

**PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF
YANG DIHASILKAN DARI PRODUK GENERATOR Tc – 99m**

Suhaedi Muhammad, Rimin Sumantri
PTKMR–BATAN

Rr. Djarwanti Rahayu Pipin Soedjarwo
PRR – BATAN

ABSTRAK

PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF YANG DIHASILKAN DARI PRODUK GENERATOR Tc-99m. Produk Generator Tc-99m yang digunakan di rumah sakit akan menghasilkan limbah radioaktif baik limbah padat terkompaksi berupa kolom Generator Tc-99m, botol vial, rangkaian *fluidpath* dan botol saline; limbah padat terbakar berupa kertas merang, sarung tangan (*hand gloves*), dan kardus (pembungkus vial dan pembungkus boks Generator) maupun limbah cair berupa hasil pencucian *leadpot* dan *enclosure*. Agar limbah-limbah tersebut tidak menimbulkan dampak radiologi baik bagi manusia maupun lingkungan, maka harus dikelola secara baik dan benar sesuai dengan ketentuan. Guna mewujudkan harapan tersebut harus dibuat sistem pengelolaan sehingga limbah radioaktif dapat ditangani secara efektif, optimal, ekonomis, aman dan selamat serta sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Sistem pengelolaan yang dimaksud di dalamnya meliputi : prosedur penanganan limbah radioaktif, penanganan limbah padat terkompaksi, penanganan limbah padat terbakar, penanganan limbah cair, pengiriman limbah radioaktif dan penentuan besarnya dosis radiasi yang diterima oleh petugas yang menangani limbah radioaktif.

Kata Kunci : Limbah Radioaktif, Produk Generator Tc-99m

ABSTRACT

RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT PRODUCED FROM THE GENERATOR Tc-99m PRODUCTS. Generator Tc-99m product is used in hospitals will result in radioactive waste both solid waste in the form of a column terkompaksi Tc-99m Generator, bottles vials, and bottles of saline fluidpath series; burning of solid waste in the form of paper straw, hand gloves, and cardboard (vial packing boxes and wrapping Generator) and liquid waste form leaching results leadpot and enclosure. So that these wastes pose no radiological consequences for both humans and the environment, it must be properly managed in accordance with the provisions. In order to realize these expectations should be made so that the radioactive waste management system can be handled effectively, optimal, economical, safe and secure and in accordance with applicable regulations. Management system is in it include: procedures for handling radioactive waste, solid waste compacted, burning of solid waste management, liquid waste handling, shipment of radioactive waste and determination of the amount of radiation doses received by workers who handle radioactive waste.

Key words: Radioactive waste, Generator Tc-99m Product

LATAR BELAKANG

Salah satu penggunaan hasil proses iradiasi target kapsul sasaran uranium di Pusat Reaktor Serba Guna – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PRSG – BATAN) adalah untuk proses produksi radioisotop Molybdenum – 99 yang merupakan bahan baku untuk pembuatan Generator Tc-99m.

Generator Tc – 99m yang mempunyai bentuk kimia sebagai Sodium Perchnetate ($\text{Na}^{99\text{m}}\text{TcO}_4$) dalam 0.9% larutan saline dengan tingkat kemurnian radiokimia $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^- \geq 95\%$ merupakan salah satu produk radiofarmaka yang digunakan untuk keperluan diagnosis fungsi dan anatomis organ tubuh[1].

Produk Generator Tc-99m yang digunakan di beberapa rumah sakit seperti : Rumah Sakit Hasan Sadikin – Bandung, Rumah Sakit Pusat Pertamina - Jakarta, Rumah Sakit Kanker Dharmasih – Jakarta, Rumah Sakit Jantung Harapan Kita – Jakarta, Rumah Sakit Dr. Kariadi – Semarang, Rumah Sakit Dr. Sardjito – Jogjakarta dan Rumah Sakit Dr. Soetomo – Surabaya umumnya terbagi dalam dua kategori aktivitas yaitu 208 mCi dan 415 mCi [1].

Produk Generator Tc-99m yang digunakan di rumah sakit akan menghasilkan limbah radioaktif baik dalam bentuk padat dengan kategori padat terbakar dan padat terkompaksi maupun limbah cair dengan kategori tingkat rendah dan sedang. Sesuai dengan pasal 13 Peraturan Pemerintah Nomor 27

Tahun 2002 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif ditetapkan bahwa : “ Penghasil limbah radioaktif tingkat rendah dan tingkat sedang wajib mengumpulkan, mengelompokkan, atau mengolah dan menyimpan sementara limbah radioaktif tersebut, sebelum diserahkan kepada Badan Pelaksana “ [5]. Berdasarkan ketentuan ini maka limbah radioaktif yang dihasilkan dari penggunaan produk Generator Tc-99m harus dikelola secara baik dan benar sesuai dengan ketentuan agar tidak menimbulkan dampak radiologi baik bagi pekerja maupun bagi lingkungan [3,4,6]. Untuk mewujudkan harapan tersebut, maka harus dibuat sistem pengelolaan limbah radioaktif yang dihasilkan dari produk Generator Tc-99m yang sifatnya efisien, efektif dan optimal [2].

TUJUAN

Pengelolaan limbah radioaktif yang dihasilkan dari produk Generator Tc-99m dimaksudkan agar limbah radioaktif tersebut dapat tertangani secara baik dan benar sesuai yang ditetapkan di dalam pasal 13 Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2002 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif sehingga tidak menimbulkan dampak radiologi baik bagi pekerja maupun lingkungan [2,3,4,5,6].

MASALAH

Selama ini pihak rumah sakit sebagai pengguna produk Generator Tc-99m dan sebagai pihak penghasil limbah radioaktif yang berasal dari penggunaan produk tersebut sangat diuntungkan oleh kebijakan pihak yang memproduksi Generator Tc-99m, dimana limbah radioaktif dari produk Generator Tc-99m selalu dikirim ke pihak produsen sehingga pihak produsen bertanggungjawab untuk mengelola limbah radioaktif tersebut [2]. Padahal di dalam pasal 13 Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2002 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif disebutkan bahwa : “ Penghasil limbah radioaktif tingkat rendah dan tingkat sedang wajib mengumpulkan, mengelompokkan, atau mengolah dan menyimpan sementara limbah radioaktif tersebut, sebelum diserahkan kepada Badan Pelaksana “ [5].

Guna memberikan solusi terhadap permasalahan pengelolaan limbah radioaktif yang dihasilkan dari produk Generator Tc-99m sehingga yang dilakukan oleh pihak pengguna maupun produsen tidak melanggar ketentuan yang ditetapkan di dalam pasal 13 Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2002, maka dibuat sistem pengelolaan limbah radioaktif yang dihasilkan dari produk Generator Tc-99m tersebut [2,3,4,6].

METODOLOGI

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan sistem pengelolaan limbah radioaktif yang berasal dari produk Generator Tc-99m ini adalah [1,2] :

1. Tinjauan terhadap peraturan mengenai limbah radioaktif.
2. Tinjauan terhadap prosedur penanganan limbah radioaktif yang dikeluarkan oleh Medhi Physics.
3. Tinjauan pengalaman khususnya dalam masalah penanganan limbah radioaktif di Instalasi Produksi Radioisotop dan Radiofarmaka (IPRR).
4. Studi literatur terkait dengan penanganan radioaktif hasil proses produksi radiofarmaka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis Limbah Radioaktif Yang Dihasilkan Dari Produk Generator Tc-99m

Produk Generator Tc-99m yang digunakan di rumah sakit akan menghasilkan limbah radioaktif baik dalam bentuk padat maupun cair dengan perincian sebagai berikut [2] :

1. Limbah radioaktif padat terbakar.
Limbah radioaktif padat terbakar yang dihasilkan dari produk Generator Tc-99m memiliki kategori tingkat aktivitas rendah dan waktu paruh pendek. Limbah radioaktif padat terbakar ini berupa kardus pembungkus luar, label bungkus, sterifom, karton pembungkus vial, kertas merang, dan sarung tangan (hand gloves).
2. Limbah radioaktif padat terkompaksi.
Limbah radioaktif padat terkompaksi yang dihasilkan dari produk Generator Tc-99m memiliki kategori tingkat aktivitas rendah dan waktu paruh pendek. Limbah radioaktif padat terkompaksi ini berupa kolom Generator, rangkaian fluid path, botol vial dan botol salin.
3. Limbah radioaktif cair.
Limbah radioaktif cair yang dihasilkan dari produk Generator Tc-99m memiliki kategori tingkat aktivitas rendah dan waktu paruh pendek. Limbah radioaktif cair ini berupa hasil pencucian *enclosure* dan *lead pot*.

Pengelolaan Limbah Radioaktif Yang Dihasilkan Dari Generator Tc-99m

Prosedur Penanganan Limbah Generator Tc-99m.

Agar pelaksanaan kegiatan penanganan limbah radioaktif yang berasal dari produk Generator Tc-99m dapat berjalan secara tertib dan dapat dipertanggungjawabkan, maka terlebih dahulu harus dibuat prosedur kerja. Prosedur kerja ini harus dibuat secara legal dan disahkan oleh satuan jaminan kualitas sehingga menjadi dokumen resmi. Ruang lingkup yang ada di dalam prosedur ini minimal berisi : penyediaan wadah penampung limbah

radioaktif sesuai dengan kategorinya, pemantauan wadah yang berisi limbah radioaktif, penyortiran jenis limbah radioaktif sesuai dengan kategorinya, pewadahan limbah radioaktif, pengukuran paparan radiasi baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter dari permukaan wadah, pelabelan wadah yang berisi limbah radioaktif dan pengiriman ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif – Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTLR-BATAN) [2,3,4,6]

Penanganan Limbah Kardus Pembungkusan Generator Tc-99m

Sebelum dilakukan penanganan bungkusan Generator Tc-99m lebih lanjut, terlebih dahulu dilakukan pengukuran laju paparan radiasi pada permukaan bungkusan Generator Tc-99m. Tindakan ini dilakukan sebagai langkah antisipasi jika bungkusan Generator Tc-99m yang dikirim dari rumah sakit tersebut terkontaminasi. Apabila nilai laju paparan radiasi pada permukaan bungkusan Generator Tc-99m jauh melebihi nilai laju paparan radiasi latar (background), maka bungkusan tersebut ada indikasi terkontaminasi [2,3,4,6].

Jika kardus pembungkus Generator Tc-99m terindikasi terkontaminasi, maka sebelum dibongkar terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan kontaminasi permukaan. Apabila dari hasil pengukuran nilai tingkat kontaminasi permukaannya melebihi $3,7 \text{ Bq/cm}^2$, maka kardus dinyatakan terkontaminasi dan diperlakukan sebagai limbah radioaktif padat terbakar. Selanjutnya kardus tersebut dimasukkan ke dalam drum limbah radioaktif ukuran 200 liter dan diukur paparan radiasinya baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter dari permukaan drum, kemudian diberi label sesuai dengan ketentuan pengiriman limbah untuk selanjutnya dikirim ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) – BATAN [2,3,4,6,7].

Sebaliknya bila nilai tingkat kontaminasi permukaannya jauh dibawah $3,7 \text{ Bq/cm}^2$, maka kardus tersebut diperlakukan sebagai limbah biasa. Namun sebelum kardus tersebut akan ditangani sebagai limbah non radioaktif, maka semua label pembungkus (label kategori bungkusan, label tujuan pengiriman dan label pernyataan bebas kontaminasi) harus dilepas dan dimasukkan ke dalam drum limbah radioaktif ukiuran 200 liter yang berisi kardus pembungkus Generator Tc-99m yang selanjutnya dikirim bersama-sama dengan limbah kardus tersebut ke PTLR-BATAN [2,3,4,6,7].

Penanganan Limbah Sterefom.

Setelah kardus Generator Tc-99m dibuka, sterefom dikeluarkan dan dilakukan pemeriksaan kontaminasi permukaan. Bila nilai tingkat kontaminasi permukaannya melebihi $3,7 \text{ Bq/cm}^2$, maka sterefom dinyatakan terkontaminasi dan

diperlakukan sebagai limbah radioaktif padat terbakar [2,3,4,6,7].

Selanjutnya sterefom tersebut dimasukkan ke dalam drum limbah radioaktif ukuran 200 liter dan diukur paparan radiasinya baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter dari permukaan drum, kemudian diberi label sesuai dengan ketentuan pengiriman limbah untuk selanjutnya dikirim ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) – BATAN. Sebaliknya bila nilai tingkat kontaminasi permukaannya jauh dibawah $3,7 \text{ Bq/cm}^2$, maka sterefom tersebut diperlakukan sebagai limbah biasa [2,3,4,6,7].

Penanganan Limbah Karton Pembungkus Botol Vial

Setelah bagian atas kardus pembungkus Generator Tc-99m dibuka, sterefom tutup dikeluarkan, selanjutnya botol vial dikeluarkan dan dilakukan pengukuran laju paparan radiasi pada permukaan karton pembungkus botol vial, bila nilai laju paparan radiasinya jauh lebih besar dari nilai laju paparan radiasi latar, maka karton tersebut ada indikasi terkontaminasi. Guna memastikannya dilakukan pemeriksaan kontaminasi permukaan. Apabila dari hasil pengukuran nilai tingkat kontaminasi permukaannya melebihi $3,7 \text{ Bq/cm}^2$, maka karton pembungkus botol vial dinyatakan terkontaminasi dan diperlakukan sebagai limbah radioaktif padat terbakar [2,3,4,6,7].

Selanjutnya karton pembungkus botol vial tersebut dimasukkan ke dalam drum limbah radioaktif ukuran 200 liter dan diukur paparan radiasinya baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter dari permukaan drum. kemudian diberi label sesuai dengan ketentuan pengiriman limbah untuk selanjutnya dikirim ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) – BATAN. Sebaliknya bila nilai tingkat kontaminasi permukaannya jauh dibawah $3,7 \text{ Bq/cm}^2$, maka karton pembungkus botol vial tersebut diperlakukan sebagai limbah biasa [2,3,4,6,7].

Penanganan Limbah Botol Vial.

Vial bekas elusi yang sudah dikeluarkan dari karton pembungkus terlebih dahulu diukur laju paparan radiasinya guna memastikan apakah masih ada sisa-sisa Tc-99m yang ada di dalamnya. Bila nilai laju paparan radiasi jauh melebihi laju paparan latar, maka vial diperlakukan sebagai limbah padat terkompaksi dan dimasukkan ke dalam drum limbah radioaktif ukuran 100 liter. Setelah dilakukan reduksi volume dengan cara dikompaksi, diukur paparan radiasinya baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter dari permukaan drum, kemudian diberi label sesuai dengan ketentuan pengiriman limbah untuk selanjutnya dikirim ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) – BATAN [2,3,4,6,7].

Penanganan Limbah Botol Salin

Sebelum memperlakukan botol salin sebagai limbah, terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan kontaminasi permukaan. Bila nilai tingkat kontaminasi permukaannya melebihi $3,7 \text{ Bq/cm}^2$, maka botol salin dinyatakan terkontaminasi dan diperlakukan sebagai limbah radioaktif padat terkompaksi. Selanjutnya botol salin dimasukkan ke dalam drum limbah radioaktif ukuran 100 liter. Setelah dilakukan reduksi volume dengan cara dikompaksi, diukur paparan radiasinya baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter dari permukaan drum, kemudian diberi label sesuai dengan ketentuan pengiriman limbah untuk selanjutnya dikirim ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) – BATAN [2,3,4,6,7].

Sebaliknya bila nilai tingkat kontaminasi permukaannya jauh dibawah $3,7 \text{ Bq/cm}^2$, maka sterefom tersebut diperlakukan sebagai limbah biasa [2,3,4,6,7].

Penanganan Limbah Kolom Generator Tc-99m Dan Sistem Fluidpath

Guna menangani limbah kolom Generator Tc-99m dan sistem fluid path, terlebih dahulu enclosure dikeluarkan dari dalam pembungkus Generator Tc-99m dan lead pot dikeluarkan dari dalam enclosure kemudian diukur laju paparan radiasi pada permukaan lead pot. Selanjutnya tutup leadpot dibuka dan kolom Generator Tc-99m dikeluarkan dari dalam leadpot dan dimasukkan ke dalam kantong palstik yang ada di dalam drum limbah ukuran 100 liter. Setelah dilakukan reduksi volume dengan cara dikompaksi, drum yang berisi limbah kolom Generator dan *fluidpath* diukur paparan radiasinya baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter, kemudian diberi label sesuai dengan ketentuan pengiriman limbah radioaktif untuk selanjutnya dikirim ke PTLR-BATAN [2,3,4,6,7].

Penanganan Boks Generator Tc-99m (Enclosure).

Setelah dikeluarkan dari dalam kardus pembungkus, dilakukan pemeriksaan kontaminasi permukaan *enclosure*. Bila nilai tingkat kontaminasi permukaannya melebihi $3,7 \text{ Bq/cm}^2$, maka *enclosure* dinyatakan terkontaminasi. Bila *enclosure* akan digunakan kembali, maka harus dilakukan dekontaminasi sampai benar-benar bebas kontaminasi. Air hasil pencucian *enclosure* harus ditampung di dalam wadah khusus (seperti jerigen) dengan kategori limbah cair aktivitas rendah, sedangkan sampah yang ditimbulkan dari kegiatan dekontaminasi ini harus dimasukkan ke dalam drum limbah dengan kategori padat terbakar [2,3,4,6,7].

Wadah khusus (jerigen) yang berisi limbah cair diukur paparan radiasinya baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter, kemudian diberi label

sesuai dengan ketentuan pengiriman limbah radioaktif untuk selanjutnya dikirim ke PTLR-BATAN [2,3,4,6,7].

Penanganan Leadpot Generator Tc-99m.

Setelah dikeluarkan dari dalam *enclosure*, dilakukan pemeriksaan kontaminasi pada permukaan *leadpot*. Bila nilai tingkat kontaminasi permukaannya melebihi $3,7 \text{ Bq/cm}^2$, maka *leadpot* dinyatakan terkontaminasi. Bila *leadpot* akan digunakan kembali, maka harus dilakukan dekontaminasi sampai benar-benar bebas kontaminasi. Air hasil pencucian *leadpot* harus ditampung di dalam wadah khusus (seperti jerigen) dengan kategori limbah cair aktivitas rendah, sedangkan sampah yang ditimbulkan dari kegiatan dekontaminasi ini harus dimasukkan ke dalam drum limbah dengan kategori padat terbakar [2,3,4,6,7].

Wadah khusus (jerigen) yang berisi limbah cair hasil pencucian *leadpot* diukur paparan radiasinya baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter, kemudian diberi label sesuai dengan ketentuan pengiriman limbah radioaktif untuk selanjutnya dikirim ke PTLR-BATAN [2,3,4,6,7].

Penanganan Limbah Kertas Merang Dan Sarung Tangan (Hand Gloves)

Kertas merang yang digunakan sebagai alas ketika sistem Genaror Tc-99m digunakan serta sarung tangan (hand gloves) yang digunakan oleh petugas yang menangani Generator Tc-99m diperlakukan sebagai limbah radioaktif padat terbakar. Limbah kertas merang dan sarung tangan harus dimasukkan ke dalam drum ukuran 100 liter. Selanjutnya diukur paparan radiasinya baik pada permukaan maupun pada jarak 1 meter, kemudian diberi label sesuai dengan ketentuan pengiriman limbah radioaktif untuk selanjutnya dikirim ke PTLR-BATAN [2,3,4,6,7].

Penentuan Besarnya Dosis Radiasi Yang Diterima Oleh Petugas Yang Menangani Limbah Radioaktif.

Besar dosis yang diterima oleh petugas yang menangani limbah radioaktif yang dihasilkan dari produk Generator Tc-99m dapat ditentukan secara tidak langsung melalui evaluasi TLD-badge dan perkiraan secara langsung dengan perumusan [1]:

$$D = \frac{(R \times T)}{6000} \quad \text{mSv} \quad (1)$$

Dengan : R : paparan radiasi (mR/jam), T : waktu kerja (menit), 6000 : faktor konversi dari jam ke menit dan dari mR ke mSv.

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian tersebut di atas, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pihak rumah sakit sebagai pihak penghasil limbah yang berasal dari penggunaan produk Generator Tc-99m yang termasuk dalam kategori tingkat rendah dan tingkat sedang berkewajiban mengumpulkan, mengelompokkan, mengolah dan menyimpan sementara limbah radioaktif tersebut, sebelum diserahkan kepada Badan Pelaksana (PTLR-BATAN).
2. Kardus pembungkus boks Generator Tc-99m, label bungkus, kardus pembungkus vial, sterefom, sarung tangan (*hand gloves*), kertas merang termasuk dalam kategori limbah padat terbakar dengan waktu paruh pendek dimana penanganannya mengikuti cara penanganan limbah padat terbakar.
3. Botol vial,botol salin, kolom Generator Tc-99m dan sistem *fluidpath* termasuk dalam kategori limbah padat terkompaksi dengan waktu paruh pendek dimana penanganannya mengikuti cara penanganan limbah padat terkompaksi.
4. Limbah cair yang dihasilkan dari proses pencucian *enclosure* dan *leadpot* termasuk dalam kategori limbah cair dengan aktivitas rendah dimana penanganannya mengikuti cara penanganan limbah cair aktivitas rendah.
5. Sampah yang dihasilkan dari proses dekontaminasi *enclosure* dan *leadpot* termasuk

dalam kategori limbah padat terbakar dengan waktu paruh pendek dimana penanganannya mengikuti cara penanganan limbah padat terbakar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Manual proses produksi Generator Tc-99m, Medhi Physics, 1989.
2. Dokumen Pengelolaan Limbah Radioaktif Di Instalasi Produksi Radioisotop Dan Radiofarmaka (IPRR), Medhi Physics, 1989.
3. Keputusan Kepala BAPETEN No.01/Ka-BAPETEN/V - 99 , Tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Dengan Radiasi , Jakarta, 1999.
4. Surat Keputusan Kepala BAPETEN No. 03/Ka - BAPETEN/V - 99 Tentang Ketentuan Keselamatan Untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif.
5. Peraturan Pemerintah No. 27 Tahun 2002 Tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif.
6. Petunjuk Pelaksanaan Pemantauan Dan Penanganan Limbah Radiosktif Di Instalasi Produksi Radioisotop Dan Radiofarmaka (IPRR), Nomor Dokumen BT141-A03-013 Revisi 0, 2007.
7. Peraturan Pemerintah No. 33 Tahun 2007 Tentang Keselamatan Radiasi Pengion Dan Keamanan Sumber Radioaktif