

## ASPEK RADIOLOGI PADA PENYIMPANAN HASIL PENGONDISIAN ZAT RADIOAKTIF TERBUNGKUS YANG TIDAK DIGUNAKAN DI FASILITAS PENYIMPANAN SEMENTARA LIMBAH AKTIVITAS TINGGI (PSLAT)

Suhartono, Muhamad Nurhasyim, Jati Eka Putri

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif – Badan Tenaga Nuklir Nasional

[suhartono@batan.go.id](mailto:suhartono@batan.go.id)

### ABSTRAK

ASPEK RADIOLOGI PADA PENYIMPANAN HASIL PENGONDISIAN ZAT RADIOAKTIF TERBUNGKUS YANG TIDAK DIGUNAKAN DI FASILITAS PENYIMPANAN SEMENTARA LIMBAH AKTIVITAS TINGGI (PSLAT). Hasil pengondisian zat radioaktif terbungkus kategori 3 – 5 yang tidak digunakan (ZRTTD) berupa kapsul-kapsul stainless steel diameter 5 cm dan tinggi 12,5 cm yang di dalamnya berisi ZRTTD yang telah didismantling. Kapsul hasil pengondisian ZRTTD tersebut memiliki laju dosis radiasi tinggi. Penyimpanan kapsul stainless steel hasil pengondisian ZRTTD di ruangan penyimpanan Interim Storage 1 (IS-1) atau Interim Storage 2 (IS-2) berpotensi memberikan paparan radiasi relatif tinggi terhadap daerah kerja. Telah dilakukan kajian radiologi pada penyimpanan kapsul hasil pengondisian ZRTTD kategori 3 – 5 di fasilitas sumuran PSLAT. Kajian dilakukan menggunakan software MicroShield version 7.02, untuk 8 kapsul stainless steel berisi aktivitas total Co-60 0,33 Ci; Cs-137 14,01 Ci; dan Am-241 0,36 Ci yang disimpan dalam sumuran PSLAT dengan kedalaman 4 m. Hasil perhitungan menunjukkan laju dosis radiasi sebesar 0,284 mR/jam ( $\approx 2,84 \mu\text{Sv}/\text{jam}$ ) pada permukaan sumur. Nilai laju dosis tersebut masih berada di bawah batasan laju dosis ruangan tersebut yang telah ditetapkan sebesar 25  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ . Dengan demikian penyimpanan kapsul-kapsul hasil pengondisian ZRTTD kategori 3 – 5 di dalam drum stainless steel 60 liter dan dimasukkan ke dalam sumuran PSLAT dapat mereduksi laju paparan radiasi, sehingga aman bagi daerah kerja, pekerja radiasi, dan lingkungan.

Kata kunci : limbah, radioaktif, pengondisian, ZRTTD, PSLAT

### ABSTRACT

*RADIOLOGY ASPECT ON THE STORAGE OF RESULT OF CONDITIONING DISUSED SEALED RADIOACTIVE SOURCES (DSRS) IN INTERIM STORAGE FOR HIGH ACTIVITY RADIOACTIVE WASTE FACILITIES. The result of conditioning of disused sealed radioactive sources (DSRS) category 3-5 are stainless steel capsules with 5 cm diameter and 12.5 cm height, it contains DSRS which has been dismantled. The DSRS conditioning capsule has a high radiation dose rate. Storage of DSRS stainless steel conditioning capsules in storage rooms Interim Storage 1 (IS-1) or Interim Storage 2 (IS-2) has potential to provide relatively high radiation exposure to the working area. Radiology studies were performed on conditioning capsule of DSRS category 3-5 in Interim Storage for High Activity Radioactive Waste Facilities. Calculations were conducted using MicroShield software version 7.02, for 8 stainless steel capsules with total activity Co-60 0.33 Ci; Cs-137 14.01 Ci; and Am-241 0.36 Ci stored in Interim Storage for High Activity Radioactive Waste wells with a depth of 4 m. The calculation result revealed that a radiation dose rate of 0.284 mR / h ( $\approx 2.84 \mu\text{Sv} / \text{h}$ ) on the surface of the well. The dose rate is still below the room dose rate limit which has been determined of 25  $\mu\text{Sv} / \text{h}$ . Thus storage of DSRS category 3-5 conditioning capsules in 60 liters stainless steel drums and inserted into Interim Storage for High Activity Radioactive Waste wells can reduce the dose rate of radiation exposure, making it safe for working areas, radiation workers, and the environment.*

Keywords: waste, radioactive, conditioning, DSRS, Interim Storage for High Activity Radioactive Waste (ISHARW)

### PENDAHULUAN

Fasilitas Penyimpanan Sementara Limbah Aktivitas Tinggi (PSLAT) merupakan salah satu fasilitas yang dimiliki oleh PTLR-BATAN yang berfungsi untuk :<sup>(1)</sup>

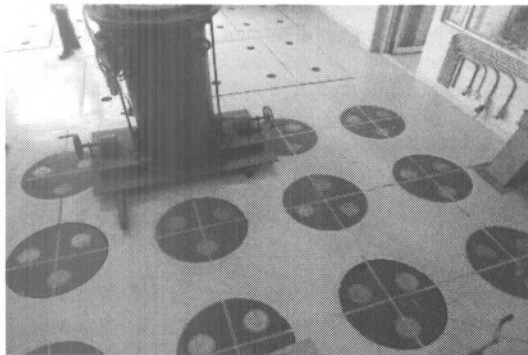
- Menyimpan limbah radioaktif aktivitas tinggi agar aman dan tidak membahayakan bagi lingkungan,
- Menyimpan sementara limbah radioaktif aktivitas tinggi untuk meluruhkan menjadi limbah aktivitas/radiasi sedang agar dapat diproses lebih lanjut di

Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif (IPLR), PTLR-BATAN.

Bangunan PSLAT memiliki panjang 15 m dan lebar 7,9 m. Tempat penyimpanan limbah radioaktif aktivitas tinggi di PSLAT terdiri dari 2 (dua) jenis yaitu tipe sumuran dan tipe kolam. Tipe sumuran digunakan untuk menyimpan limbah radioaktif aktivitas tinggi berdimensi kecil yang dapat dimasukkan ke dalam drum stainless steel volume 60 l atau 100 l. Jumlah total sumuran yang terdapat di PSLAT adalah 20 buah yang diberi kode penomoran A1 – A5, B1 – B5, C1 – C5, dan D1 – D5. Setiap sumuran

memiliki diameter dalam sebesar 60 cm dengan kedalaman 4 m. Dinding sumuran terbuat dari beton dengan ketebalan 10 cm. Tutup sumuran berupa silinder beton setebal 33 cm dan dilapisi dengan timbal (Pb) setebal 5 cm.

Fasilitas penyimpanan tipe kolam terdiri dari 3 buah kolam dengan dimensi masing-masing 3 m x 2,12 m x 4 m; 1,2 m X 2,12 m x 4 m; 3,6 m x 1,93 m x 4 m; dan 1 kotak untuk lubang inspeksi dengan ukuran 2,5 m x 1,93 m x 4 m. Dinding-dinding kolam PSLAT terbuat dari beton dengan ketebalan 10 cm. Sedangkan penutup kolam PSLAT terbuat dari beton setebal 25 cm dan dilapisi timbal (Pb) setebal 5 cm. Fasilitas penyimpanan tipe kolam digunakan untuk menyimpan limbah radioaktif aktivitas tinggi yang memiliki dimensi besar. Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan gambar fasilitas penyimpanan yang ada di PSLAT.



Gambar 1. Fasilitas penyimpanan tipe sumuran



Gambar 2. Fasilitas penyimpanan tipe kolam

Untuk pengoperasian, PSLAT dilengkapi dengan beberapa sarana dukung antara lain *crane* dengan kapasitas 15 ton, dan *transfer cask* yang terbuat dari timbal (Pb) tebal 7,5 cm. Untuk memasukkan drum stainless steel 60 l atau 100 l ke dalam sumuran, PSLAT dilengkapi dengan sistem magnetik yang dapat mengangkat beban sampai dengan 300 kg.

208

Limbah radioaktif adalah zat radioaktif dan bahan serta peralatan yang telah terkena zat radioaktif atau menjadi radioaktif karena pengoperasian instalasi nuklir yang tidak dapat digunakan lagi<sup>[2]</sup>. Salah satu jenis limbah radioaktif yang banyak ditimbulkan dari kegiatan pemanfaatan zat radioaktif di bidang industri adalah zat radioaktif terbungkus yang tidak digunakan (ZRTTD) yang biasanya disebut sebagai sumber bekas. ZRTTD biasanya berupa sumber terbungkus yang dikemas dalam kapsul dengan integritas tinggi dimana di dalam kapsul mengandung radionuklida spesifik dengan derajat kemurnian tinggi. ZRTTD berasal dari sumber radiasi terbungkus yang banyak digunakan untuk keperluan industri seperti iradiator, teleterapi, brakiterapi, radiografi gamma industri, *gauging* ketinggian, *gauging* ketebalan, *well logging*, dan sebagainya<sup>[3]</sup>.

Sumber radioaktif dikelompokkan menjadi 5 (lima) kategori<sup>[4]</sup>. Kategorisasi sumber radioaktif didasarkan pada rasio A/D. A adalah aktivitas radionuklida yang terdapat dalam sumber radioaktif, sedangkan D merupakan aktivitas spesifik sumber radioaktif yang dapat menyebabkan efek deterministik yang fatal untuk skenario asumsi konservatif. Kelima kategori sumber radioaktif tersebut adalah :

- a. Kategori 1. *Extremely dangerous to the person*. Sumber radioaktif yang termasuk kategori 1 memiliki rasio  $A/D \geq 1000$ .
- b. Kategori 2. *Very dangerous to the person*. Sumber radioaktif yang termasuk kategori 2 memiliki rasio  $1000 > A/D \geq 10$ .
- c. Kategori 3. *Dangerous to the person*. Sumber radioaktif yang termasuk kategori 3 memiliki rasio  $10 > A/D \geq 1$ .
- d. Kategori 4. *Unlikely to be dangerous to the person*. Sumber radioaktif yang termasuk kategori 4 memiliki rasio  $1 > A/D \geq 0.01$ .
- e. Kategori 5. *Most unlikely to be dangerous to the person*. Sumber radioaktif yang termasuk kategori 5 memiliki rasio  $0.01 > A/D \geq$  (Batas Perkecualian/D).

Untuk sumber radioaktif yang terdiri dari beberapa jenis radionuklida, *aggregate A/D* dihitung menggunakan persamaan :<sup>[4]</sup>

$$\text{Aggregate } \frac{A}{D} = \sum \frac{\sum_i A_{i,n}}{D_n}$$

dengan :

$A_{i,n}$  = aktivitas tiap sumber radioaktif  $i$  dari jumlah sumber radioaktif (radionuklida)  $n$

$D_n$  = nilai D untuk jumlah sumber radioaktif (radionuklida)  $n$

Ketika sumber-sumber radioaktif terbungkus yang banyak dimanfaatkan untuk keperluan industri tersebut tidak digunakan lagi, maka harus dikelola sebagai limbah radioaktif berupa ZRTTD. Potensi bahaya radiasi dari ZRTTD ini masih tinggi karena memiliki laju paparan radiasi relatif tinggi. Terdapat 2 (dua) opsi untuk pengelolaan limbah radioaktif berupa ZRTTD yaitu mengirim kembali ke negara asal, atau dilimahkan ke PTLR – BATAN<sup>[1]</sup>.

Strategi pengelolaan ZRTTD kategori 3 – 5 di PTLR-BATAN berupa pengondisian dalam kapsul-kapsul *stainless steel* berdimensi tinggi 12,5 cm dan diameter 5 cm. Setiap unit ZRTTD dibongkar untuk diambil sumber radioaktif-nya. Pembongkaran unit ZRTTD mengikuti instruksi teknis pedoman pembongkaran dari *International Atomic Energy Agency (IAEA)*. Selanjutnya sumber-sumber radioaktif tersebut dikondisioning dalam kapsul *stainless steel* dan ditutup/dilas. Jumlah sumber radioaktif dalam setiap kapsul hasil pengondisian bervariasi, tergantung dimensi dan aktivitas dari sumber radioaktif yang dikondisioning. Setiap kapsul *stainless steel* berisi 1 (satu) jenis radionuklida.

Laju dosis radiasi setiap kapsul *stainless steel* hasil pengondisian ZRTTD menjadi tinggi akibat akumulasi aktivitas radionuklida. Ada yang mencapai 5,6 mSv/jam pada jarak 1 m dari permukaan kapsul. Saat ini kapsul-kapsul hasil pengondisian ZRTTD tersebut dimasukkan ke dalam *shell drum* 200 l dan disimpan di ruang sumber *Interim Storage* 2 PTLR – BATAN. Laju dosis radiasi *shell drum* 200 l tersebut juga masih relatif tinggi, sampai dengan 2,29 mSv/jam pada kontak permukaan *shell drum* 200 l. Laju dosis radiasi tersebut dapat memberikan radiasi berlebih pada daerah kerja dan ruang perkantoran di sekitarnya.

Untuk mewujudkan prinsip *as low as reasonably achievable (ALARA)* pada pengelolaan limbah radioaktif di PTLR-BATAN, kapsul-kapsul *stainless steel* hasil pengondisian ZRTTD kategori 3 – 5 tersebut direncanakan akan disimpan di salah satu sumuran fasilitas PSLAT. Fasilitas sumuran di PSLAT merupakan sistem penyimpanan di bawah permukaan tanah, sehingga diharapkan laju dosis radiasi tinggi dari masing-masing kapsul hasil pengondisian ZRTTD dapat direduksi sehingga aman bagi pekerja dan daerah kerja sekitarnya.

Penyimpanan pada fasilitas sumuran PSLAT juga dapat digunakan sebagai fungsi penundaan dalam sistem keamanan penyimpanan zat/limbah radioaktif. Dengan demikian penyimpanan kapsul-kapsul hasil pengondisian ZRTTD di salah satu sumuran PSLAT dapat lebih menjamin keselamatan dan keamanan pengelolaan ZRTTD terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan sekitar.

*Software MicroShield Version 7.02* adalah *software* komputer buatan *Grove Software Inc, Lynchburg, Virginia USA* yang dapat digunakan untuk menghitung laju dosis radiasi dari sumber-sumber radioaktif berbagai macam bentuk yang melewati berbagai ketebalan dan jenis *shielding*. Kelebihan lain dari *software MicroShield Version 7.02* adalah dapat menghitung laju dosis radiasi dari sumber radioaktif yang terdiri dari campuran beberapa radionuklida.

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mendapatkan gambaran tingkat radiasi pada upaya penyimpanan hasil pengondisian ZRTTD di dalam sumuran PSLAT. Dalam makalah ini akan dikaji potensi radiasi dalam upaya penyimpanan ZRTTD di fasilitas sumuran PSLAT. Fokus utama pembahasan berupa kajian laju dosis radiasi di daerah kerja PSLAT. Batasan laju paparan radiasi di daerah pengendalian PSLAT adalah 25  $\mu$ Sv/jam<sup>[5]</sup>. Dengan demikian diharapkan penyimpanan ZRTTD di sumuran PSLAT tidak mengakibatkan laju paparan radiasi pada daerah kerja PSLAT melebihi 25  $\mu$ Sv/jam.

## METODOLOGI

Kajian dilakukan dengan menggunakan *software MicroShield version 7.02* dengan data pendukung berupa data hasil identifikasi kegiatan pengondisian ZRTTD yang sudah dilakukan. Tahap pertama dilakukan pengumpulan data-data dan identifikasi sumber-sumber radioaktif hasil pengondisian ZRTTD. Data yang diperlukan dalam tahapan ini berupa identitas kapsul, jumlah sumber, jenis radionuklida, dan aktivitas total radionuklida. Dilakukan juga studi disain dan gambar-gambar PSLAT dan pengukuran dimensi sumuran PSLAT beserta penutupnya. Selanjutnya berdasarkan data-data tersebut dilakukan kajian laju dosis radiasi menggunakan *software MicroShield version 7.02*. Hasil perhitungan *software MicroShield version 7.02* selanjutnya dianalisis dan dibandingkan dengan batasan parameter keselamatan radiasi daerah kerja PSLAT yang sudah ditetapkan dalam Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi IPLR.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 berikut ini adalah data radioaktivitas dari masing-masing kapsul

*stainless steel* hasil pengondisian ZRTTD yang sudah dilakukan sampai dengan September 2016 di PTLR-BATAN.

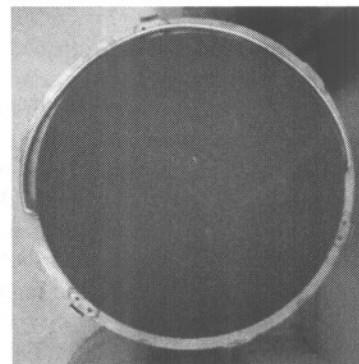
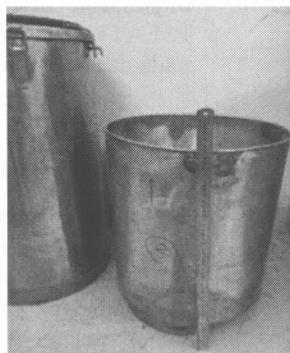
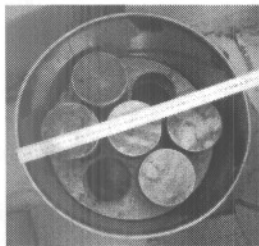
Tabel 1. Data kapsul *stainless steel* hasil pengondisian ZRTTD di PTLR-BATAN

No.	Kode Kapsul S.S	Radionuklida	$D_{value}$ (Ci)	Jumlah Sumber	Aktivitas, A (Ci)
1	C-01	Co-60	0,81	61	0,03
2	C-02	Cs-137	2,70	36	7,44
3	C-03	Cs-137	2,70	9	0,05
4	C-04	Am-241/Be	1,62	10	0,36
5	C-05	Co-60	0,81	80	0,21
6	C-06	Co-60	0,81	30	0,08
7	C-07	Cs-137	2,70	36	4,55
8	C-09	Cs-137	2,70	20	1,98

Dari Tabel 1, dapat diketahui aktivitas total dari masing-masing radionuklida adalah Co-60 sebesar 0,33 Ci; Cs-137 sebesar 14,01 Ci; dan Am-241/Be sebesar 0,36 Ci. Seluruh kapsul *stainless steel* yang berisi sumber-sumber radioaktif pada Tabel 1 tersebut akan dimasukkan ke dalam 1 (satu) drum *stainless steel* ukuran 60 l, dan selanjutnya disimpan di sumuran PSLAT. Dengan demikian *aggregate A/D* dapat dihitung :

$$\begin{aligned}
 &= (0,03 + 0,21 + 0,08)/0,81 + (7,44 + \\
 &0,05 + 4,55 + 1,98)/2,70 + (0,36)/1,62 \\
 &= 0,4 + 5,19 + 0,22 \\
 &= 5,81
 \end{aligned}$$

Dengan demikian bungkusan berupa drum *stainless steel* 60 l akan memiliki *aggregate A/D* = 5,81 termasuk kategori 3 ( $10 > A/D \geq 1$ ). Gambar 3 dan 4 menunjukkan drum *stainless steel* 60 l yang akan digunakan untuk menyimpan kapsul-kapsul *stainless steel* hasil pengondisian ZRTTD kategori 3 – 5.



Gambar 3. Tampak atas dan tampak samping drum *stainless steel* 60 l

Gambar 4. Sistem magnetik pada tutup drum *stainless steel* 60 l

Sumuran PSLAT memiliki kedalaman 4 m. Sedangkan penutup sumuran terbuat dari beton setebal 33 cm dan dilapisi timbal (Pb) setebal 5 cm. Dalam perhitungan menggunakan *software MicroShield Version 7.02* kedalaman sumuran dan dimensi penutupnya akan berfungsi sebagai *shielding* radiasi dalam arah vertikal menuju permukaan sumuran. Tabel 2 berikut ini adalah hasil perhitungan laju dosis radiasi pada permukaan sumuran PSLAT menggunakan *software MicroShield Version 7.02* dengan

sumber radiasi kapsul-kapsul *stainless steel* 60 l pada data Tabel 1.

Tabel 2. Hasil perhitungan laju dosis radiasi pada permukaan sumuran PSLAT menggunakan *software MicroShield Version 7.02.*

MicroShield 7.02 Toshiba (08-MSD-7.02-1527)			
Date	By	Checked	
August 4, 2017	Suhartono	Husen Zamroni	
Filename	Run Date	Run Time	Duration
Kapsul Kondisioning Dalam Sumuran PSLAT	August 4, 2017	3:05:20 PM	00:00:00
Project Info			
Case Title	Seluruh Kapsul Sumber Dalam satu Drum SS 60 L		
Description	Kapsul SS Hasil Expert Mission dan Fellowship		
Geometry	1 - Point		

Source Input: Grouping Method - Actual Photon Energies					
Nuclide	Ci	Bq			
Am-241	3.6000e-001	1.3320e+010			
Ba-137m	1.3253e+001	4.9038e+011			
Co-60	3.3000e-001	1.2210e+010			
Cs-137	1.4010e+001	5.1837e+011			
Buildup: The material reference is Shield 1 Integration Parameters					
Results					
Energy (MeV)	Activity (Photons/sec)	Fluence Rate MeV/cm <sup>2</sup> /sec No Buildup	Fluence Rate MeV/cm <sup>2</sup> /sec With Buildup	Exposure Rate mR/hr No Buildup	Exposure Rate mR/hr With Buildup
0.0045	5.091e+09	0.000e+00	1.846e-25	0.000e+00	1.265e-25
0.0139	5.688e+09	0.000e+00	6.412e-25	0.000e+00	6.989e-26

0.0263	3.197e+08	0.000e+00	7.647e-25	0.000e+00	1.123e-26
0.0318	1.015e+10	0.000e+00	1.017e-22	0.000e+00	8.473e-25
0.0322	1.873e+10	0.000e+00	2.041e-22	0.000e+00	1.642e-24
0.0332	1.412e+07	0.000e+00	1.915e-25	0.000e+00	1.409e-27
0.0364	6.816e+09	0.000e+00	1.809e-22	0.000e+00	1.028e-24
0.0595	4.782e+09	1.202e-122	1.162e-20	2.412e-125	2.330e-23
0.0692	2.389e+07	9.461e-86	1.886e-22	1.625e-88	3.239e-25
0.6616	4.412e+11	9.381e-01	5.402e+01	1.819e-03	1.047e-01
0.6938	1.992e+06	6.930e-06	3.506e-04	1.338e-08	6.769e-07
1.1732	1.221e+10	2.421e+00	3.871e+01	4.327e-03	6.918e-02
1.3325	1.221e+10	4.925e+00	6.317e+01	8.544e-03	1.096e-01
<b>Totals</b>	<b>5.173e+11</b>	<b>8.284e+00</b>	<b>1.559e+02</b>	<b>1.469e-02</b>	<b>2.835e-01</b>

Berdasarkan data pada Tabel 2 tampak bahwa jika 8 (delapan) buah kapsul *stainless steel* hasil pengondisian ZRTTD (data aktivitas pada Tabel 1) disimpan di dasar sumuran PSLAT dan ditutup dengan penutup sumuran, maka akan memberikan laju dosis radiasi sebesar 0,284 mR/jam ( $\approx 2,84 \mu\text{Sv/jam}$ ) pada permukaan sumuran. Nilai laju dosis radiasi sebesar 2,84  $\mu\text{Sv/jam}$  ini masih di bawah batasan laju dosis radiasi pada ruangan tersebut yang telah ditetapkan sebesar 25  $\mu\text{Sv/jam}$ <sup>[5]</sup>. Nilai laju dosis radiasi ke arah horizontal dari sumuran tidak menjadi hal yang mengkhawatirkan karena struktur beton dinding sumuran dan tanah sekitarnya akan berfungsi sebagai penahan radiasi yang efektif. Potensi kontaminasi radioaktif pada sumuran dan tanah sekitarnya relatif kecil karena sumber radioaktif yang disimpan berupa sumber-sumber radioaktif terbungkus bekas yang dikemas dalam kapsul dengan integritas tinggi. Potensi kerusakan sumber radioaktif terbungkus, kapsul-kapsul, dan drum penyimpannya akibat pengaruh lingkungan (suhu dan kelembaban) diminimalisir dengan penggunaan bahan *stainless steel* dan dinding-dinding sumuran terbuat dari beton dengan ketebalan 10 cm.

Penempatan kapsul-kapsul *stainless steel* hasil pengondisian ZRTTD kategori 3 – 5 di dalam sumuran PSLAT juga dapat digunakan sebagai fungsi penundaan dalam upaya keamanan sumber radioaktif<sup>[6]</sup>. Diperlukan sistem peralatan tertentu dan keterampilan operator untuk membuka/menutup tutup sumuran dan memasukkan/mengeluarkan drum *stainless steel* dalam sumuran. Ditambah dengan kendali akses kunci, akan menjamin keamanan penyimpanan sumber-sumber radioaktif dari

kemungkinan sabotase, pencurian, dan atau bahaya kebakaran.

## KESIMPULAN

Kapsul-kapsul *stainless steel* hasil pengondisian ZRTTD kategori 3 – 5 dapat disimpan di dalam fasilitas sumuran PSLAT dengan selamat dan aman. Perhitungan menggunakan *software MicroShield Version 7.02*. menunjukkan bahwa sumber-sumber radioaktif terbungkus bekas yang terdiri dari campuran radionuklida Co-60 dengan aktivitas 0,33 Ci; Cs-137 14,01 Ci; dan Am-241 0,36 Ci yang disimpan di dasar sumuran hanya akan memberikan laju dosis radiasi sebesar 2,84  $\mu\text{Sv/jam}$  pada kontak permukaan sumuran bagian atas. Nilai laju dosis radiasi sebesar 2,84  $\mu\text{Sv/jam}$  ini masih di bawah batasan laju dosis radiasi pada ruangan tersebut yang telah ditetapkan sebesar 25  $\mu\text{Sv/jam}$ . Penyebaran kontaminasi zat radioaktif pada sumuran PSLAT dan struktur tanah di sekitarnya tidak akan terjadi karena zat radioaktif terkungkung secara kuat dalam pembungkus dari bahan *stainless steel* dan selanjutnya dimasukkan ke dalam kapsul dan drum ukuran 60 l yang terbuat dari bahan *stainless steel* juga. Penyimpanan kapsul-kapsul *stainless steel* hasil pengondisian ZRTTD kategori 3 – 5 di dalam sumuran PSLAT juga dapat memberikan jaminan keamanan sumber radioaktif yang lebih baik. Karena sumuran PSLAT dapat digunakan sebagai fungsi penundaan yang handal dalam upaya keamanan sumber radioaktif.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Wasito, Dasar Perencanaan Penyimpanan Sementara Limbah Aktivitas Tinggi (PSLAT) Sistem Sumuran, PTLR-BATAN, (1994).
2. Pemerintah Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif, (2013).
3. IAEA, *IAEA-TECDOC-1690 Review of Sealed Source Designs and Manufacturing Techniques Affecting Disused Source Management*, (2012) 2 – 20.
4. IAEA, *IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.9 Categorization of Radioactive Sources*, (2005) 4 – 33.
5. PTLR-BATAN, *Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif (IPLR)* PTLR – BATAN, (2017).
6. BAPETEN, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 6 Tahun 2015 Tentang Keamanan Sumber Radioaktif, BAPETEN, (2015).

Jawaban :

- 1) Diperkirakan tiap sumuran dapat menyimpan 28-35 kapsul SS yang diameter 5 cm dan tinggi 12,5 cm.
- 2) Kedalaman sumuran didisain dengan memperhitungkan :
  - a. tingkat radiasi daerah kerja yang ingin dicapai
  - b. tinggi permukaan air tanah lokasi PSLAT
- 3) SS 304.

**Tanya Jawab**

Penanya : Hendro Wahyono.

Pertanyaan :

- 1) Berapa kapasitas sumur untuk dapat menyimpan kapsul-kapsul tersebut ?
- 2) Bagaimana pengaruh serapan radiasi terhadap tanah ?

Jawaban :

- 1) Berdasarkan desain, tiap sumuran PSLAT dirancang dapat menyimpan limbah radioaktif dengan aktivitas total 2600 Ci (dengan asumsi radionuklida Co-60)
- 2) Dinding sumuran dilapisi dengan beton setebal 10 cm dengan berat jenis  $\pm 3,0 - 3,4 \text{ g/cm}^2$ .

Penanya : Sunardi

Pertanyaan :

- 1) Berapa jumlah maksimal kapsul SS diameter 5 cm tinggi 12,5 cm yang didalamnya berisi ZRTTD yang dapat dimasukkan. ?
- 2) Dimensi sumuran PSLAT (kedalaman) atau desain mengacu pada standard apa?
- 3) Bahan SS berapa yang dipakai ?