

## PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADA UNIT PELAYANAN KEDOKTERAN NUKLIR DIAGNOSTIK *IN VIVO*

Suhaedi Muhammad<sup>1</sup>, Susyati<sup>2</sup>, Rr.Djarwanti,RPS<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Kawasan Nuklir Pasar Jumat, Jakarta 12440

<sup>3</sup>Pusat Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka, Kawasan Nuklir Serpong, Serpong 15310

email : suhaedi.muhammad62@gmail.com

### ABSTRAK

PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADA UNIT PELAYANAN KEDOKTERAN NUKLIR DIAGNOSTIK *IN VIVO*. Kegiatan pelayanan di unit kedokteran nuklir diagnostik *in vivo* akan menghasilkan limbah radioaktif bentuk padat terbakar, padat terkompaksi, cair, zat/sumber radioaktif terbungkus dan generator Mo-99/Tc-99m yang tidak digunakan lagi. Agar limbah radioaktif yang dihasilkan tersebut terkelola dengan baik demi memproteksi/melindungi dan menjamin keselamatan personil/pekerja radiasi, pasien/masyarakat dan lingkungan dari paparan radiasi, maka pihak pemegang izin (PI) selaku penghasil limbah radioaktif, berkewajiban melakukan pengumpulan dan pengelompokan limbah radioaktif sesuai dengan Pasal 7 Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif dan Pasal 4 & 22 Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 8 Tahun 2016 tentang Pengolahan Limbah Radioaktif Tingkat Rendah dan Tingkat Sedang. Jika limbah radioaktif terkumpul dan dikelompokkan tersebut tidak langsung dikirim ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTLR - BATAN), maka PI berkewajiban menyimpan sementara di dalam ruang penyimpanan khusus yang memenuhi syarat. Jika limbah radioaktif terkumpul dan dikelompokkan tersebut akan dikirim ke PTLR - BATAN, maka PI berkewajiban memenuhi ketentuan tentang pengangkutan limbah/zat radioaktif.

Kata Kunci : pengelolaan limbah radioaktif, unit pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo*

### ABSTRACT

*RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT OF NUCLEAR MEDICINE IN VIVO DIAGNOSTIC SERVICES UNIT. Activities in the in vivo diagnostic nuclear medicine services unit will produce radioactive waste either in solid burned form, solid compacted, liquid, unused sealed radioactive source/substance and unused Mo-99/Tc-99m generator. In order for making those radioactive waste to be properly managed to protect and ensure the safety of personnel/radiation workers, patients/communities and the environment from radiation exposure, the permit holder (PI) as a radioactive waste producer obligated to conduct the collection and classification of radioactive waste in accordance with Article 7 of Government Regulation No. 61 of 2013 on Radioactive Waste Management and Article 4 & 22 of Regulation of The head of Nuclear Energy Regulatory Agency (BAPETEN) Number 8 Year 2016 on Low and Medium Level Radioactive Waste Treatment. If the classified collected radioactive waste is not directly sent to the Radioactive Waste Technology Center - National Nuclear Energy Agency (PTLR - BATAN), PI obliged to store it temporarily in a storage room which fulfills the requirements. If the classified collected radioactive waste will be sent to PTLR - BATAN, PI obliged to fulfill the provisions on the of radioactive waste/substances transportation*

Keywords : radioactive waste management, nuclear medicine diagnostic *in vivo* services unit

### PENDAHULUAN

Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 008/Menkes/SK/I/2009 tentang Standar Pelayanan Kedokteran Nuklir di Sarana Pelayanan Kesehatan menyatakan bahwa ruang lingkup pelayanan medis di Bagian/Instalasi Kedokteran Nuklir meliputi diagnosis penyakit, pengobatan penyakit dan konsultasi medis.[1]

Pelayanan diagnosis penyakit memiliki 3 cabang, yaitu diagnostik *in vivo*, *in vitro* dan *in vivo*. Pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo* adalah pelayanan diagnostik dengan cara memberikan preparat radionuklida dan/atau radiofarmaka kepada pasien, secara oral, parenteral atau inhalasi, kemudian dengan

menggunakan alat cacah penghasil non citra organ (misalnya renograf) atau alat cacah penghasil citra organ (misalnya kamera gama) dilakukan pengamatan terhadap radionuklida dan/atau radiofarmaka tersebut selama berada di dalam tubuh pasien. Hasil yang diperoleh berupa non citra (misalnya grafik aktivitas vs waktu) dan citra (misalnya gambar organ)[1].

Kegiatan pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo* akan menghasilkan beberapa jenis limbah radioaktif. Untuk itu guna menjamin keselamatan dan kesehatan baik bagi personil, masyarakat maupun lingkungan, maka sesuai yang ditetapkan di dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN)

Nomor 8 tahun 2016 tentang Pengolahan Limbah Radioaktif Tingkat Rendah Dan Tingkat Sedang, pemegang izin selaku pihak penghasil limbah wajib melakukan prapengolahan dan penyimpanan sementara limbah radioaktif yang dihasilkannya [2].

Kegiatan prapengolahan sebagaimana disebutkan di dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor 8 tahun 2016 pasal 22 ayat 1 meliputi kegiatan pengumpulan dan pengelompokan. Selanjutnya di dalam pasal 24 Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif disebutkan bahwa Penghasil Limbah Radioaktif wajib melakukan penyimpanan sementara setelah pengolahan zat radioaktif terbuka yang tidak digunakan sebelum diserahkan kepada BATAN [2,3].

## METODOLOGI

Bahan acuan yang digunakan untuk penyusunan tulisan tentang pengelolaan limbah radioaktif di unit pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo* adalah dokumen Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 008/Menkes/SK/I/2009 tentang Standar Pelayanan Kedokteran Nuklir di Sarana Pelayanan Kesehatan, dokumen Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 17 Tahun 2012 tentang Keselamatan Radiasi Dalam Kedokteran Nuklir, dokumen Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif, dokumen Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir dan dokumen Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 8 Tahun 2016 tentang Pengolahan Limbah Radioaktif Tingkat Rendah dan Tingkat Sedang [1,2,3,4,5].

Metode yang digunakan adalah :

1. Kajian berdasarkan dokumen-dokumen tersebut di atas.
2. Kajian berdasarkan pengalaman penulis pada pengelolaan limbah radioaktif di unit pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo* dan Instalasi Produksi Radioisotop dan Radiofarmaka.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

**Kategori dan jenis limbah radioaktif di unit pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo*.**

Penggunaan preparat radionuklida dan/atau radiofarmakadi unit pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo* akan menghasilkan limbah radioaktif yang masuk

dalam kategori padat dan cair, dengan perincian sebagai berikut :

1. Limbah radioaktif padat terbakar, yang dihasilkan dari penggunaan produk larutan NaI-131 Oral, larutan NaI-131 Injeksi, larutan Hippuran I-131, kapsul I-131, Generator Tc-99m, kit kering radiofarmaka berbasis Tc-99m dan produk radiofarmaka siap pakai lainnya yang memiliki kategori tingkat aktivitas rendah dan waktu paruh sedang. Limbah radioaktif padat terbakar ini berupa kardus pembungkus luar, label bungkus, *packaging foam*, kertas merang, kertas tissue, plastik pembungkus *syringe*, *syringe* (tanpa jarum suntik), kapas alkohol / *alcohol swab*, sarung tangan, *facemask/masker*, dan lain-lain.
2. Limbah radioaktif padat terkompaksi, yang dihasilkan dari penggunaan produk larutan NaI-131 Oral, larutan NaI-131 Injeksi, larutan Hippuran I-131, kapsul I-131, Generator Tc-99m, kit kering radiofarmaka berbasis Tc-99m dan produk radiofarmaka siap pakai lainnya yang memiliki kategori tingkat aktivitas rendah dan waktu paruh sedang. Limbah radioaktif padat terkompaksi ini berupa kaleng kemasan luar, vial, botol, sisa kapsul NaI-131, jarum suntik, plat TLC bekas, *disposable tip* dan lain-lain.
3. Limbah radioaktif cair, yang dihasilkan dari penggunaan produk larutan NaI-131 Oral, larutan NaI-131 Injeksi, larutan Hippuran I-131, kapsul I-131, Generator Tc-99m, kit kering radiofarmaka berbasis Tc-99m dan produk radiofarmaka siap pakai lainnya yang memiliki kategori tingkat aktivitas rendah dan waktu paruh sedang. Limbah radioaktif cair ini berupa sisa larutan NaI-131, sisa larutan injeksi radiofarmaka berbasis Tc-99m, sisa larutan injeksi radiofarmaka lainnya (yang dikeluarkan dari vial dengan menggunakan *syringe*), eluen kromatografi lapisan tipis bekas dan hasil pencucian tangan petugas dan pencucian peralatan.

## Pengumpulan Dan Pengelompokan Limbah

Sesuai yang tercantum pada Pasal 4 Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 8 tahun 2016 pihak penghasil limbah berkewajiban melakukan kegiatan pra pengolahan yang meliputi kegiatan pengumpulan dan pengelompokan [2].

### Peralatan pra pengolahan limbah

Untuk keperluan pra pengolahan (pengumpulan dan pengelompokan) limbah radioaktif yang dihasilkan dari kegiatan pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo* dibutuhkan peralatan sebagai berikut :

1. Peralatan petugas yang menangani limbah radioaktif : pakaian kerja, sepatu/sandal kerja, sarung tangan, *facemask*/masker, alat monitor dosis radiasi personil (*TLD-badge*).
2. *Surveymeter*, untuk mengukur paparan radiasi dan kontaminasi.
3. Wadah/kontener ukuran sekitar 50 liter dengan tutup yang dapat dibuka dengan sistem injakan kaki yang bagian dalamnya sudah dilapisi dengan kantong plastik, untuk menampung limbah padat terbakar dan limbah padat terkompaksi secara terpisah.
4. Jerigen ukuran sekitar 2-5 liter, untuk menampung limbah cair yang berasal dari sisa larutan injeksi yang dikeluarkan dari vial atau botol.
5. Tangki ukuran sekitar 50-100 liter, untuk menampung limbah cair yang berasal dari pencucian tangan petugas dan pencucian peralatan (Bagi unit pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo* yang tidak memiliki wastafel dengan penampungan air kotor/*septic tank* aktif).
6. Perisai radiasi, dapat berupa lembaran Pb atau batu bata Pb (*leadbrick*).
7. Pinset / tang penjepit panjang untuk memindahkan botol, vial dan lain-lain.
8. Rambu-rambu radiasi, tiang statif kuning dan rantai kuning.
9. Label identitas sesuai kategori limbah radioaktif.
10. Label pengiriman limbah radioaktif.

### Penempatan Wadah Penampung Limbah Radioaktif.

Wadah tempat penampungan limbah radioaktif di daerah kerja unit pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in-vivo* harus ditempatkan di lokasi yang telah ditentukan, letaknya tidak boleh terlalu dekat dengan lalu lintas orang. Wadah tempat penampungan limbah radioaktif yang harus disediakan terdiri dari wadah limbah radioaktif padat terbakar dan wadah limbah radioaktif padat terkompaksi (drum berukuran 60 liter yang bagian dalamnya sudah dilapisi kantong plastik limbah) dan wadah limbah cair (jerigen tahan asam dengan ukuran 20 liter).

Pada bagian atas tutup drum tempat limbah padat terbakar harus ditulis " Tempat Limbah

Radioaktif Padat Terbakar", begitupun pada bagian atas tutup drum tempat limbah padat terkompaksi harus ditulis " Tempat Limbah Radioaktif Padat Terkompaksi". Pada bagian atas jerigen harus ditulis " Tempat Limbah Radioaktif Cair".

Sedangkan untuk penampungan limbah radioaktif cair hasil pencucian tangan dan peralatan harus disiapkan tangki penampung khusus limbah radioaktif tidak boleh dicampur dengan tempat penampungan limbah air pada umumnya. Misalnya dengan menyediakan wastafel khusus (wastafel aktif) yang bagian bawahnya dilengkapi dengan tangki penampung khusus limbah radioaktif cair. Bila tidak disiapkan tangki penampung, maka limbah radioaktif cair hasil pencucian tangan dan peralatan harus ditampung dalam jerigen.

Wadah tempat penampungan limbah padat terkompaksi sebaiknya disediakan 4 jenis yaitu untuk kaleng kemasan luar, untuk vial dan botol kosong, untuk jarum suntik dan untuk limbah padat terkompaksi lainnya.

Untuk melindungi petugas pelaksana dari bahaya radiasi, di tempat wadah limbah dipasang *shielding* radiasi baik berupa lembaran Pb atau *leadbrick*. Di tembok atau tempat lain yang mudah terlihat oleh petugas pelaksana di sekitar tempat wadah limbah harus ditulis informasi " Masukanlah Limbah Radioaktif Sesuai Dengan Jenis Dan Kategorinya Secara Baik Dan Benar".

### Pemantauan Kondisi Wadah Penampung Limbah Radioaktif Di Daerah Kerja.

Petugas proteksi radiasi (PPR) harus melakukan pemantauan kondisi wadah tempat penampungan limbah radioaktif di daerah kerja minimal seminggu sekali. Adapun ruang lingkungannya meliputi :

1. Pemantauan isi wadah penampung.  
Pemantauan isi wadah penampung limbah radioaktif dimaksudkan untuk mengetahui apakah wadah penampung limbah padat terbakar, padat terkompaksi dan cair tersebut sudah penuh atau belum. Jika terdapat wadah penampung limbah radioaktif padat terbakar atau padat terkompaksi yang sudah penuh, maka kantong plastik yang sudah penuh tersebut dibawa ke ruang penyimpanan sementara dan diganti dengan kantong plastik yang baru. Jika terdapat wadah penampung limbah cair yang sudah penuh, maka wadah yang sudah penuh tersebut dibawa ke ruang penyimpanan sementara dan diganti dengan wadah yang baru.
2. Pemantauan laju paparan radiasi.  
Pemantauan laju paparan radiasi yang dilakukan baik pada permukaan wadah

penampung limbah radioaktif maupun pada jarak 1 (satu) meter dari permukaan wadah penampung limbah radioaktif dimaksudkan untuk mengetahui apakah laju paparan radiasi di daerah kerja melebihi batas atau tidak. Jika terdapat wadah penampung limbah radioaktif yang laju paparan radiasinya melebihi 200 mR/jam, maka limbah yang terdapat di dalamnya harus segera dibawa ke ruang penyimpanan sementara. Selain itu, PPR juga berkewajiban memantau apakah telah terjadi kontaminasi permukaan (misalnya pada lantai dan obyek lain) atau tidak. Jika terjadi kontaminasi, maka PPR menginstruksikan petugas pelaksana untuk melakukan dekontaminasi dibawah pengawasannya sampai kondisinya bebas kontaminasi dan kembali aman.

### 3. Pemantauan kesesuaian penampungan limbah.

Pemantauan kesesuaian penampungan limbah dimaksudkan untuk mengetahui apakah penampungan limbah radioaktif telah sesuai dengan kategori dan jenisnya atau tidak. Jika terjadi ketidaksesuaian, maka PPR berkewajiban mengingatkan petugas pelaksana agar memasukan limbah radioaktif pada wadah penampung yang sesuai dengan kategori dan jenis limbahnya.

### Penyortiran Limbah Radioaktif Dan Pewadahan.

Limbah radioaktif padat terbakar dan padat terkompaksi yang diambil dari daerah kerja, sebelum dimasukkan ke dalam wadah pengiriman, di gudang penyimpanan sementara terlebih dahulu dilakukan penyortiran oleh PPR. Penyortiran dimaksudkan agar limbah yang akan disimpan dalam wadah pengiriman telah benar-benar sesuai dengan kategori dan jenisnya, tidak saling bercampur satu sama lain. Setelah disortir dan dimasukkan ke dalam wadah pengiriman, dilakukan pemampatan/pemadatan agar isinya optimal dan diberi label sesuai ketentuan.

### Penyimpanan Sementara

Apabila wadah yang berisi limbah radioaktif baik padat terbakar, padat terkompaksi maupun limbah cair di dalam jerigen yang sudah dilabel dan belum dikirim ke PTLR-BATAN, maka harus disimpan sementara terlebih dahulu di gudang penyimpanan. Penempatan wadah yang berisi limbah radioaktif di dalam gudang penyimpanan harus diatur sedemikian rupa sehingga nilai laju paparan radiasi pada permukaan pintu, dinding samping kiri dan kanan juga belakang nilainya tidak

mengakibatkan adanya penerimaan dosis radiasi yang melebihi nilai batas dosis untuk masyarakat umum (1 mSv). Pada bagian depan pintu gudang penyimpanan harus ditulis/diberi informasi "Gudang Penyimpanan Limbah Radioaktif" dan dipasang tanda bahaya radiasi. Pintu gudang penyimpanan harus selalu tertutup rapat dan terkunci, dimana kuncinya harus dipegang dan disimpan oleh PPR.

### Pemantauan di Ruang Penyimpanan Sementara Limbah Radioaktif.

Dalam rangka mengetahui adanya potensi bahaya radiasi pada ruang penyimpanan sementara limbah radioaktif agar tidak menimbulkan dampak radiologi pada manusia dan lingkungan, maka PPR berkewajiban memantau laju paparan radiasi baik pada permukaan maupun pada jarak 1 (satu) meter dari permukaan bagian depan, samping kanan, samping kiri dan bagian belakang ruang penyimpanan sementara dengan frekuensi minimal 1 (satu) kali seminggu. Hasil pemantauan ini harus tercatat dalam lembar pemantauan yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari laporan pengelolaan limbah radioaktif.

### Pengiriman Limbah Radioaktif Ke BATAN

Pengiriman limbah radioaktif ke PTLR-BATAN harus mengikuti ketentuan pengiriman yang telah ditetapkan. Pihak institusi yang membawahi unit pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo*/pihak rumah sakit terlebih dahulu mengirim surat secara resmi kepada Kepala Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN perihal rencana pengiriman limbah radioaktif dengan menyebutkan jenis dan jumlah limbah yang akan dikirim.

Wadah yang berisi limbah radioaktif yang akan dikirim ke PTLR-BATAN baik padat terbakar, padat terkompaksi maupun jerigen yang berisi limbah cair oleh PPR terlebih dahulu dipastikan bebas kontaminasi agar tidak terjadi penyebaran kontaminasi baik saat dibawa dari gudang penyimpanan ke kendaraan pengangkut maupun ketika dilakukan pengangkutan ke PTLR-BATAN.

Untuk rumah sakit yang memiliki tangki penampungan limbah radioaktif cair, pemindahan limbah radioaktif cair dari tangki penampung ke kendaraan tangki pengangkut yang diawasi oleh PPR harus dilakukan secara hati-hati agar tidak berceceran dan tidak mengakibatkan terjadinya penyebaran kontaminasi di sekitar lokasi pemindahan.

Sedangkan untuk pengiriman kontener bekas wadah botol vial yang berisi larutan

senyawa bertanda ke pihak produsen, maka guna menghindari terjadinya penyebaran kontaminasi, masing-masing kontener harus dimasukkan ke dalam kantong plastik ukuran setengah kilogram, baru dimasukkan ke dalam kardus atau peti kayu yang memenuhi syarat pengiriman.

Untuk pengiriman kembali produk Generator Tc-99m yang telah habis masa pakainya (sudah tidak digunakan) ke pihak produsen, guna menghindari terjadinya kontaminasi, Generator Tc-99m harus dimasukkan kembali ke dalam kardus pembungkus semula dan dilakukan pembungkusan serta pelabelan sesuai ketentuan pengiriman limbah radioaktif.

## KESIMPULAN

Kegiatan pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo* menghasilkan jenis limbah radioaktif padat terbakar, padat terkompaksi dan cair dengan tingkat rendah sampai sedang dan waktu paruh pendek dan sedang. Melihat dari jenis dan kategorinya, pelaksanaan pengelolaan limbah radioaktif hasil kegiatan pelayanan kedokteran nuklir diagnostik *in vivo* ini relatif tidak begitu rumit namun tetap harus mengacu pada ketentuan yang ditetapkan di dalam Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 8 Tahun 2016 dan Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 agar tidak menimbulkan dampak radiologi baik bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan sekitar.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Kesehatan, Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 008/Menkes/SK/I/2009 tentang Standar Pelayanan Kedokteran Nuklir di Sarana Pelayanan Kesehatan, Jakarta, 2009.
2. Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 Tahun 2016 Tentang tentang Pengolahan Limbah Radioaktif Tingkat Rendah Dan Tingkat Sedang, Jakarta, 2016.
3. Sekretariat Negara, Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif, Jakarta, 2013.
4. Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Peraturan Kepala badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 04 Tahun 2013 Tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir, Jakarta, 2013.
5. Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Peraturan Kepala badan Pengawas Tenaga Nuklir

Nomor 17 Tahun 2012 Tentang Keselamatan Radiasi Dalam Kedokteran Nuklir, Jakarta, 2012.