

OPTIMALISASI RUANG PENAMPUNG LIMBAH RADIOAKTIF PADAT DI INSTALASI RADIOMETALURGI

Susanto, Sunardi, Endang Sukesi, Iskak Haryono
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN)

ABSTRAK

Ruang 013 (R-013) adalah ruangan di *basement* yang digunakan untuk menyimpan limbah radioaktif padat Gedung 20-Instalasi Radiometalurgi (IRM) sebelum dikirim ke Instalasi Pengelolaan Limbah Radioaktif (IPLR). R-013 secara rutin dipergunakan untuk mempersiapkan kemasan/drum limbah radioaktif agar limbah yang dikirimkan sesuai dengan batasan keberterimaan yang dipersyaratkan (WAC) IPLR. Ada beberapa peralatan yang dipergunakan untuk mengelola wadah/kemasan limbah radioaktif padat di R-013. Peralatan tersebut perlu disusun dengan baik agar ruangan penampung limbah radioaktif padat dapat dioptimalkan dengan baik. Bahan dan peralatan yang digunakan untuk mengoptimalkan ruangan adalah *paving block*, lembaran Pb, plastik penampung limbah radioaktif padat, drum volume 100 liter dan 200 liter, wadah penampung limbah radioaktif padat radiasi tinggi, survei meter dan Alat Pelindung Diri (APD). Metode yang digunakan adalah menyusun posisi peralatan dan bahan pengelolaan limbah, mengukur laju paparan, mengukur kontaminasi permukaan, mengevaluasi data hasil pengukuran laju paparan dan kontaminasi permukaan, penerapan sistem proteksi radiasi. Hasil yang diperoleh dari optimalisasi R-013 adalah pekerja dapat secara leluasa bergerak tanpa terganggu dengan posisi peralatan yang telah disusun/diatur. Laju paparan radiasi tertinggi adalah $90\mu\text{Sv/h}$, kontaminasi permukaan tertinggi adalah 19Bq/cm^2 . Besaran angka tersebut masih dibawah batas keselamatan operasi IRM, sehingga pekerja radiasi dapat melakukan pengelolaan limbah radioaktif padat.

Kata Kunci : limbah, optimalisasi, pengelolaan, pengukuran, radioaktif.

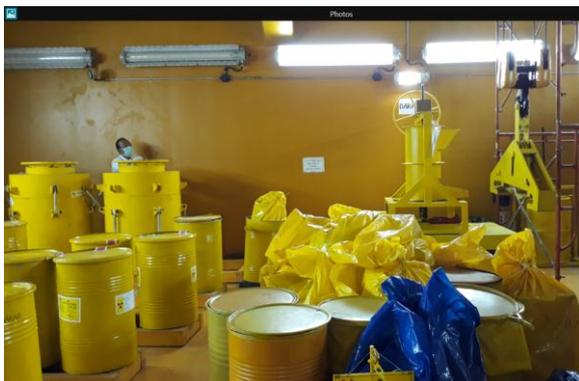
PENDAHULUAN

Limbah radioaktif padat terbentuk karena adanya kontaminasi zat radioaktif pada bahan yang dipakai untuk kegiatan di IRM seperti kertas merang, sarung tangan (kain atau karet), baju kerja, sepatu kerja, kertas filter, masker debu dan sebagainya yang tidak ekonomis untuk didekontaminasi serta dapat dimampatkan dan dibakar. Limbah padat umumnya terbentuk dari ruangan kerja yang dimasukkan ke dalam kotak limbah yang dilengkapi plastik warna kuning dan disimpan di ruang penampung sementara limbah radioaktif padat. Tempat untuk penampung sementara limbah radioaktif padat di Gedung 20 Instalasi Radiometalurgi adalah Ruang 013, yang terletak di *basement*.

Secara umum ruangan penampungan limbah sementara R-013 digunakan untuk kegiatan penyiapan kemasan limbah radioaktif padat dan penyimpanan sementara sebelum dikirim ke IPLR. Didalam ruang penampungan limbah R-013 terdapat berbagai peralatan untuk mengelola limbah radioaktif padat. Peralatan tersebut adalah alat angkat dan angkut barang (*overhead crane*, 10 ton), kompaktor limbah padat, alat penghancur kaca, *trolley*, timbangan, almari alat, paving blok, lembaran Pb dan APD. Peralatan

tersebut secara rutin dioperasikan oleh operator untuk pengelolaan limbah radioaktif padat. Kegiatan pengelolaan tersebut meliputi pengemasan dan penyimpanan limbah radioaktif padat sebelum dikirim ke IPLR. Setiap 2 minggu sekali terdapat rata-rata 6 sampai 10 kantong plastik volume 100 liter yang berisi limbah padat dari ruangan laboratorium seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Di ruang penampung limbah radioaktif padat, limbah tersebut kemudian diukur paparan dan kontaminasinya, ditimbang beratnya, dipisahkan berdasarkan jenisnya (terbakar dan tidak terbakar), dimasukkan ke dalam drum 100 liter, dikompaksi, diberi label dan disimpan di ruang tersebut. Banyaknya limbah yang disimpan dan rutusnya para pekerja pengelola limbah di ruang penampung limbah yang semakin bertambah, akan berpengaruh terhadap keselamatan pekerja dan daerah kerja sehingga penggunaan ruangan penampung limbah tersebut perlu dioptimalkan. Peralatan dan drum limbah yang siap kirim, disusun dengan baik serta dilakukan pengukuran laju paparan dan kontaminasi permukaan di setiap posisi pekerja berada. Tujuan dari optimalisasi ruangan penampung limbah adalah agar pekerja tidak terganggu dengan peralatan yang ada, pekerja tidak menerima paparan radiasi dan kontaminasi yang berlebihan serta ruangan tersebut terbebas dari radiasi dan kontaminasi yang berlebihan.

Dasar hukum pengelolaan limbah radioaktif adalah Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2013, Tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif dan Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor: 03/Ka-BAPETEN/V-99, Tentang Ketentuan Keselamatan Untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif^{1,2)}. Pada tulisan ini dibahas mengenai pengelolaan limbah radioaktif padat dengan peralatan yang ada di R-013 IRM, sebelum dikirimkan ke IPLR, penyimpanan drum/kemasan limbah radioaktif padat, pengukuran kontaminasi lantai dan laju paparan radiasi serta evaluasi dari hasil pengukuran dibandingkan dengan batasan yang diijinkan.



Gambar 1. Kantong limbah radioaktif padat



Gambar 2. *Paving block* pembatas ruang limbah



Gambar 3. *Paving blok* disusun disamping drum limbah radioaktif padat yang siap kirim



Gambar 4. Cel penyimpanan limbah radiasi tinggi

METODOLOGI

Peralatan dan bahan yang digunakan :

1. *Paving blok* penahan paparan radioaktif
2. Dokumen limbah radioaktif padat
3. Drum ukuran 100 liter, 200 liter dan konteiner beton.
4. Timbangan limbah radioaktif padat
5. Kereta dorong/angkut, troli
6. Alat angkat dan angkut barang (*crane*)
7. Kompaktor limbah radioaktif padat
8. Alat/kompaktor penghancur kaca
9. Timbangan
10. Survei meter
11. Lembaran Pb dan APD

Dilakukan pembagian R-013 menjadi 2 bagian/ruang, yaitu ruang penyimpanan limbah sementara dengan ruang penanganan kemasan limbah, agar saat mengemas limbah antara drum limbah yang siap kirim tidak berdekatan dengan pekerja pengemas limbah. Pembagian dilakukan dengan memasang garis pembatas yang diletakkan lurus dari sisi kanan ruang sampai dengan sisi kiri. Bahan pembatas yang digunakan untuk memisahkan kedua ruang tersebut adalah *paving block* terbuat dari beton cor seperti yang terlihat pada Gambar 2. Posisi *paving block* ini ditata sehingga lokasi penyimpanan dan

lokasi penanganan limbah dibatasi dengan jarak dan *shielding* penahan laju paparan radiasi.

Dilakukan pemantauan permukaan drum limbah yang sudah terisi limbah radioaktif padat serta meletakkan drum limbah tersebut diatas balok kayu. Posisi drum disusun sedemikian rupa sehingga memudahkan pemantauan laju paparan permukaan drum dan setiap ruang antara drum bisa dilewati pekerja pengelola limbah radioaktif. Dilakukan pengukuran laju paparan radiasi dan kontaminasi dilokasi/titik dimana pekerja melakukan kegiatannya. Hal ini penting agar pengukuran dapat dilakukan pada titik/posisi yang tepat, sehingga mengurangi waktu dan tenaga yang digunakan untuk optimalisasi fungsi ruangan.

Penerapan sistem proteksi radiasi yang baik, dimana untuk mengurangi penerimaan paparan radiasi dan kontaminasi pekerja harus memperhatikan 3 hal yaitu: jarak dari sumber radiasi, waktu kerja dan menggunakan pembatas. Disamping itu pekerja harus menggunakan APD yang lengkap. Dengan demikian paparan radiasi dan kontaminasi akibat dari pengelolaan limbah radioaktif dapat ditekan sekecil mungkin.

Dilakukan evaluasi hasil dari pengukuran laju paparan radiasi dan kontaminasi permukaan lantai ruang penampung limbah radioaktif padat, serta dibandingkan dengan batasan keselamatan operasi di IRM. Hasil evaluasi tersebut kemudian dipakai untuk memberikan saran-saran, agar Ruang 013 dapat berfungsi optimal untuk mempersiapkan kemasan limbah sebelum dikirim ke IPLR dengan baik. Selain itu evaluasi juga untuk menjamin keselamatan pekerja dan daerah kerja agar tidak menerima paparan radiasi dan kontaminasi secara berlebihan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ruang penampung limbah radioaktif 013 berukuran 11,1 X 10,35 m ditambah dengan 2,3 X 3,2 m sama dengan 122.245 m². Ruangan tersebut dibagi menjadi 2 ruang, yaitu ruang penampung limbah dan ruang untuk mempersiapkan kemasan limbah sebelum dikirim ke IPLR. Pembagian ruang ini memberi manfaat untuk pekerja, dikarenakan posisi drum yang selesai dikemas tidak berdekatan dengan dengan pekerja pengemas, sehingga paparan yang diterima dapat berkurang. Bahan untuk memisahkan ruang tersebut adalah *paving block* yang terbuat dari beton berukuran 11 X 11 cm sebanyak 240 buah. *Paving block* tersebut disusun berlapis dan memanjang membelah ruang 013 menjadi dua bagian (lihat Gambar 3). Selain sebagai pembatas, *paving block* tersebut juga berfungsi sebagai

penahan laju paparan radiasi dari drum limbah ke pekerja. Pada akhir tahun 2018, di ruang penyimpanan limbah masih terdapat drum limbah yang belum dikirim ke IPLR, yaitu drum berukuran 100 liter sebanyak 7 buah dan dua konteiner beton berisi limbah radioaktif padat radiasi tinggi (lihat Gambar 4). Tata letak masing masing drum tersebut diatur dengan jarak tertentu, agar disetiap sisi permukaan drum dapat dilewati pekerja radiasi. Hal ini perlu dilakukan karena permukaan drum secara rutin diukur laju paparannya, agar pekerja pengelola limbah tidak menerima paparan dari kedua ruang tersebut secara berlebihan. Hasil pengukuran drum limbah dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini^[4].

Tabel 1: Data pengukuran drum limbah di ruang 013

No.	No. Drum	Volume (liter)	Jenis Limbah	Paparan permukaan ($\mu\text{Sv/h}$)	Keterangan
1.	20-KT-028	100 L	Tidak Dapat Bakar	3200	Isi: serpihan wadah PEB (cell drum)
2.	20-KT-029	100 L	Tidak Dapat Bakar	900	Isi: majun dan kertas
3.	20-KT-031	100 L	Tidak Dapat Bakar	3365	Isi: serpihan wadah PEB (cell drum)
4.	20-KY-056	100 L	Dapat Bakar	421	Isi: majun dan kertas
5.	20-KY-057	100 L	Dapat Bakar	36,5	Isi: majun dan kertas
6.	20-KY-058	100 L	Dapat Bakar	60	Isi: sarung tangan manipulator (booting)
7.	20-KY-059	100 L	Dapat Bakar	380	Isi: sarung tangan, masker, jas lab
8.	20-KY-060	100 L	Dapat Bakar	40	Isi: warepack, sepatu, tisu
9.	20-KY-061	100 L	Dapat Bakar	3,5	Isi: Plastik, warepack, sarung tangan

Dari hasil pengukuran permukaan drum penampung limbah tersebut pada Tabel 1, diketahui bahwa drum nomor 1 dan nomor 3 mempunyai laju paparan yang melebihi *Waste Acceptance Criteria* (WAC) sehingga belum bisa dikirim ke IPLR. Pada saat ini kedua drum tersebut disimpan di dalam konteiner beton untuk mengurangi laju paparannya (lihat gambar 4). Sedangkan sisa drum sebanyak 7 buah belum dikirimkan ke IPLR karena baru dikemas pada akhir tahun 2018 dan jumlahnya belum signifikan untuk dikirimkan (lihat Gambar 3). Setiap tahun IRM mengirimkan kurang lebih 16 drum limbah radioaktif padat ke IPLR.

Selain dengan pembagian ruangan dan menata letak drum limbah, optimalisasi ruang 013 dilakukan juga dengan pengukuran besaran laju paparan radiasi dan kontaminasi lantai permukaan ruangan. Hal ini dilakukan agar besaran laju paparan dan kontaminasi yang diterima pekerja tidak melebihi batas yang diijinkan. Posisi titik pengukuran dilakukan ditempat yang diperkirakan sering dilalui atau sebagai tempat untuk melakukan kegiatan pengelolaan limbah radioaktif padat. Posisi atau titik tersebut adalah T12 dan T11: ruang antara drum limbah yang tersimpan, T10 dan T9: berbagai posisi kegiatan operator crane, T8: kompaksi limbah, T7 dan T6: pemilahan limbah, T5: identifikasi limbah, T4: pemberian label drum, T3: penimbangan drum dan T2 dan T1: posisi pintu masuk dan keluar ruangan 013. Hasil dari pengukuran posisi tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran paparan radiasi dan kontaminasi ruangan penampung limbah radioaktif padat (R-013).

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
$\mu\text{Sv/h}$ (γ)	0,135	0,114	0,132	0,171	0,166	0,168	4,10	4,300	4,200	2,200	4,800	90,00
Bq/cm^2 (β)	0,120	0,130	19,000	0,13	0,14	0,080	-	-	-	-	-	-

Dari Tabel 2 diketahui bahwa besaran paparan radiasi tertinggi di Ruang 013 adalah 90 $\mu\text{Sv/h}$, batasan keselamatan operasi (BKO) yang diijinkan di R013 adalah zona III sebesar 3000 $\mu\text{Sv/h}$ sesuai dengan Laporan Analisis Keselamatan (LAK) IRM^[5]. Dengan demikian dari segi batasan keselamatan, pekerja diijinkan untuk melakukan kegiatannya di R013. Akan tetapi karena alasan Proteksi Radiasi dan berdasarkan ancaman paparan radiasi dari luar (eksterna), angka tersebut melebihi batas yang diijinkan (10 $\mu\text{Sv/h}$). Berdasarkan batasan penerimaan dosis radiasi (Proteksi radiasi) untuk efek deterministik yang diberlakukan di BATAN masih mengacu pada batasan lama yaitu sebesar 50 mSv/tahun untuk dosis ekuivalen seluruh tubuh (DEST), artinya batasan menjadi 20 mSv/tahun rerata selama 5 tahun atau 10 $\mu\text{Sv/h}$ sebagai batasan dari efek radiasi yang bersifat non stokastik atau efek deterministik^[6]. Mengacu hal tersebut maka pekerja diijinkan berada di lokasi tersebut adalah selama waktu: $10/90 \times 60$ menit = 6,67 menit.

Dari Tabel 2 diketahui juga bahwa besaran kontaminasi tertinggi di Ruang 013 adalah 19 Bq/cm^2 , sedangkan batasan kontaminasi permukaan keselamatan untuk Zona III (R013) adalah 37 Bq/cm^2 . Dengan demikian pekerja masih diijinkan untuk melakukan

kegiatannya di R013. Namun dilihat dari sisi ancaman bahaya radiasi interna, kontaminasi dari lantai tersebut memungkinkan bercampur atau menjadi debu yang dapat dihirup melalui pernapasan, hal ini sangat membahayakan. Untuk itu pekerja radiasi sangat dianjurkan untuk mengenakan Alat Pelindung Diri (APD) yang baik, yaitu memakai masker debu, pelindung kepala, sepatu laboratorium dan didampingi Petugas Proteksi Radiasi (PPR).

Ruang 013 adalah tempat penampungan dan pengemasan limbah radioaktif padat bukan hanya dari laboratorium/ruangan analisa kimia, namun limbah juga berasal dari *hot cell* berupa limbah padat radiasi tinggi. Hal ini berdampak pada resiko penerimaan laju paparan radiasi dan kontaminasi menjadi sangat tinggi bagi para pekerja yang mengelola limbah. Untuk itu kegiatan optimalisasi Ruang 013 diharapkan dapat menekan serendah mungkin penerimaan laju paparan radiasi dan kontaminasi bagi para pekerja pengelola limbah.

KESIMPULAN

Telah dilakukan kegiatan optimalisasi Ruang 013 Penampung limbah radioaktif padat di Gedung 20 Intalasi Radiometalurgi (IRM). Hasil dari kegiatan tersebut diketahui bahwa Ruang 013 lebih optimal dari pada sebelumnya, dengan indikator sebagai berikut:

1. Pekerja radiasi di Ruang 013 dapat secara leluasa bergerak tanpa terganggu dengan posisi peralatan yang telah disusun/diatur.
2. Hasil pengukuran laju paparan tertinggi adalah 90 $\mu\text{Sv/h}$, sedangkan kontaminasi permukaan adalah 19 Bq/cm^2 . Besaran tersebut masih dibawah batas operasi yang diijinkan di IRM.
3. Dengan menerapkan sistem proteksi radiasi yang baik, pekerja radiasi tidak menerima besaran laju paparan radiasi dan kontaminasi yang berlebihan.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM, PP No.61 tentang, "Pengelolaan Limbah Radioaktif", Jakarta, Tahun 2013.
2. ANONIM, "Ketentuan Keselamatan untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif", Keputusan Kepala BAPETEN Nomor: 03/ka-bapeten/v-99, Jakarta, Tahun 1999.
3. ANONIM, "Prosedur Pengelolaan Limbah Radioaktif dan B3", PTBBN, Jakarta, Tahun 2014.

4. ANONIM, "Laporan Triwulan IV Bidang Keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir", Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Jakarta, Tahun 2018.
5. ANONIM, "Laporan Analisis Keselamatan IRM", Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Jakarta, Tahun 2011.
6. ANONIM, "Proteksi dan Keselamatan Radiasi Dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir", Keputusan Kepala BAPETEN Nomor: 04/ka-bapeten/2013, Jakarta, Tahun 2013.