang memiliki waktu paro pendek, seperti $^{99\text{m}}\text{Tc}$, $^{113\text{m}}\text{In}$, ^{131}I dan ^{18}F [1,12]. Pada penelitian ini, uji linearitas ditentukan berdasarkan metode peluruhan menggunakan radioisotop iterbium-175 (^{175}Yb) dengan berbagai aktivitas yang terukur dibandingkan dengan nilai aktivitas secara teori (aktivitas sebenarnya) pada setiap pengukuran selama ± 30 hari. Nilai linearitas yang dipersyaratkan dalam pengukuran aktivitas menggunakan alat *dose calibrator* adalah sebesar $\pm 5\%$ [17].

Uji linearitas pengukuran aktivitas radioisotop ^{175}Yb pada berbagai aktivitas awal diperlihatkan pada Gambar 4. Pada Gambar 4 terlihat bahwa pengukuran radioisotop ^{175}Yb selama ± 30 hari pada berbagai aktivitas awal diperoleh hasil yang linear dan nilai aktivitas yang terukur mendekati nilai aktivitas secara teori (aktivitas sebenarnya). Nilai linearitas hasil pengukuran radioisotop ^{175}Yb pada berbagai aktivitas awal ditunjukkan pada Tabel 5.



Gambar 4. Hasil uji linearitas pengukuran aktivitas radioisotop ^{175}Yb pada berbagai aktivitas awal (a). 397 mCi; (b). 79,2 mCi; (c). 59,9 mCi.

Tabel 5. Nilai linearitas hasil pengukuran aktivitas radioisotop ^{175}Yb selama ± 30 hari.

Aktivitas awal (mCi)	Linearitas (%)
397	1,97
79,2	2,26
59,9	4,20

Hasil pengukuran radioisotop ^{175}Yb selama ± 30 hari pada berbagai aktivitas awal seperti terlihat pada Tabel 5 diperoleh nilai linearitas sebesar 1,97 – 4,20%. Berdasarkan hasil

tersebut menunjukkan bahwa *dose calibrator* Capintec CRC-55tR memiliki linearitas pengukuran yang tinggi dan memenuhi batas yang dipersyaratkan, yaitu sebesar $\pm 5\%$ [17].

4. KESIMPULAN

Evaluasi terhadap kinerja *dose calibrator* Capintec CRC-55tR diperoleh presisi, akurasi, kestabilan dan linearitas yang tinggi, yaitu nilai presisi sebesar 0,010 – 0,127%, akurasi sebesar -4,43 sampai -2,40%, kestabilan sebesar 0,08 - 0,29% dan linearitas sebesar 1,97 – 4,20%. Berdasarkan hasil evaluasi, *dose calibrator* Capintec CRC-55tR memiliki kinerja yang baik, sehingga hasil pengukuran aktivitas radioisotop ^{175}Yb menggunakan alat tersebut dapat dipercaya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- IAEA, "Quality Control of Nuclear Medicine Instruments" (TECDOC-602), IAEA, Vienna (1991).
- JACOBSON A.F., CENTOFANTI R., BABALOLA O.I., DEAN B., Survey of the performance of commercial dose calibrators for measurement of ^{123}I activity, J. Nucl. Med. Technol., 39(2011) 302 – 306.
- SIEGEL J.A., ZIMMERMAN B.E., KODIMER K., DELL M.A., Accurate dose calibrator activity measurement of ^{90}Y -Ibritumomab Tiuxetan, J. Nucl. Med., 45(2004) 450-454
- Veenstra Instruments
Available: <http://www.DoseCalibrator.Com>, diakses 13-05-2013
- STRIGARI L., BENASSI M., FELICE P.D., D'ANDREA M., FAZIO A., NECONTINI S., D'ANGELO A., CECCATELLI A., Comparison of methods to determine accurate dose calibrator activity measurements, J. Exp. Clin. Res., 27(14)(2008) 1-6.
- VALLEY J.F., BULLING S., LERESCHE M., and WASTIEL C., Determination of Efficiency of Commercially Available Dose Calibrators for β -Emitters, J. Nucl. Med. Technol., 31(2003) 27-32.
- WASTIEL C., VALLEY J.F., DELALOYE A.B., LERESCHE M., LINDER R., SASSOWSKY M., BOCHUD F.O., Intercomparison of Activity Measurements for β -Emitters in

- Swiss Nuclear Medicine Laboratories, J. Nucl. Med. Technol., 33(2005) 238-242.
8. **GAYANI D.**, Instrumentasi Nuklir dan Reaktor, Coaching Radioisotop dalam Farmasi dan Kedokteran, 4 Mei – 31 Juli 2009.
 9. **BESSA A.C.M., COSTA A.M., CALDAS L.V.E.**, Survey on quality control of radiopharmaceutical dose calibrators in nuclear medicine units in the city of Sao Paulo, SP, Brazil, Radiol. Bras., 41(2) (2008) 115 – 118.
 10. Capintec CRC-55t Owner's Manual, 2011.
 11. **CHAKRABORTY S., DAS T., BANERJEE S., SUBRAMANIAN S., SARMA H.D., VENKATESH M.**, ¹⁷⁵Yb-labeled hydroxyapatite: a potential agent for use in radiation synovectomy of small joints, J. Nucl. Med. Biol., 33(2006) 585-591.
 12. **AAPM**, "The Selection, Use, Calibration and Quality Assurance of Radionuclide Calibrators Used in Nuclear Medicine" (AAPM Report No. 181), American Association of Physicists in Medicine (June, 2012).
 13. **CONCEICAO F.M., ANTONIO M.A., FLAVIO P.B., AKIRA I., RICARDO A.L., FABIANA F.L., MERCIA O.**, Comparison of activity measurements in nuclear medicine services in Pernambuco, Alasbimn Journal, 13(50)(2010) 1-7.
Available: <http://alabimnjournal.cl-Article-AJ50-4>.
 14. **ASSAN B., ADDISON E.K.T., HASFORD F., SOSU E.**, Calibration and effective use of a Dose Calibrator, International J. Sci. Tech., 2(6)(2012) 395-400.
 15. **ANONYMOUS**, Dose Calibrator Quality Control, Philippine Nuclear Research Institute, Department of Science and Technology, NRLSD BULLETIN 93-04, (June 1993).
 16. **ZANZONICO P.**, Routine quality control of clinical nuclear medicine instrumentation: A brief Review, J. Nucl. Med., 49(2008) 1114-1131.
 17. **IAEA**, "Quality Assurance for Radioactivity Measurement in Nuclear Medicine" (Technical Reports Series No. 454), IAEA, Vienna (2006).

DISKUSI

Triana Widyaningrum

Apakah evaluasi ini diperlukan untuk menentukan faktor?

Azmairit Aziz

Ini merupakan alat baru. Sesuai ketentuan, alat baru harus dievaluasi kinerjanya.