



Pengaruh Penurunan Aktivitas Cobalt-57 Terhadap QC (*Quality Control*) Harian SPECT (*Single Photon Emission Computed Tomography*) di Instalasi Kedokteran Nuklir RSUD A. W Sjahranie Samarinda

Siti Nur Khalisha¹, Retno Zurma², Sahara Hamas Intifadhah¹, Rahmawati Munir¹, Erlinda Ratnasari Putri^{1,*}

¹⁾ Program Studi Fisika, Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Mulawarman

²⁾ Instalasi Kedokteran Nuklir, RSUD A. W Sjahranie Samarinda

Jln. Barong Tongkok, Gn. Kelua, Kec. Samarinda Ulu, Kota Samarinda, 75242, Kalimantan Timur, Indonesia

*E-mail korespondensi: erlinda.putri@fmipa.unmul.ac.id

Abstract

The utilization of radiation in the field of nuclear medicine uses several main tools, one of them is the gamma camera. In its use, the gamma camera must always be in prime condition in accordance with the regulation of the Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) No. 17 of 2012. To ensure that the gamma camera is always in prime condition, it is necessary to carry out several QCs (Quality Control) within a certain period of time with reference to international standards and recommendations from manufacturers. QC results show the measured value still within the required range (acceptance criteria), so it can be said that the gamma camera is in prime condition and ready to be used. The Nuclear Medicine Installation of RSUD A. W Sjahranie Samarinda use Cobalt-57 flood source plates to measure extrinsic uniformity during daily QC. This study used data in the form of tables of extrinsic calibration measurements and verification measurements as well as graphs of Cobalt-57 activity against QC time with extrinsic calibration methods and verification measurements were shown in this study. The conclusion is the lower the activity, the longer the QC times. Besides, the QC times based on the extrinsic calibration and verification measurements are not much different.

Keywords: Cobalt-57, Extrinsic calibration, QC, SPECT

PENDAHULUAN

Pemanfaatan radiasi dalam bidang kedokteran di rumah sakit sudah menjadi bidang khusus dan pada saat ini bidang kedokteran yang memanfaatkan radiasi dibagi lagi menjadi tiga bidang keilmuan, yaitu radiodiagnostik, radioterapi dan kedokteran nuklir. Alat utama yang digunakan, yaitu CT-Scan, LINAC (*Linear Accelerator*), dan kamera gamma. Perangkat kamera gamma pada saat ini berkembang pesat dengan berbagai model dan bentuk, di antaranya yaitu kamera gamma satu kepala (*single head*), kamera gamma dua kepala (*dual*

head), dan kamera gamma tiga kepala (*triple head*). Model pencitraan kamera gamma ada dua macam, yaitu model pencitraan planar statik dan SPECT (*Single Photon Emission Computed Tomography*).

Dalam penggunaannya, kamera gamma harus selalu dalam kondisi prima saat digunakan sesuai dengan peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) No.17 Tahun 2012. Untuk memastikan kamera gamma selalu dalam kondisi prima, maka perlu dilakukan beberapa QC (*Quality Control*) dalam jangka waktu tertentu dengan mengacu pada standar internasional dan rekomendasi dari pabrikan. QC adalah Hasil QC menunjukkan nilai terukur masih dalam kisaran yang dipersyaratkan (*acceptance criteria*), sehingga dapat dikatakan kamera gamma dalam kondisi prima dan siap digunakan.

Ada beberapa penelitian sebelumnya yang meneliti tentang QC kamera gamma. [1] menyatakan bahwa QC mendeteksi perubahan kinerja kamera gamma dapat mempengaruhi interpretasi hasil QC. Instalasi Kedokteran Nuklir menggunakan pelat *flood source* Cobalt-57 untuk mengukur keseragaman ekstrinsik selama QC harian. Setiap sumber radioaktif, ketika ditempatkan di bagian atas detektor terkolimasi, memungkinkan perolehan gambar yang seragam dari kedua detektor, sehingga mengurangi jumlah waktu yang dibutuhkan untuk melakukan QC harian.

[2] juga menyatakan bahwa QC kamera gamma dengan sistem SPECT sangat berguna untuk karakteristik QC. Hal ini dicapai dengan melaporkan karakteristik kinerja kamera gamma dengan kalibrasi instrinsik dan pengukuran verifikasi. Kalibrasi instrinsik dilakukan tanpa kolimator dan pengukuran verifikasi dilakukan untuk memverifikasi hasil QC yang didapatkan. Penelitian tersebut menggunakan data dari kamera gamma dengan sumber radioaktif berupa Tc-99m untuk mengetahui keseragaman integral untuk *Central Field Of View* (CFOV) dan *Useful Field Of View* (UFOV). Parameter tersebut harus berada pada kisaran yang dapat diterima (*acceptance criteria*) untuk mengetahui kinerja kamera gamma bekerja dengan baik. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengkaji penurunan aktivitas Cobalt-57 yang mempengaruhi waktu QC harian SPECT berdasarkan hasil waktu kalibrasi ekstrinsik dengan hasil waktu pengukuran verifikasi.

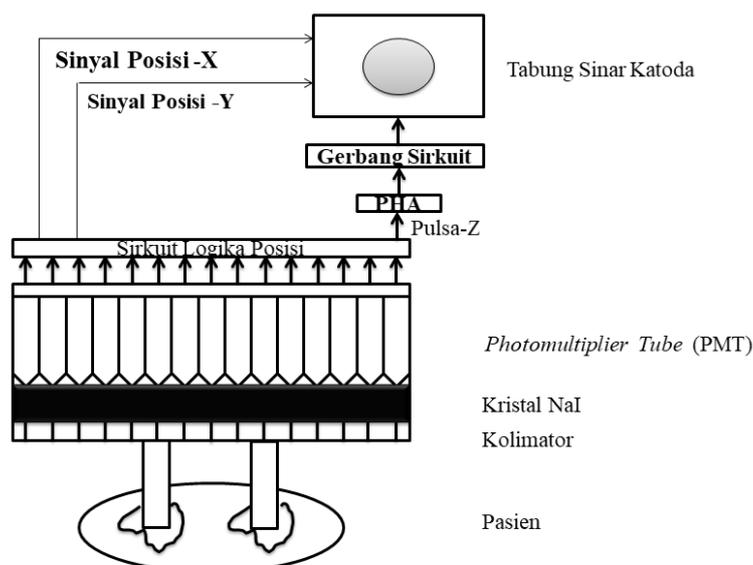
TINJAUAN PUSTAKA

Kamera Gamma

Hal Anger melakukan studi tentang pencitraan medis dari tahun 1952 hingga 1958. Ia secara bertahap mengembangkan kamera sintilasi yang juga dikenal sebagai kamera Anger. Pengembangan kamera gamma menghasilkan sistem kamera gamma dengan *output* citra tiga dimensi. SPECT (*Single Photon Emission Computed Tomography*) dan PET (*Photon Emission Tomography*) menggunakan teknologi ini. Dalam sistem SPECT, kamera sintilasi yang dipasang di sekitar tubuh pasien terhubung ke sistem komputer. Prinsip dasar sistem ini bergantung pada konsep kamera berputar yang mengumpulkan citra planar saat kamera mengelilingi pasien dengan sudut 180° atau 360° . Tujuan utama dari kamera gamma bersistem SPECT adalah untuk proses *scan* otak, pernafasan, hati dan ginjal. Ini digunakan untuk studi klinis yang menghasilkan citra yang lebih baik dan membuat diagnosis lebih mudah. Sistem SPECT lebih sensitif daripada kamera gamma biasa, sehingga memerlukan dukungan teknis khusus [2].

Bagian-Bagian Kamera Gamma

Kamera gamma terdiri dari banyak bagian, masing-masing bagian melakukan fungsi khusus dalam mengubah sinar gamma menjadi citra cahaya dan akhirnya didapatkan citra tampilan yang sesuai. Komponen dasar kamera gamma adalah kolimator, Kristal NaI (*sodium iodide*), tabung PMT *photomultiplier*, dan rangkaian logika posisi yang dapat dilihat pada Gambar 1 [2].



Gambar 1. Prinsip Dasar dan Komponen Kamera Gamma [2]

Kajian keseragaman entrinsik kamera gamma dengan sistem SPECT disajikan sebagai indeks QC. Pengukuran keseragaman merupakan salah satu bagian dari QC kamera gamma. Pengukuran keseragaman dapat berupa intrinsik atau ekstrinsik. Pengukuran intrinsik dilakukan tanpa kolimator sedangkan pengukuran ekstrinsik dilakukan dengan kolimator. Ini adalah salah satu tes utama yang dilakukan pada kamera gamma. *Extrinsic flood uniformity* adalah bagian dari program QC departemen Kedokteran Nuklir yang memastikan standar efisiensi dan penggunaan yang tinggi dalam penggunaan kamera gamma. Dengan demikian, kegiatan ini dilakukan untuk menghindari perubahan kinerja sistem kamera gamma yang mungkin mempengaruhi interpretasi hasil pemeriksaan kamera gamma [2].

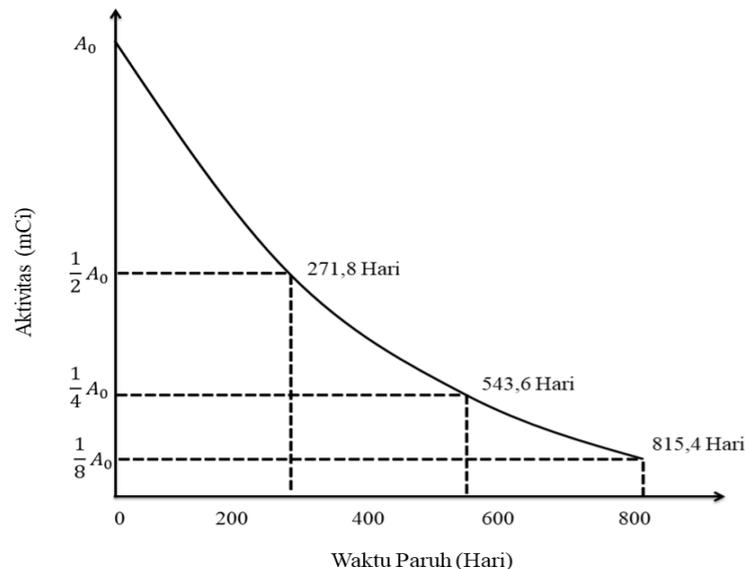
QC (Quality Control)

Kamera gamma harus selalu dalam kondisi prima saat digunakan sesuai dengan peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) No.17 Tahun 2012. Untuk memastikan kamera gamma selalu dalam kondisi prima, maka perlu dilakukan beberapa QC dalam jangka waktu tertentu dengan mengacu pada standar internasional dan rekomendasi dari pabrikan. Menganalisis hasil dari QC test yang telah dilakukan adalah cara untuk mengetahui kondisi dan performa kamera gamma. Pengujian QC yang dilakukan meliputi pengujian resolusi energi intrinsik, pengujian keseragaman medan aliran intrinsik, pengujian linearitas spasial intrinsik, pengujian resolusi spasial sistem, dan pengujian pusat rotasi. Hasil uji QC menunjukkan nilai terukur masih dalam kisaran yang dipersyaratkan, sehingga dapat dikatakan kamera gamma dalam kondisi prima dan siap digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 [3].

Quality control (QC) atau tes rutin adalah tes yang harus dilakukan secara teratur untuk memastikan kinerja optimalnya setiap saat dan untuk menentukan tingkat kerusakan pada instrumen kinerja tersebut hingga seiring waktu. Tes tersebut terbagi dalam dua kategori, yang pertama, yaitu pengujian yang sebelumnya telah dilakukan sebagai pengujian referensi dan diulang setiap minggu, bulanan, triwulanan, tahunan, dan lain sebagainya. Kedua, pemeriksaan harian atau operasional yang dilakukan setiap hari instrumen digunakan. QC harus selalu dijalankan berdasarkan protokol yang telah ditetapkan. Tes pada QC harus bersifat sederhana sehingga dapat diselesaikan dalam waktu singkat, misalnya 15 menit untuk kamera sintilasi. Jadwal QC harus diatur sedemikian rupa dan mempertimbangkan keadaan di Instalasi Kedokteran Nuklir masing-masing rumah sakit. Para staf yang bekerja di instalasi tersebut harus waspada dalam melakukan uji ini [4].

Aktivitas Radioaktif

Penyelidikan awal oleh Becquerel, pasangan Curie dan juga oleh Rutherford dan Soddy telah menunjukkan bahwa aktivitas sumber radioaktif berkurang selama periode waktu yang berbeda untuk setiap zat. Waktu yang diperlukan untuk aktivitas turun menjadi setengah dari aktivitas awal sumber radioaktif disebut dengan waktu paruh (*half life*). Namun, aktivitas tidak turun pada tingkat yang tetap. Ini bukan berarti aktivitas akan turun menjadi nol setelah dua waktu paruh. Sebaliknya, aktivitas turun pada tingkat yang semakin menurun sehingga setiap awal waktu, aktivitas akan menjadi setengah dari aktivitas awal dapat dilihat pada Gambar 2 [5].



Gambar 2. Peluruhan Eksponensial Aktivitas [5].

Aktivitas radiasi menyatakan jumlah peluruhan yang terjadi per detik. Aktivitas tidak berhubungan dengan jenis radiasi dan energi radiasi, namun hanya berhubungan dengan jumlah peluruhan per satuan waktu. Jika aktivitas awal suatu nuklida adalah A_0 , maka setelah beberapa detik, aktivitasnya menjadi A_t yang dituliskan pada persamaan 1 [6] :

$$A_t = A_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad (1)$$

waktu paruh, yaitu interval waktu aktivitas sehingga berkurang menjadi setengahnya. Waktu paruh secara simbolik dituliskan $T_{1/2}$ seperti pada persamaan 2 [7]

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{\lambda} \quad (2)$$

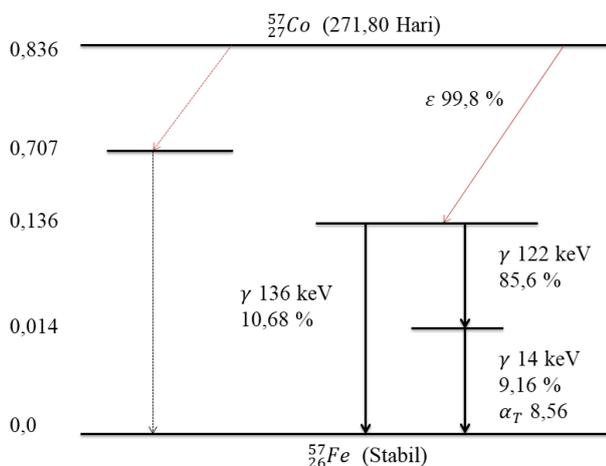
Sumber Radioaktif Cobalt-57

Pemilihan radionuklida Cobalt-57 sebagai pengganti Tc-99m berdasarkan pada banyaknya kebutuhan radionuklida tersebut pada kedokteran nuklir untuk kalibrasi alat ukur aktivitas. Tc-99m memiliki waktu paruh pendek, yaitu 6,02 jam sedangkan Cobalt-57 memiliki waktu paruh 271,8 hari. Cobalt-57 merupakan sumber radioaktif yang mendekati energi Tc-99m, yaitu 122 keV dan 140 keV dan merupakan radionuklida yang aman digunakan untuk QC harian [8].



Gambar 3. Sumber radioaktif Cobalt-57 (Didokumentasikan di RSUD A. W Sjahranie Samarinda)

Warna merah menunjukkan bahwa inti meluruh dengan penangkapan elektron atau emisi positron. Dalam hal ini semua inti meluruh dengan penangkapan elektron karena nilai Q yaitu ($Q = 0,836$ MeV) tidak cukup tinggi untuk peluruhan β^+ (energi ambang untuk emisi positron adalah $1,022$ MeV). Transisi yang paling mungkin dari inti Cobalt-57 melalui penangkapan e^- ke keadaan tereksitasi Fe pada nilai Q , yaitu $0,136$ MeV. Dari level ini Cobalt-57 terus mengalami peluruhan dengan transisi internal yang memancarkan γ foton dengan energi 122 keV ($85,6\%$) dan 14 keV, atau melalui emisi foton 136 keV ($10,68\%$) yang mengarah langsung ke *ground state* Fe-57. Simbol (e^-) menunjukkan bahwa transisi dari level pada 14 keV didominasi melalui penangkapan elektron (koefisien konversi T adalah $8,56$) dapat dilihat pada Gambar 4 [9].



Gambar 4. Skema Peluruhan Cobalt-57 [9].

METODE PENELITIAN

Pada prosedur penelitian ini diawali dengan menghitung Sisa Aktivitas Cobalt-57 untuk mengetahui sisa aktivitas Cobalt-57 dengan menggunakan persamaan 1 berdasarkan sertifikat Cobalt-57, kemudian dinyalakan SPECT dengan menekan tombol *power*. Selanjutnya dilakukan langkah-langkah yang terdapat pada layar monitor SPECT, kemudian dinyalakan set *computer* SPECT dengan menekan tombol *power* pada set *computer* SPECT, dan dilakukan tahapan-tahapan yang terdapat pada layar SPECT. Untuk melakukan QC harian, dipilih menu *daily* QC pada komputer SPECT, dilanjutkan dengan meletakkan *holder* pada detektor 2 dengan posisi seimbang dengan mengamati titik seimbang pada *holder*, kemudian diletakkan Cobalt-57 di atas *holder*. Setelah itu, dilakukan pengukuran waktu QC dengan metode kalibrasi ekstrinsik dan pengukuran verifikasi secara bersamaan dengan menggunakan *stopwatch* saat dimulai QC.

Pengambilan data dilakukan sebanyak 10 hari, kemudian dianalisis waktu hasil kalibrasi ekstrinsik dengan hasil waktu pengukuran verifikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

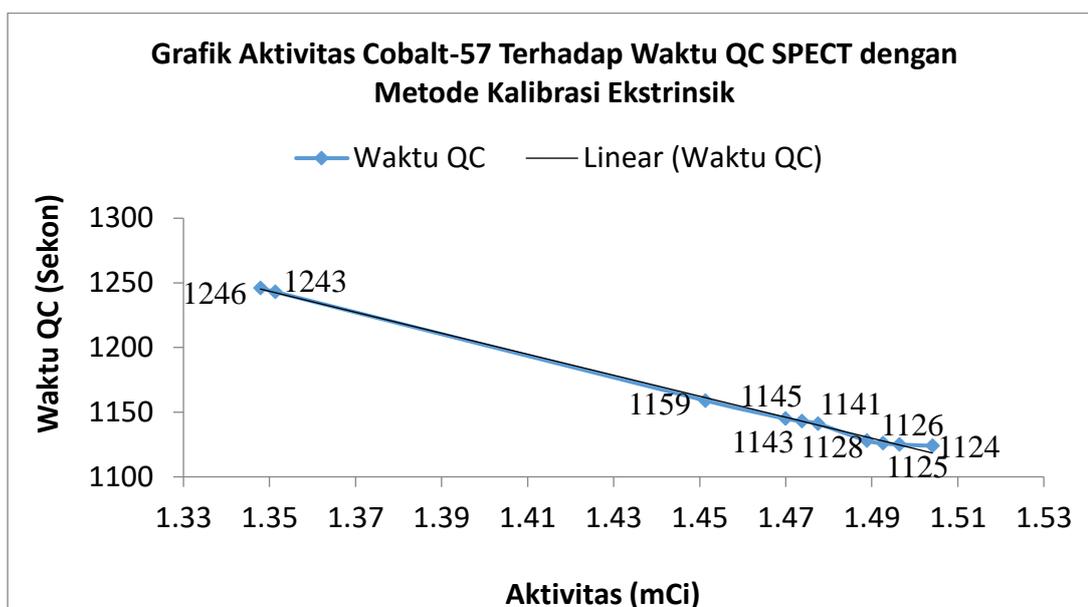
Data penelitian diperoleh melalui 3 tahapan, yaitu dengan perhitungan, pengukuran dan analisis data. Aktivitas sumber Cobalt-57 dihitung dengan rumus sisa aktivitas berdasarkan persamaan 1 berdasarkan sertifikat Cobalt-57 referensi tanggal 01 Juni 2020. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan data waktu QC menggunakan metode kalibrasi ekstrinsik dan pengukuran verifikasi. Metode kalibrasi ekstrinsik dilakukan menggunakan komputer SPECT sedangkan pengukuran verifikasi menggunakan *stopwatch*. Adapun hasil pengukuran kalibrasi ekstrinsik dan pengukuran verifikasi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kalibrasi Ekstrinsik dan Pengukuran Verifikasi

No.	Aktivitas Sumber (Cobalt-57) saat akan digunakan (mCi)	Waktu Yang Dibutuhkan Untuk QC (s)	
		Kalibrasi Ekstrinsik	Pengukuran Verifikasi
1.	1,50	1.124,00	1.124,15
2.	1,50	1.125,00	1.125,20
3.	1,49	1.126,00	1.126,78
4.	1,49	1.128,00	1.129,09
5.	1,48	1.141,00	1.141,34
6.	1,47	1.143,00	1.143,51
7.	1,47	1.145,00	1.145,30
8.	1,45	1.159,00	1.159,17
9.	1,35	1.243,00	1.243,17
10.	1,35	1.246,00	1.246,18

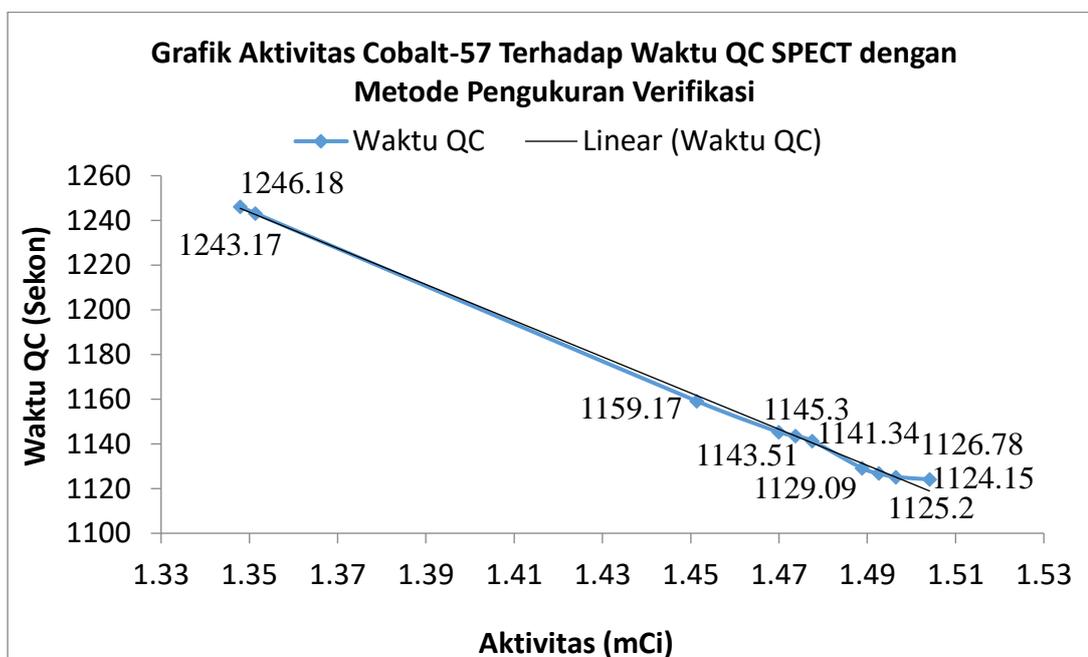
Tabel 1 diatas menunjukkan aktivitas sumber Cobalt-57 Cobalt-57 merupakan sumber radioaktif yang mengalami peluruhan setiap waktu sehingga dari data pertama dengan aktivitas 1,50 mCi hingga data kesepuluh aktivitas menjadi 1,35 mCi. Hal ini menunjukkan sifatnya sebagai sumber radioaktif yang dapat mengalami peluruhan [8]. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk QC selama pengukuran 10 kali pada kalibrasi ekstrinsik adalah 1.158 sekon dan pengukuran verifikasi senilai 1.158,39 sekon. Waktu kalibrasi ekstrinsik dan pengukuran verifikasi dengan *stopwatch* menyatakan waktu yang dibutuhkan untuk QC harian SPECT. Dari data tersebut terlihat bahwa semakin berkurang aktivitasnya, maka waktu yang dibutuhkan untuk QC juga semakin lama, baik waktu kalibrasi ekstrinsik maupun pengukuran verifikasi.

Gambar 5 menunjukkan grafik aktivitas Cobalt-57 terhadap waktu QC SPECT dengan metode kalibrasi ekstrinsik dan Gambar 6 menunjukkan grafik aktivitas Cobalt-57 terhadap waktu QC SPECT dengan metode pengukuran verifikasi. Kedua grafik berdasarkan data pada Tabel 1.



Gambar 5. Grafik Aktivitas Cobalt-57 Terhadap Waktu QC dengan Metode Kalibrasi Ekstrinsik

Pelaksanaan QC harian dilakukan dengan menggunakan *sheet* Cobalt-57 dengan aktivitas awal 10 mCi. Cobalt-57 memiliki waktu paruh 271,8 hari dengan energi yang mendekati energi Tc-99m. Peluruhan yang terjadi pada Cobalt-57 lebih lama dibandingkan Tc-99m yang memiliki waktu paruh 6 jam. Waktu paruh yang lama memberikan keuntungan dalam pelaksanaan QC harian karena saat pelaksanaan QC tidak terjadi peluruhan aktivitas yang drastis sehingga sinar gamma yang dipancarkan Cobalt-57 konstan dan waktu QC akan lebih singkat. *Sheet* Cobalt-57 yang digunakan pada penelitian ini telah memasuki hari ke-743 pada data pertama atau telah memasuki waktu paruh yang kedua lebih 72,4 hari. Sesuai dengan persamaan 2 didapatkan sisa aktivitas seperti pada Tabel 1.



Gambar 6. Grafik Aktivitas Cobalt-57 Terhadap Waktu QC dengan Metode Pengukuran Verifikasi

Dengan aktivitas Cobalt-57 yang semakin berkurang seiring berjalannya waktu, maka semakin berkurang pula pancaran sinar gamma yang dihasilkan. Pancaran sinar gamma yang sampai ke detektor dalam satu waktu juga berkurang. Foton yang dalam satu waktu dapat sampai beberapa foton ke detektor, namun karena berkurangnya aktivitas sehingga dalam satu waktu untuk 1 foton belum sampai ke detektor. Hal ini menyebabkan foton yang ditangkap detektor pada saat pelaksanaan QC membutuhkan waktu yang semakin lama.

KESIMPULAN

Penurunan aktivitas Cobalt-57 memengaruhi waktu QC, baik berdasarkan kalibrasi ekstrinsik maupun pengukuran verifikasi. Hasil yang didapatkan, yaitu semakin berkurang aktivitas, maka waktu QC semakin lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Instalasi Kedokteran Nuklir RSUD A. W Sjahranie Samarinda yang telah memberikan bantuan dalam pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Wagatsuma, K. Miwa, K. Akimoto, Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi, "*Technical features and roles of cobalt-57 flood sources for daily quality control of gamma cameras*". *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai zasshi*, 70(2), 148–153. Agustus, (2014).
- [2] M.R. Hasan, M.H.R. Khan, M.R. Rahman, M.S. Parvez, M.R. Islam, A.K. Paul, *Int. J. Med. Physics, Clin. Eng. Radiat. Oncol.* 225–232, Juni, (2017).
- [3] Badan Tenaga Nuklir Nasional, in: Badan Tenaga Nuklir Nasional, "*Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Fungsional Pengembangan Teknologi Nuklir IX* ", Jakarta, Januari, 2015.
- [4] International Atomic Energy Agency, "*Quality Control of Nuclear Medicine Instruments*", IAEA, Vienna, November, 1984.
- [5] R. Lawson, "*An Introduction to Radioactivity*", Chief Physicist Nuclear Medicine Department Manchester Royal Infirmary, Manchester, Oktober, 1999.
- [6] H.F. Attix, "*Introduction to Radiological Physics and Radiation Dosimetry*", Wiley-VCH Verlag GmbH & co. KGaA, Madison, Agustus, 1986.
- [7] M. Aziz, E. Hidayanto, D. Diah Dwiana Lestari, *J. Fisika, F. Sains dan Matematika*, U. Diponegoro, P. Sains dan Teknologi Nuklir Terapan -BATAN, *Youngster Phys. J.* " Penentuan Aktivitas ^{60}Co dan ^{137}Cs pada Sampel Unknown dengan Menggunakan Detektor HPGe", 189–196, April, (2015).
- [8] H. Candra, G. Wurdianto, H. Holnizar, *Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Standarisasi.*, hal. 65–74, Semarang, Oktober, 2019.
- [9] International Atomic Energy Agency, "*ANNUAL REPORT 2007 50 Years of Atoms for Peace*", New York, Desember, 2007.