



## Pengujian Presisi Pada Alat Ukur Radiasi *Dose Calibrator* Menggunakan Sumber Teknesium-99m di Instalasi Kedokteran Nuklir Rumah Sakit Abdoel Wahab Sjahrani Samarinda

Fahira Mutya Mutmainna<sup>1,\*</sup>, Retno Zurma<sup>2</sup>, Pratiwi Sri Wardani<sup>1</sup>, Erlinda Ratanasari Putri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman

JL Gunung Kelua No.4, Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

<sup>2</sup>Instalasi Kedokteran Nuklir, RSUD Abdoel Wahab Sjahrani

JL. Palang Merah No. 1, Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia

\*E-mail korespondensi: [fahiramutya2908@gmail.com](mailto:fahiramutya2908@gmail.com)

### Article Info:

Received: 19-12-2022

Revised: 10-01-2023

Accepted: 05-06-2024

### Keywords:

Dose calibrator;

Precision;

Dosimeters;

### Abstract

*Dose Calibrator is one of the dosimeters used to measure radionuclide activity before being given to patients. In order to function as a radiation dosimeter, the dose calibrator must have several good dosimeter properties such as precision and stability. To test the dose calibrator, a source used by the hospital is required. One isotope that is widely used in the field of nuclear medicine, namely Tc-99m. The research steps this time are: firstly the elution performed by radiopharmaceuticals, secondly measuring background activity (background), thirdly calling for Tc-99m sources, fourthly measuring Tc-99m activity, fifthly calculating Tc-99m activity for testing precision, and sixth evaluate the results. Based on the research results on the precision test, it was found that the measurement results for the Tc-99m source were obtained at 0.578%. It can be concluded that the Capintec CRC 25R dose calibrator has good characteristics and performance, so that the measurement results can be trusted.*



## PENDAHULUAN

Bidang Kedokteran Nuklir adalah spesialis kedokteran yang menggunakan energi radiasi terbuka dari inti nuklir untuk menilai fungsi organ, mendiagnosis, dan mengobati penyakit kanker [1]. Alat yang digunakan untuk diagnostik dan terapi adalah *Gamma Scanner* dan *Dose Calibrator*. *Dose Calibrator* adalah salah satu dosimeter yang digunakan untuk mengukur aktivitas radionuklida sebelum diberikan kepada pasien [2]. Untuk menguji *dose calibrator*, diperlukan sumber yang digunakan oleh rumah sakit. Salah satu isotop yang banyak digunakan di bidang kedokteran nuklir, yaitu Tc-99m.

Ada beberapa penelitian sebelumnya yang mengambil tema *dose calibrator*. [2] menyatakan bahwa hasil evaluasi *dose calibrator* Capintec CRC 55tR memiliki kinerja yang baik, sehingga hasil pengukuran aktivitas radioisotop Yb-175 menggunakan alat tersebut dapat dipercaya. Penelitian kedua dari [3] menyatakan bahwa setelah melakukan pengujian akurasi, presisi, reproduktivitas, dan linearitas terhadap kedua *dose calibrator* terdapat perbedaan aktivitas terukur untuk kedua *dose calibrator* sangat kecil. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kedalaman *floor* masing-masing alat radiasi. [3] menggunakan 3 jenis sumber, yaitu Co-57, Cs-137, dan Tc-99m. Penelitian ini juga menggunakan 2 jenis *dose calibrator* yang berbeda, yaitu Capintec CRC-25R dan VDR-15R. Penelitian ketiga dari [4] telah mendesain *micro dose calibrator* dan mengujinya dengan beberapa

uji. Penelitian ini menggunakan sumber Cs-137. Tiga penelitian referensi di atas memberikan hasil yang baik melalui uji presisi. Adapun kemungkinan menurun atau rendahnya presisi pada *dose calibrator*. Presisi yang tinggi dikaitkan dengan standar deviasi yang kecil. Apabila hasil pengukuran yang didapatkan nilai standar deviasinya besar maka, *dose calibrator* tidak memenuhi batas nilai *error* yang dipersyaratkan, yaitu  $\pm 1\%$ . Efek yang akan ditimbulkan bisa terjadinya salah pengukuran dosis yang akan di berikan kepada pasien dan tentu pula pengukuran yang didapatkan memiliki presisi yang rendah.

Pada Rumah Sakit Abdoel Wahab Sjahranie Samarinda, ada beberapa sumber radiasi yang diantaranya adalah Tc-99m. Belum ada penelitian yang dilakukan untuk menguji *dose calibrator* menggunakan sumber tersebut pada RSUD Abdoel Wahab Sjahranie Samarinda. Oleh karena itu, penulis melakukan pengujian terhadap alat ukur radiasi *dose calibrator* dengan menggunakan sumber-sumber yang dimiliki Instalasi Kedokteran Nuklir di RSUD Abdoel Wahab Sjahranie Samarinda, yaitu Tc-99m. Tujuannya, Mengetahui tingkat presisi pada alat radiasi *dose calibrator* di Instalasi Kedokteran Nuklir RSUD Abdoel Wahab Sjahranie Samarinda dan Mengetahui kestabilan pada alat radiasi *dose calibrator* di Instalasi Kedokteran Nuklir RSUD Abdoel Wahab Sjahranie Samarinda.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Dosimeter radiasi

Dosimeter radiasi adalah alat instrumen yang mengukur atau mengevaluasi baik secara langsung maupun tidak langsung jumlah radiasi pengion yang terkait. Dosimeter dengan pembacaannya disebut juga sebagai sistem dosimetri. Agar alat radiasi berfungsi sebagai dosimeter radiasi, alat radiasi harus memiliki setidaknya satu sifat fisik yang merupakan fungsi dari kuantitas dosimetri yang diukur dan yang dapat digunakan untuk dosimetri radiasi dengan kalibrasi yang tepat. Agar alat radiasi dapat berguna, alat radiasi harus memenuhi beberapa karakteristik yang diinginkan yaitu presisi [5].

Adapun sifat dosimetri radiasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu presisi. Kepresisian dari suatu sistem pengukuran adalah suatu pengulangan pengukuran dalam kondisi yang tidak berubah sehingga mendapatkan hasil yang sama [2]. Presisi yang tinggi dikaitkan dengan standar deviasi yang kecil dari suatu pengukuran [5]. Nilai presisi yang dipersyaratkan dalam pengukuran aktivitas menggunakan alat radiasi *dose calibrator* sebesar  $\pm 1\%$ . Untuk menilai presisi pada alat radiasi dapat menggunakan rumus:

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

### Dose calibrator

*Dose calibrator* beroperasi di dalam tabung ionisasi, ini berarti bahwa semua elektron primer dibuat di ruang *dose calibrator* menuju keanoda tanpa amplifikasi gas. *Dose calibrator* adalah alat instrumen yang jumlah elektronnya menuju ke anoda per detik yang diintegrasikan dari waktu ke waktu, sehingga mencapai pembacaan yang stabil selama 1 atau 2 detik [6].

Di dalam *dose calibrator* terdapat anoda dan katoda dengan tegangan sekitar 150 Volt (V). Biasanya, ruang ionisasi berisi udara atau gas argon di bawah tekanan tinggi (12 atau lebih atm) yang meningkatkan kemungkinan interaksi sinar gamma dengan gas. *Dipper* digunakan sebagai tempat atau wadah untuk meletakkan sumber ke dalam ruang ionisasi yang berbentuk silinder yang dikelilingi oleh kamar gas. Bagian luar ruangan dilindungi oleh silinder timah yang berguna untuk mencegah sumber radiasi eksternal berkontribusi pada pengukuran dan melindungi area pembulatan dari sumber yang diukur. Perisai ini dapat menyebabkan beberapa sinar gamma terhambur ke dalam kamar gas, yang meningkatkan arus ionisasi saat hadir dibandingkan saat tidak ada. *Dose calibrator* dikalibrasi agar hasil bacaannya sesuai dengan standar dan hasilnya akurat [6].



**Gambar 1. Dose calibrator dengan Pelindung Ruang Ionisasi dengan Dipper di Bagian Atas, serta Pembacaan Elektronik (dokumentasi pribadi)**

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian kuantitatif, yaitu menganalisis hasil pengukuran pada sumber Tc-99m dengan menggunakan uji presisi. Penelitian ini dilaksanakan mulai pada bulan Juni 2022 dan selesai pada bulan September 2022. Pengambilan data penelitian ini di Instalasi Kedokteran Nuklir RSUD Abdoel Wahab Sjahranie Samarinda. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Fisika Dasar, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman. Alat yang digunakan yaitu *dose calibrator* Capintec CRC-25R dan *dipper*. Bahan yang digunakan adalah Tc-99m.

Adapun langkah-langkah penelitian kali ini yaitu: pertama elusi yang dilakukan oleh radiofarmaka, kedua melakukan pengukuran aktivitas *background* (latar belakang), ketiga pemanggilan untuk sumber Tc-99m, keempat melakukan pengukuran aktivitas Tc-99m, kelima perhitungan aktivitas Tc-99m untuk uji presisi, dan keenam mengevaluasi hasil.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Radionuklida yang digunakan pada penelitian kali ini, yaitu Teknesium-99m (Tc-99m). Radionuklida ini bersifat cair yang dimasukkan ke dalam jarum suntik. Sebelum melakukan pengukuran terlebih dahulu melakukan elusi yang dilakukan oleh radiofarmaka. Pada penelitian ini dosis radionuklida yang digunakan selama 5 hari berbeda-beda. Tabel 1 dibawah ini menampilkan sumber Tc-99m selama 5 hari.

**Tabel 1. Sumber Tc-99m Selama 5 hari**

Pengambilan data hari ke-n	Aktivitas Tc-99m (mCi)
1	2,47
2	2,45
3	2,45
4	2,40
5	2,48

Berdasarkan Tabel 2 yang merupakan data pengukuran sumber Tc-99m untuk uji presisi pada aktivitas terukur mengalami fluktuasi (naik turun) dan pada aktivitas rata-rata cenderung menurun.

Gambar 2 di bawah ini adalah salah satu sumber radionuklida Tc-99m yang digunakan pada penelitian



**Gambar 2.** Salah satu sumber radionuklida Tc-99m

Tabel 2 di bawah ini menampilkan data pengukuran sumber radionuklida Tc-99m untuk uji presisi.

**Tabel 2.** Data Pengukuran Sumber Radionuklida Tc-99m untuk Uji Presisi

Pengambilan Data Ke-n	Aktivitas Background (mCi)	Aktivitas Terukur (mCi)	Aktivitas Rata-rata (mCi)
1	0,00355	2,31	2,34
		2,36	
		2,35	
		2,35	
		2,34	
		2,34	
2	0,00355	2,31	2,33
		2,34	
		2,34	
		2,33	
		2,31	
3	0,00355	2,32	2,33
		2,39	
		2,32	
		2,31	
		2,32	
4	0,00355	2,32	2,31
		2,28	
		2,33	
		2,30	
		2,30	
5	0,00355	2,32	2,31
		2,32	
		2,31	
Rata-rata			2,33

Berdasarkan Tabel 2 yang merupakan data pengukuran sumber Tc-99m untuk uji presisi pada aktivitas terukur mengalami fluktuasi (naik turun) dan pada aktivitas rata-rata cenderung menurun.

Tabel 3 di bawah ini menampilkan data sumber radionuklida Tc-99m untuk uji presisi.

**Tabel 3. Data Sumber Radionuklida Tc-99m untuk Uji Presisi**

Penganbilan data ke-n	aktivitas rata-rata (mCi)	Presisi (%)
1	2,34	0,862
2	2,33	0,431
3	2,33	0,431
4	2,31	-0,431
5	2,31	-0,431
Rata-rata	2,33	

Berdasarkan Tabel 3 yang merupakan nilai presisi pada sumber Tc-99m. Pada aktivitas rata-rata mengalami penurunan. Nilai presisi hasil pengukuran aktivitas sumber Tc-99m diperoleh presisi sebesar 0,578%.

### Pembahasan

Radionuklida Tc-99m memiliki waktu paruh yang pendek, yaitu 6,03 jam dan memiliki energi sebesar 140,5 keV. Pada radionuklida Tc-99m terjadi proses interaksi foton dengan materi, yaitu efek fotolistrik dan hamburan Compton. Kedua efek tersebut terjadi pada sepanjang proses peluruhan dari Mo-99, Tc-99m, Tc-99 hingga menjadi Ru-99 yang stabil dengan meluruh melalui *isomeric transition* (IT). Selain efek tersebut, radionuklida Tc-99m juga terjadi interaksi radiasi elektron ketika mengenai materi, yaitu proses eksitasi. salah satu elektron yang berada di lintasan luar akan berpindah mengisi kekosongan di lintasan yang lebih dalam sambil memancarkan sinar-X karakteristik.

Berdasarkan hasil diatas, *dose calibrator* Capintec CRC 25R untuk sumber Tc-99m memiliki presisi yang tinggi dan memenuhi batas nilai *error* yang dipersyaratkan, yaitu  $\pm 1\%$ . Maka dari itu, *dose calibrator* Capintec CRC 25R dapat digunakan untuk mengukur sumber secara berulang dalam kondisi yang tidak berubah dan mendapatkan hasil yang sama.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang didapatkan, dapat disimpulkan bahwa pengujian karakteristik alat radiasi *dose calibrator* menggunakan sumber Tc-99m diperoleh presisi yang tinggi sebesar 0,578%. Berdasarkan hasil evaluasi, *dose calibrator* Capintec CRC 25R memiliki presisi tinggi dan kinerja yang baik, sehingga hasil pengukuran tersebut dapat dipercaya.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada Universitas Mulawarman, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan kepada RSUD Abdoel Wahad Sjahranie terkhusus kepada Ibu Retno Zurma, M.Si yang telah memberikan ilmu dan bimbingan selama penelitian ini. Selain itu, ucapan terima kasih juga kepada Bapak Dr. Adrianus Inu Natalisanto, M.Si dan Ibu Devina Rayzy Perwitasari Sutaji Putri, S.Si., M.Sc selaku dosen penguji atas sarannya sebagai arahan kepada penulis dalam penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afismi. (2021). *Aliansi Fisikawan Medik Indonesia (AFISMI)*. <https://www.afismi.org/tentang-fisika-medis>.

- [2] Aziz, A. (2013). *Evaluasi Kinerja Dose Calibrator Capintec CRC-55 R untuk Pengukuran Aktivitas Radioisotop Yb-175*. Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Nuklir. 4(1), 53-60.
- [3] Assan, B., Addison, E., Hasford, F., & Sosu, E. (2012). *Calibration and Effective Use of a Dose Calibrator*: International Journal of Science and Technology. 2(6), 395-400.
- [4] Adler, S., Choyke, P. (2018). *Design And Performance Of The Micro-dose Calibrator*: Physics in Medicine & Biology. 3(6). 1-12.
- [5] Podgorsak, E.B. (2005). *Radiation Oncology Physics: A handbook for teachers and students*. Australia: IAEA
- [6] Prekeges, J. (2009). *Nuclear Medicine Instrumentation In Medical Devices and Systems*: Jones & Bartlett Learning.