

**KAJIAN POTENSI KONTAMINASI PERMUKAAN
PADA FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA DAN
ALTERNATIF SOLUSINYA**

Suhaedi Muhammad

Pusat Teknologi Keselamatan Dan Metrologi Radiasi – BATAN Pasar Jum'at

email : suhaedi.muhammad@yahoo.com

Rr.Djarwanti Rahayu Pipin Soedjarwo

Pusat Radioisotop Dan Radiofarmaka – Gedung 11 Kawasan Nuklir Serpong

email : rrdjarwantirahayups@yahoo.co.id

Rimin Sumantri

Pusat Teknologi Keselamatan Dan Metrologi Radiasi – BATAN Pasar Jum'at

email : riminsumantri@yahoo.com

Farida Tusafariah

Pusat Teknologi Keselamatan Dan Metrologi Radiasi – BATAN Pasar Jum'at

email : farida_k3ui@yahoo.com

ABSTRAK

KAJIAN POTENSI KONTAMINASI PERMUKAAN PADA FASILITAS PRODUKSI RADIOISOTOP DAN RADIOFARMAKA DAN ALTERNATIF SOLUSINYA. Fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka yang ada di seluruh dunia dalam kegiatan operasinya menimbulkan dampak radiologi baik berupa paparan radiasi, kontaminasi permukaan maupun kontaminasi udara. Mengingat banyaknya sumber terbuka yang ada di fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka, maka kemungkinan terjadinya kontaminasi permukaan di daerah kerja relatif cukup tinggi. Untuk itu guna melindungi keselamatan dan kesehatan baik pekerja, masyarakat maupun lingkungan, maka pemegang izin harus melakukan inventarisasi beberapa potensi yang dapat mengakibatkan terjadinya kontaminasi permukaan di fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka. Beberapa potensi yang menjadi penyebab terjadinya kontaminasi permukaan di fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka terdiri dari kehilangan sumber daya, gangguan sistem VAC, gangguan fasilitas produksi, keterbatasan sumber daya manusia dan kurangnya disiplin kerja serta kegiatan penanganan limbah radioaktif. Dari kajian terhadap beberapa potensi tersebut, ada beberapa alternatif solusi yang dapat diterapkan oleh pemegang izin guna mengatasi terjadinya kontaminasi permukaan sehingga tidak sampai menimbulkan dampak radiologi yang merugikan baik bagi pekerja radiasi, masyarakat maupun lingkungan.

Kata Kunci : Kontaminasi permukaan, Fasilitas produksi, Radiopisotop dan Radiofarmaka

ABSTRACT

STUDY OF SURFACE POTENTIAL CONTAMINATION IN RADIOISOTOPE AND RADIOPHARMACEUTICAL PRODUCTION FACILITIES AND ALTERNATIVE SOLUTIONS.

Radioisotope and radiopharmaceutical production facilities that exist in their operations around the world in the form of radiological impacts of radiation exposure, contamination of surface and air contamination. Given the number of existing open source in radioisotope and radiopharmaceutical production facility, then the possibility of surface contamination in the work area is quite high. For that to protect the safety and health of both workers, the public and the environment, then the licensee must conduct an inventory of some of the potential that could result in contamination of surfaces in radioisotope and radiopharmaceutical production facilities. Several potential to cause surface contamination in radioisotope and radiopharmaceutical production facilities consist of loss of resources, the VAC system disorders, impaired production facilities, limited resources and lack of work discipline and radioactive waste handling activities. From the study of some potential, there are several alternative solutions that can be implemented by the licensee to address the contamination of the surface so as not to cause adverse radiological impacts for both radiation workers, the public or the environment.

Keywords: Surface contamination, production facilities, radioisotope and radiopharmaceutical

1. PENDAHULUAN

Semua fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka dimanapun di seluruh dunia memiliki potensi dampak radiologi dalam bentuk paparan radiasi, kontaminasi permukaan dan kontaminasi udara yang dapat memberikan pengaruh baik bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan. Dampak radiologi tersebut dapat terjadi baik fasilitas dalam kondisi operasi, pada saat perawatan maupun dalam kondisi terjadinya keadaan daurat [1].

Bagi fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka yang sudah beroperasi cukup lama dengan frekuensi kegiatan produksi yang cukup padat, maka peluang munculnya dampak radiologi khususnya kontaminasi permukaan relatif cukup tinggi. Oleh karena itu pemegang izin wajib melakukan inventarisasi apa-apa saja yang bisa menjadi potensi terjadinya kontaminasi permukaan di fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka yang menjadi tanggungjawab-nya. Tujuannya agar kontaminasi permukaan yang terjadi tidak sampai menimbulkan adanya penerimaan dosis radiasi personil khususnya melalui jalur interna yang melebihi batas yang diizinkan [1,2,3].

Berdasarkan pada beberapa literatur dan tinjauan pengalaman yang ada selama ini, potensi terjadinya kontaminasi permukaan pada fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka dapat disebabkan oleh : kehilangan sumber daya, gangguan Sistem VAC, gangguan pada fasilitas produksi, keterbatasan jumlah sumber daya manusia (SDM) dan kurangnya disiplin kerja serta adanya kegiatan penanganan limbah radioaktif [1,2,3,5]

2. LATAR BELAKANG MASALAH

Persoalan kontaminasi permukaan merupakan salah satu dampak radiologi yang sering terjadi pada fasilitas produksi

radioisotop dan radiofarmaka yang memiliki frekuensi kegiatan produksi yang cukup padat. Dengan diketahuinya beberapa potensi yang menjadi penyebab adanya kontaminasi permukaan, maka pemegang izin berkewajiban untuk melakukan upaya penanganan sesuai dengan prinsip-prinsip proteksi radiasi dan fisika kesehatan agar fasilitas dapat tetap beroperasi dalam batas – batas keselamatan sehingga tidak menimbulkan dampak radiologi yang merugikan baik bagi pekerja, masyarakat maupun lingkungan [1,2,3,5].

3. BAHAN DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan dalam penyusunan kajian potensi kontaminasi permukaan pada fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka ini terdiri dari : dokumen Health Physics yang diterbitkan oleh Medhi Physics, dokumen Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Produksi Radioisotop dan Radiofarmaka (IPRR) revisi 4 tahun 2011, dokumen Preliminary Design volume 1 – 8 terbitan Medhi Physics tahun 1987, dokumen surat Keputusan Kepala BAPETEN No. 01/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi serta dokumen Peraturan Pemerintah No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan dan Kesehatan Terhadap Pemanfaatan Radiasi Pngion [1,2,3,4,5].

Sedangkan metode yang digunakan terdiri dari :

1. Kajian dan penerapan terhadap dokumen dokumen tersebut di atas.
2. Studi literatur terkait dengan masalah kontaminasi permukaan .
3. Tinjauan pengalaman berkaitan dengan pengoperasian fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Potensi Kontaminasi Permukaan

4.1.1. Kehilangan Sumber Daya.

Kehilangan sumber daya di fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka khususnya untuk peralatan – peralatan kritis seperti sistem ventilasi dengan kapasitas separuh dari total yang ada, fan keluar dengan kapasitas penuh, blower keluar hot cell, sistem monitor radiasi dan sistem alarm, jaringan listrik untuk pengoperasian peralatan keselamatan dan lampu – lampu penerangan darurat dan pompa pengisian bahan bakar gasoline untuk generator darurat dipandang sebagai salah satu potensi yang turut memberikan kontribusi terhadap terjadinya kontaminasi permukaan di fasilitas tersebut [2,5].

Jika sumber daya (baik normal maupun darurat) secara mendadak tidak berfungsi, maka akan mengakibatkan tidak berfungsinya sistem ventilasi, fan keluar, blower keluar hot cell (baik hot cell radioisotop maupun hotcel radiofarmaka), sistem monitor radiasi dan sistem alarm, jaringan listrik untuk pengoperasian peralatan keselamatan dan lampu – lampu penerangan darurat serta pompa pengisian bahan bakar gasoline [2].

Bila hal ini terjadi pada saat tengah berlangsungnya proses produksi radioisotop, maka diprediksi akan mengakibatkan terjadinya kontaminasi udara yang dapat berdampak terjadinya kontaminasi permukaan di daerah kerja yang mendekati atau bahkan melebihi nilai batas zonanya. Ini dikarenakan adanya material radioaktif yang keluar dari dalam hot cell [2].

4.1.2. Gangguan Sistem VAC.

Bila kondisi fasilitas Produksi Radioisotop Dan Radiofarmaka khususnya sistem VAC sudah semakin tua maka dampaknya komponen sistem VAC yang ada sangat rentan rusak [2].

Sistem VAC pada fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka umumnya terdiri dari sistem C – 1 untuk suplai ruang *Hot Cell* dan sistem C – 2 untuk suplai

daerah kerja. Jika terjadi kerusakan pada sistem VAC ini bisa memberikan kontribusi terhadap terjadinya kontaminasi permukaan di fasilitas tersebut [1,2].

Apabila terjadi gangguan pada sistem VAC, khususnya sistem C – 1 yang mengakibatkan tekanan udara di dalam Hot Cell tidak lebih negatif dari luar Hot Cell, maka ventilasi Hot Cell akan tidak berfungsi. Jika ini terjadi maka dapat mengakibatkan keluarnya bahan radioaktif (hasil fisi) dari dalam Hot Cell sehingga diprediksi dapat mengakibatkan terjadinya kenaikan tingkat kontaminasi udara yang dapat berdampak terjadinya kontaminasi permukaan di daerah kerja [1,2].

Sedangkan bila terjadi gangguan pada sistem C–2, maka dapat mengakibatkan terganggunya pola aliran udara antara ruangan. Bila ruangan – ruangan yang terganggu pola aliran udaranya memiliki tingkat kontaminasi udara yang cukup tinggi, maka akan terjadi penyebaran kontaminasi udara antar ruangan yang dapat mengakibatkan terjadinya kontaminasi permukaan di daerah kerja [1,2].

4.1. 3. Gangguan Pada Fasilitas Produksi.

Jika kondisi fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka sudah semakin menua, sementara frekuensi pemakaiannya relatif cukup sering, maka fasilitas produksi tersebut sangat rentan mengalami kerusakan. Gangguan fasilitas produksi yang memberikan kontribusi terhadap terjadinya kontaminasi permukaan di daerah kerja adalah sistem master slave manipulator, sistem conveyor dan sistem plug door (pintu belakang *Hot Cell*) [1,2,5].

4.1.3.1. Sistem Master Slave Manipulator.

Bila terjadi kerusakan pada sistem master slave manipulator dimana untuk keperluan perbaikannya mengharuskan master slave manipulator dikeluarkan dari tempatnya pada Hot Cell, maka bisa memberikan kontribusi terhadap terjadinya kontaminasi permukaan di sekitar lokasi Hot Cell karena adanya lepasan material radioaktif yang menempel pada bagian lengan manipulator yang ada di dalam Hot Cell [1,2].

4.1.3.2. Sistem Conveyor.

Jika terjadi gangguan pada sistem conveyor yang mengakitnya terganggunya sistem transfer barang antar Hot Cell, dimana untuk keperluan perbaikannya mengharuskan seorang pekerja radiasi masuk ke dalam Hot Cell (dengan mengikuti ketentuan proteksi radiasi), maka bisa memberikan kontribusi terhadap terjadinya kontaminasi permukaan di sekitar lokasi belakang Hot Cell tersebut [1,2].

4.1.3.3. Sistem Plug Door.

Adanya kegiatan buka – tutup plug door Hot Cell (pintu bagian belakang *Hot Cell*) baik untuk keperluan pemasukan dan pengeluaran barang dari dan ke dalam *Hot Cell* untuk keadaan tertentu yang sifatnya sangat terpaksa dapat memberikan kontribusi terhadap terjadinya kontaminasi permukaan pada lantai di belakang *Hot Cell*. Ini disebabkan permukaan lantai di bagian bawah meja Hot Cell memiliki tingkat kontaminasi permukaan yang jauh lebih tinggi dari lantai di area belakang *Hot Cell* [1,2].

4.1.4. Keterbatasan SDM Dan Kurangnya Disiplin Kerja

Masih kurangnya disiplin para pekerja radiasi dalam penggunaan perlengkapan kerja seperti pemakaian jas lab, pemakaian shoe cover atau sepatu lab dan pemakaian sarung tangan khususnya

pada waktu lembur menjadi salah satu penyebab terjadinya penyebaran kontaminasi permukaan pada lantai maupun obyek lain baik di daerah kerja ataupun di luar daerah kerja [1,2].

Pada saat jam kerja normal, kecenderungan para pekerja radiasi untuk taat pada ketentuan keselamatan sudah cukup bagus, namun ketika ada kegiatan lembur dimana di fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka tersebut jumlah SDM yang ada masih terbatas, maka disaat sudah melewati batas daya tahan tubuh, kerap kali terjadi adanya pelanggaran terhadap ketentuan keselamatan khususnya penggunaan jas lab, shoe cover atau sepatu lab dan sarung tangan [1,2].

4.1.5. Kegiatan Penanganan Limbah Radioaktif.

Pada pelaksanaan kegiatan penanganan limbah radioaktif khususnya ketika pengeluaran limbah dari dalam *Hot Cell* , maka ada kemungkinan terjadi kontaminasi permukaan baik pada lantai maupun obyek lain di area belakang *Hot Cell* Oleh karena itu harus ada pengawasan oleh petugas proteksi radiasi secara ketat agar tidak terjadi penyebaran kontaminasi ke area yang lain di sekitar area belakang *Hot Cell*[1,2].

4.2. Alternatif Solusi

Dari kajian terhadap beberapa potensi yang menjadi penyebab terjadinya kontaminasi permukaan di Fasilitas Produksi Radioisotop Dan Radiofarmaka, maka ada beberapa alternatif solusi yang bisa dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut, yaitu[1,2,5] :

1. Untuk mengatasi masalah kehilangan sumber daya yang dapat mengakibatkan terjadinya kontaminasi permukaan, maka harus tersedia sumber daya darurat (genset) yang berfungsi dengan baik.

2. Kegiatan perawatan sistem VAC khususnya sistem C – 1 dan sistem C – 2 harus benar – benar dilaksanakan sesuai dengan jadwal perawatan yang sudah dibuat.
3. Suku cadang komponen sistem VAC harus selalu tersedia untuk mengantisipasi apabila terjadi gangguan maka penanganannya bisa dilakukan secara cepat sehingga tidak mengakibatkan terjadinya dampak radiologi baik pada daerah kerja, personil maupun lingkungan.
4. Untuk mencegah terjadinya penyebaran kontaminasi permukaan dan memantau ada tidaknya kontaminasi interna pada saat perbaikan sistem master slave manipulator, ada beberapa alternatif solusi, yaitu :
 - a. Kegiatan perawatan sistem master slave manipulator harus benar – benar dilaksanakan sesuai dengan jadwal perawatan yang sudah dibuat.
 - b. Pelaksanaan kegiatan perbaikan sistem master slave manipulator harus benar – benar dilakukan sesuai dengan ketentuan proteksi radiasi.
 - c. Selama dilakukan kegiatan perbaikan sistem master slave manipulator, pekerja radiasi lain tidak diizinkan masuk.
 - d. Bila kegiatan perbaikan sistem master slave manipulator telah selesai dilakukan, harus segera dilakukan pemeriksaan kontaminasi terhadap semua pekerja yang melakukan kegiatan perbaikan dan harus segera dilakukan dekontaminasi baik terhadap lantai maupun obyek lain yang ada di sekitar *Hot Cell* sehingga tingkat kontaminasi permukaan kembali aman di bawah batas yang diizinkan.
 - e. Untuk memantau ada tidaknya kontaminasi interna, maka semua petugas yang terlibat dalam kegiatan perbaikan sistem master slave manipulator, harus dilakukan pemeriksaan dengan *Whole Body Counter*.
5. Untuk mencegah terjadinya penyebaran kontaminasi permukaan dan memantau ada tidaknya kontaminasi interna pada saat perbaikan sistem conveyor, ada beberapa alternatif solusi, yaitu :
 - a. Kegiatan perawatan sistem conveyor harus benar – benar dilaksanakan sesuai dengan jadwal perawatan yang sudah dibuat.
 - b. Pelaksanaan kegiatan perbaikan sistem conveyor harus benar – benar dilakukan sesuai dengan ketentuan proteksi radiasi.
 - c. Selama dilakukan kegiatan perbaikan sistem conveyor, selain petugas yang melakukan perbaikan dan PPR, pekerja radiasi lain tidak diizinkan masuk.
 - d. Bila kegiatan perbaikan sistem conveyor telah selesai dilakukan, harus segera dilakukan pemeriksaan kontaminasi terhadap semua pekerja yang melakukan kegiatan perbaikan dan harus segera dilakukan dekontaminasi baik terhadap lantai maupun obyek lain yang ada di sekitar *Hot Cell* sehingga tingkat kontaminasi permukaan kembali aman di bawah batas yang diizinkan.
 - e. Untuk memantau ada tidaknya kontaminasi interna, maka semua petugas yang terlibat dalam kegiatan perbaikan sistem conveyor, harus dilakukan pemeriksaan dengan *Whole Body Counter*.
6. Untuk mencegah terjadinya penyebaran kontaminasi permukaan karena sering dilakukannya buka –

- tutup plog door, ada beberapa alternatif solusi, yaitu :
- a. Kegiatan memasukkan atau mengeluarkan barang di dalam Hot Cell harus seizin petugas keselamatan.
 - b. Pelaksanaan kegiatan memasukkan atau mengeluarkan barang di dalam Hot Cell harus benar – benar dilakukan sesuai dengan ketentuan proteksi radiasi.
 - c. Selama dilakukan kegiatan memasukkan atau mengeluarkan barang di dalam *Hot Cell*, semua pintu yang ada di sekitar *Hot Cell* harus tertutup, selain petugas yang terlibat, pekerja radiasi lain tidak diizinkan masuk.
 - d. Bila kegiatan memasukkan atau mengeluarkan barang di dalam Hot Cell telah selesai dilakukan, harus segera dilakukan pemeriksaan kontaminasi terhadap semua pekerja yang terlibat dan harus segera dilakukan dekontaminasi baik terhadap lantai maupun obyek lain yang ada di sekitar *Hot Cell* sehingga tingkat kontaminasi permukaan kembali aman di bawah batas yang diizinkan.
7. Untuk mencegah terjadinya penyebaran kontaminasi permukaan karena tidak disiplinnya pekerja radiasi dalam mentaati ketentuan keselamatan, ada beberapa alternatif solusi, yaitu :
- a. Pemantauan disiplin penerapan prinsip – prinsip proteksi radiasi oleh petugas keselamatan harus dijalankan secara lebih lagi ketat baik pada saat jam kerja normal maupun pada saat lembur.
 - b. Secara reguler dilakukan upaya peningkatan budaya keselamatan bagi para pekerja radiasi.
 - c. Diterapkannya sangsi administrasi kepegawaian bagi pekerja radiasi yang sering melakukan pelanggaran terhadap ketentuan keselamatan yang mengakibatkan terjadinya penyebaran kontaminasi permukaan.
8. Untuk mencegah terjadinya penyebaran kontaminasi permukaan dan memantau ada tidaknya kontaminasi interna pada saat dilakukan kegiatan penanganan limbah radioaktif, ada beberapa alternatif solusi, yaitu :
- a. Kegiatan penanganan limbah radioaktif harus benar – benar dilaksanakan sesuai dengan jadwal dan perencanaan yang sudah dibuat dan disetujui oleh pihak manajemen dan benar – benar didukung secara penuh oleh semua pihak yang terkait.
 - b. Pelaksanaan kegiatan penanganan limbah radioaktif harus benar – benar dilakukan sesuai dengan ketentuan proteksi radiasi.
 - c. Selama dilakukan kegiatan penanganan limbah radioaktif, pintu yang ada di sekitar *Hot Cell* harus tertutup, selain petugas yang melakukan perbaikan dan PPR, pekerja radiasi lain tidak diizinkan masuk.
 - d. Bila kegiatan penanganan limbah radioaktif telah selesai dilakukan, harus segera dilakukan pemeriksaan kontaminasi terhadap semua pekerja yang melakukan kegiatan perbaikan dan harus segera dilakukan dekontaminasi baik terhadap lantai maupun obyek lain yang ada sekitar *Hot Cell* sehingga tingkat kontaminasi permukaan kembali aman di bawah batas yang diizinkan.
 - e. Untuk memantau ada tidaknya kontaminasi interna, maka semua petugas yang terlibat dalam kegiatan penanganan limbah radioaktif, harus dilakukan

pemeriksaan dengan Whole Body Counter.

5. KESIMPULAN

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

1. Mengingat di fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka banyak terdapat sumber terbuka, maka kemungkinan terjadinya kontaminasi permukaan cukup tinggi.
2. Kehilangan sumber daya di fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka khususnya untuk peralatan – peralatan kritis merupakan salah satu potensi yang turut memberikan kontribusi terhadap terjadinya kontaminasi permukaan di daerah kerja.
3. Kerusakan komponen sistem VAC ini (khususnya sistem C – 1 dan sistem C – 2) bisa memberikan kontribusi terhadap terjadinya kontaminasi permukaan di daerah kerja di fasilitas Produksi Radioisotop Dan Radiofarmaka.
4. Untuk fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka yang kondisinya sudah semakin menua, sedangkan frekuensi pemakaiannya relatif cukup sering, maka fasilitas produksi sangat rentan mengalami kerusakan. Gangguan fasilitas produksi yang memberikan kontribusi terhadap terjadinya kontaminasi permukaan di daerah kerja adalah sistem master slave manipulator, sistem conveyor dan sistem plug door.
5. Terbatasnya jumlah SDM serta kurang disiplinnya pekerja radiasi dalam menerapkan prinsip-prinsip proteksi radiasi selama bekerja turut memberikan kontribusi terhadap terjadinya kontaminasi permukaan di fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka.

6. Kegiatan penanganan limbah radioaktif di fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka khususnya yang berasal dari *Hot Cell* limbah turut memberikan kontribusi terhadap terjadinya kontaminasi permukaan di daerah kerja.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Health Physics, Medhi Physics, 1987.
2. Preliminary Design volume 1– 8, Medhi Physics, 1987.
3. Keputusan Kepala BAPETEN No. 01/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi.
4. Peraturan Pemerintah No. 33 tahun 2007 tentang Keselamatan dan Kesehatan Terhadap Pemanfaatan Radiasi Pengion.
5. Laporan Analisis Keselamatan Instalasi Produksi Radioisotop dan Radiofarmaka (IPRR) revisi 4, 2011.