

# KARAKTERISASI LIMBAH RADIOAKTIF DAN BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN DI FASILITAS KANAL HUBUNG INSTALASI PENYIMPANAN SEMENTARA BAHAN BAKAR NUKLIR BEKAS (KH-IPSB3)

Dyah Sulistyani Rahayu

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif, Kawasan Puspiptek Serpong  
yayuk@batan.go.id

## ABSTRAK

**KARAKTERISASI LIMBAH BAHAN RADIOAKTIF DAN BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN DI FASILITAS KANAL HUBUNG INSTALASI PENYIMPANAN BAHAN BAKAR NUKLIR BEKAS (KHIPSB3).** Tujuan dilakukan karakterisasi limbah radioaktif dan B3 di KH-IPSB3 adalah untuk mengetahui jumlah/kuantitas limbah yang ditimbulkan selama pengoperasian normal instalasi KH-IPSB3 sebagai fasilitas penyimpanan bahan bakar nuklir bekas. Karakteristik limbah ini sangat penting sebagai acuan dalam menentukan jenis proses yang akan dilakukan juga untuk pemantauan dalam penyimpanannya nanti sehingga aman bagi manusia dan lingkungan. Limbah yang ditimbulkan dari pengoperasian KH-IPSB3 dapat berupa limbah radioaktif padat, semi cair, gas dan limbah B3. Volume limbah doubtful efluen sekitar 4 m<sup>3</sup>/tahun, limbah radioaktif padat terkontaminasi, seperti sarung tangan, masker, shoe cover sebanyak 3 drum 100 lt/tahun, limbah filter *skimmer* sebanyak 2 buah/tahun, limbah hepa filter sebanyak 4 buah/ tahun. Limbah semi cair berupa resin yang berasal dari penggantian resin di sistem purifikasi, dan limbah B3 yang berasal dari regenerasi resin sistem demineralisasi. Limbah radioaktif dan B3 selanjutnya akan dikirim ke instalasi pengolahan limbah Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR). Karakterisasi limbah radioaktif dan B3 ini berguna untuk mendukung kegiatan proses pengolahan limbah yaitu dijadikan acuan untuk tindak lanjut proses pengolahan limbah di PTLR.

Kata Kunci : karakterisasi, data limbah radioaktif dan B3, KHIPSB3

## ABSTRACT

**CHARACTERIZATION OF RADIOACTIVE AND HAZARDOUS WASTE IN TRANSFER CHANNEL INTERIM STORAGE OF SPENT FUEL (TC-ISSF).** *The purpose of characterization of radioactive waste and hazardous and toxic materials in the TC-ISSF is to determine the amount / quantity of waste generated during the normal operation of the installation of TC-ISSF as a storage facility of spent nuclear fuel. Characteristics of this waste is very important as a reference in determining the type of process to be carried out also for monitoring in later storage that is safe for humans and the environment. Waste arising from the operation of the TC-ISSF may be solid, semi-liquid, gas, radioactive waste and hazardous and toxic waste. The volume of doubtful effluent waste is approximately 4 m<sup>3</sup>/year, contaminated solid radioactive waste, such as gloves, masks, shoe covers is three drums of 100 l/year, filter skimmer waste is 2 pieces/year, waste HEPA filter 4 units/year. Semi-liquid waste in the form of a resin derived from the replacement resin in the purification system, and hazardous waste originating from resin regeneration demineralization system. Radioactive and hazardous waste are then sent to waste treatment plant in the Center for Radioactive waste Technology (CRWT). Characterization of radioactive waste and hazardous and toxic materials is useful to support the waste treatment process that is used as a reference for the follow-up process of waste treatment in CRWT.*

*Keywords: Characterization, radioactive waste and hazardous, TC-ISSF*

## PENDAHULUAN

Kanal Hubung Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Nuklir Bekas (KH-IPSB3) merupakan instalasi penyimpanan bahan bakar nuklir bekas yang berasal dari reaktor. Instalasi tersebut terdiri dari kolam penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Bekas (BBNB) dengan kapasitas 1458 BBNB dan dilengkapi sistem pendukung seperti sistem *Ventilation Air Conditioner (VAC) off Gas*, purifikasi, pendingin, produksi air demin dan pemantau radiasi. Dengan kapasitas ini IPSB3

mampu menampung seluruh bahan bakar RSG-GAS selama 25 tahun Limbah radioaktif yang ditimbulkan dari pengoperasian KH-IPSB3 dapat berupa limbah padat, semi cair, gas dan limbah B3 aktivitas rendah dan sedang. Pengolahan limbah radioaktif menjadi tanggung jawab PTLR, sesuai dengan pasal 5 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun menyebutkan bahwa “Pengelolaan limbah radioaktif dilakukan oleh instansi yang bertanggung jawab atas pengelolaan radioaktif sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku ”Kegiatan pengawasan keselamatan radiasi yang diupayakan bertujuan untuk mencegah terjadinya efek deterministik (non stokastik) dan menekan serendah mungkin probabilitas efek stokastik dengan memperhatikan aspek sosial dan ekonomi[1]. Upaya ini dilaksanakan dengan menetapkan Nilai Batas Dosis (NBD) terhadap pekerja, masyarakat didasarkan pada SK Kepala BAPETEN No 01/Ka. BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja terhadap Radiasi [2]. Penanganan emisi berdasarkan pada falsafah keselamatan yang tinggi, udara yang dikeluarkan dari KH-IPSB3 ke lingkungan melalui sistem penyaringan dengan rangkaian beberapa filter berkemampuan tinggi (*pre filter*, *HEPA filter* dan *charcoal filter*) dan dilepaskan melalui cerobong dengan ketinggian 30 meter. Batasan emisi operasional instalasi ini mengacu pada Perka BAPETEN nomor 02/Ka.BAPETEN/V-99 tentang Baku Tingkat Radioaktivitas Lingkungan.

Limbah radioaktif didefinisikan sebagai zat radioaktif dan bahan serta peralatan yang telah terkena zat radioaktif atau menjadi radioaktif karena pengoperasian instalasi nuklir yang tidak dapat digunakan lagi [3]. Potensi bahaya dari limbah radioaktif terhadap manusia timbul dari pancaran radiasi yang dapat mengionisasi molekul-molekul organik dalam tubuh manusia secara langsung ataupun tidak langsung. Berdasarkan potensi bahaya yang dapat ditimbulkannya tersebut, limbah radioaktif termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun yang perlu mendapatkan pengelolaan secara tepat agar tidak membahayakan masyarakat dan lingkungan.

Tujuan dilakukan karakterisasi limbah radioaktif dan B3 di KH-IPSB3 adalah untuk mengetahui jumlah /kuantitas limbah yang ditimbulkan selama pengoperasian normal instalasi KH-IPSB3 sebagai fasilitas penyimpanan bahan bakar nuklir bekas. Karakteristik limbah ini sangat penting sebagai acuan dalam menentukan jenis proses yang akan dilakukan juga untuk pemantauan dalam penyimpanannya nanti sehingga aman bagi manusia dan lingkungan. Pengelolaan data limbah dipenghasil limbah juga diwajibkan oleh Bapeten dalam bentuk laporan SALT (Sistem Akuntansi Limbah Terpadu) yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah No.61 tahun 2013 tentang pengelolaan limbah radioaktif tersebut menyatakan bahwa setiap penghasil wajib melakukan inventarisasi limbah radioaktif pada tiap tahap kegiatan pengelolaannya. Informasi tentang karakterisasi limbah radioaktif yang dikelola dan dipergunakan untuk perencanaan, pengendalian, pengevaluasian, dan perbaikan berkelanjutan terhadap kegiatan pengelolaan limbah radioaktif. Limbah radioaktif dan B3 selanjutnya akan dikirim ke instalasi pengolahan limbah PTLR. Karakterisasi limbah radioaktif dan B3 ini berguna untuk mendukung kegiatan proses pengolahan limbah yaitu dijadikan acuan untuk tindak lanjut proses pengolahan limbah di PTLR. Dalam pengoperasiannya sistem pendukung di

KHIPSBB3, akan dihasilkan berbagai jenis limbah yaitu limbah radioaktif, limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) serta limbah non B3.

Limbah radioaktif material terkontaminasi terdiri dari jenis padat, cair, dan semi cair. Limbah B3 setelah dikarakterisasi terbatas kemudian dikemas dalam drum HDPE dengan mempertimbangkan kompatibilitas antar bahan kimia. Limbah non B3 dilakukan pemilahan untuk menentukan jenis yang bisa didaur ulang, dipergunakan kembali atau akan dibuang.

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan operasional di KH-IPSB3 antara lain :

#### A. Limbah Radioaktif Aktivitas Rendah dan Sedang

Beberapa bahan radioaktif yang dapat dikategorikan sebagai limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang antara lain ;

- ~ resin penukar ion bekas
- ~ peralatan penelitian dari laboratorium yang menggunakan bahan radioaktif,
- ~ shoe covers, sarung tangan, baju lab, kertas serap yang digunakan pada daerah terkontaminasi,
- ~ Hepa filter

#### B. Limbah *Doubtful effluent*

Salah satu jenis limbah yang ditimbulkan adalah limbah radioaktif cair yang ditampung dalam suatu tangki penampungan. Dilakukan analisis limbah cair tersebut di laboratorium untuk mengetahui kondisi limbah. Jika dari hasil analisis tersebut diperoleh hasil kualitas limbah cair yang telah memenuhi syarat kesehatan lingkungan , maka limbah cair tersebut akan dibuang kelingkungan. Apabila hasil analisis tidak memenuhi syarat kesehatan maka akan dilakukan *treatment* kembali. Aliran buangan limbah cair ke Penampungan Buangan Terpadu (PBT), juga berasal dari instalasi di luar PTLR (Pusat Teknologi Limbah Radioaktif), seperti teknologi instalasi reaktor di PRSG ( Pusat Reaktor Serba Guna), instalasi di PTRR ( Pusat Radioisotop dan Radiofarmaka ), dan instalasi di PTBBN ( Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir ).

### **METODOLOGI**

Kegiatan karakterisasi limbah dimulai dengan menyiapkan seluruh dokumen data limbah radioaktif yang akan didaftar. Pencatatan data limbah dilakukan sesuai dengan jenisnya. Selanjutnya dilakukan pengelompokkan dan membuat daftar data limbah radioaktif berdasarkan bentuk limbah radioaktif. Daftar data limbah ditambahkan keterangan untuk acuan tindak lanjut pengolahan.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Limbah radioaktif yang ditimbulkan dari pengoperasian KH-IPSB3 dapat berupa limbah padat, semi cair, gas dan limbah B3.

#### - Efluen Gas

Kegiatan/ proses di KH-IPSB3 tidak menghasilkan limbah berupa gas. Untuk udara daerah kerja yang berpotensi terkontaminasi, udara lepasan dialirkan melalui cerobong yang dilengkapi HEPA Filter dan *charcoal*. Setelah melalui hepa filter diharapkan efluen dapat dibuang melalui *stack exhaust*, jika sudah memenuhi batas ambang yang ditentukan. Karakteristik efluen setelah perlakuan/pengolahan dari

tahun 2009 sampai dengan 2014 dapat dilihat pada Tabel 1. dimana efluen yang dilepas ke lingkungan selalu dibawah batas pengendalian pencemaran.

**Tabel 1.** Data tingkat radioaktivitas efluen gas melalui cerobong KH-IPSB3

No	Daerah Kerja	Radioaktivitas lepasan tertinggi udara cerobong (Bq/m <sup>3</sup> )			
		2013	2014	2015	Batasan
1.	Cerobong gross $\alpha$	ttd	0.0710	0,0033	7
2.	Cerobong gross $\beta$	0.0472	0.5283	0,0275	70

Ttd = Tidak terdeteksi

Tabel 1. menunjukkan bahwa tingkat radioaktivitas efluen gas yang dikeluarkan melalui cerobong KH-IPSB3 masih jauh di bawah nilai batas yang telah ditetapkan.

#### - Efluen Cair

Limbah cair (doubtful effluent) yang timbul dari pengoperasian KH-IPSB3 ditampung dalam tangki penampungan. Limbah dari tangki penampung sebelum dialirkan ke PBT, dilakukan analisis sampel limbah. Jika hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan radioaktif dalam limbah cair melebihi batas baku mutu lingkungan maka limbah tersebut diserahkan ke IPLR untuk dikelola sesuai dengan ketentuan pengelolaan limbah radioaktif cair yang berlaku. Apabila hasil analisis menunjukkan kandungan radioaktif berada di bawah batas baku mutu lingkungan maka efluent tersebut dialirkan ke PBT sebelum dilepas ke lingkungan. Apabila hasil analisis tidak memenuhi syarat kesehatan maka akan dilakukan *treatment* kembali. Limbah cair umumnya berasal dari air yang terkontaminasi dari hasil kegiatan operasional, khususnya dari :

- Air cucian tangan dan *shower* dari ruang ganti;
- Health physics office sink*;
- Wadah dekontaminasi;
- Ruang operasi lantai dasar (dari *cleaning operations and spills*);
- Lorong KH (dari *cleaning operations and spills*);
- Ruang *water treatment* (dari *cleaning operations and spills*);

Volume dan aktivitas limbah cair tidak bisa ditentukan atau diprediksi dengan pasti karena sangat tergantung dari kegiatan operasional rutin maupun insidental yang bervariasi menurut waktu, volume pekerjaan, jumlah personil yang bekerja dan intensitas kegiatannya. Perlu ditegaskan bahwa tidak setiap cairan yang timbul dari operasi KH-IPSB3 merupakan limbah cair, dan untuk menentukannya dengan cara menganalisis sample cairan yang bersangkutan.

Limbah dari air cucian tangan dan *shower* dari ruang ganti, *health physics office sink*, wadah dekontaminasi, ruang operasi lantai dasar (dari *cleaning operations and spills*), lorong KH (dari *cleaning operations and spills*) dan limbah dari ruang *water treatment* (dari *cleaning operations and spills*) dialirkan secara gravitasi ke dalam bak penampung limbah cair sementara. Limbah dari cerobong ventilasi juga ditampung di dalam bak penampung limbah padat sementara dengan kapasitas 2 m<sup>3</sup>. Limbah yang telah terkumpul dalam bak penampung limbah sementara tersebut apabila volumenya telah memenuhi akan dialirkan melalui

saluran ke PBT. Dengan asumsi dalam setiap kegiatan pengelolaan bahan bakar nuklir bekas dan sistem pendukungnya per triwulannya menghasilkan 1 m<sup>3</sup>. Tabel 2 menunjukkan kuantitas limbah *doubtful* efluen pertahun.

**Tabel 2.** Tabel limbah *doubtful* efluen

No. dan lokasi keluaran/outlet	Kuantitas / laju aliran dlm m <sup>3</sup> /tahun	Karakteristik efluen setelah perlakuan	Tindal lanjut pengolahan
Tangki penampung	4	Non-Radioaktif	-

#### - Limbah Semi Cair

Untuk menjaga kualitas air kolam KHIPSB3 baik konduktivitas maupun kemungkinan adanya radionuklida yang terlepas ke dalam kolam maka dilakukan pemurnian air dengan sistem purifikasi. Purifikasi air dari KHIPSB3 dilakukan dengan kolom penukar ion menggunakan resin penyerap Cesium dan radionuklida lain. Setelah dilakukan pengoperasian beberapa waktu maka kotoran akan menumpuk pada filter. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya perbedaan tekanan pada sisi masuk dan keluar filter (*pressure drops*) yang cukup tinggi, sehingga perlu dilakukan penggantian cartridge filter. Pada tabung filter dipasang alat ukur konduktivitas air dan indikator beda tekanan yang berfungsi untuk mengetahui kondisi kualitas resin. Jika harga konduktivitas dan perbedaan tekanan pada tabung resin telah melewati batas yang diijinkan atau sudah tidak mampu lagi menyerap unsur pengotor air, maka harus dilakukan penggantian resin. Resin yang telah jenuh dinyatakan sebagai limbah semi cair yang pengolahannya dilakukan di IPLR. Jumlah resin bekas yang tersimpan pada tangki limbah resin sejak tahun 2009 hingga tahun 2015 sebanyak 2000 liter seperti terlihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Limbah resin dari sistem purifikasi

No	Limbah	Jumlah	lokasi	Laju dosis	Tahun	Tindak lanjut pengolahan
1	Resin bekas dari sistem purifikasi	800 liter	Tangki limbah resin	45 $\mu$ Sv/jam	2009	Sementasi
2	Resin bekas dari sistem purifikasi	800 liter	Tangki limbah resin	66 $\mu$ Sv/jam	2013	Sementasi
3	Resin bekas dari sistem purifikasi	400 liter	Tangki limbah resin	44,30 $\mu$ Sv/jam	2015	Sementasi
	Total	2000 liter		44,30 $\mu$ Sv/jam		Sementasi

Pada tahun 2009 dan 2013 dilakukan penggantian resin masing-masing sebanyak 800 liter resin DOWEX *Monosphere* 550A , DOWEX MSC-1-H, DOWEX HCRS-H-

NG dan DOWEX SBR-OH-NG. Pada tahun 2015 dilakukan penggantian resin DOWEX HCRS-H-NG dan DOWEX SBR-OH-NG pada kolom mixed bed. sebanyak 400 liter. Sedangkan kolom Cesium belum dilakukan penggantian resin.

- Penyimpanan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3)

Seluruh limbah B3 yang dihasilkan dari pengoperasian KH-IPSB3 disimpan sementara oleh fasilitas pengelolaan limbah B3 yang terdapat di IPLR. Limbah B3 tersebut selanjutnya akan dikirim ke PPLI karena PTLR tidak berwenang mengelola limbah B3. Dalam pengoperasian instalasi KH-IPSB3 dan penanganan bahan bakar nuklir bekas, digunakan bahan kimia HCl dan NaOH (teknis) masing-masing sebanyak 20 liter untuk sekali regenerasi resin sistem demineralisasi. Dalam setahun dilakukan 2 kali regenerasi resin, sehingga diperkirakan kuantitas limbah bahan kimia yang sudah dinetralisasi sebanyak 4 m<sup>3</sup>/tahun seperti terlihat pada Tabel 4. Sebelum dibuang ke lingkungan, HCl dinetralisasi dengan NaOH dalam tangki netralisasi terlebih dahulu.

**Tabel 4.** Limbah bahan kimia

Nama limbah B3	Kategori/schedule	Sumber limbah berbahaya	Cara perlakuan/pelepasan	Kuantitas yang Ditangani m <sup>3</sup> /tahun
Tangki Netralisasi	HCl, NaOH	Regenerasi sistem demin	Netralisasi	4

- Limbah Radioaktif Padat

Limbah radioaktif padat yang ditimbulkan dari kegiatan KH-IPSB3 berasal dari hepa filter, shoe cover, kain majun, masker, sarung tangan, filter *skimmer*, dll. Limbah hepa filter adalah filter yang telah digunakan untuk penangkapan gas iodine, karbon, kripton, dan xenon. Dalam kurun waktu 2 tahun yaitu 2014 dan 2015 diperkirakan sekitar 6 drum limbah padat, 4 buah filter *water skimmer* dan 8 buah hepa filter, terlihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Limbah radioaktif padat

No	Nama Limbah	Jumlah	Laju Dosis/kontaminasi (rata-rata)	Keterangan	Tindak lanjut pengolahan
1.	Shoe cover, majun, masker, sarung tangan	6 drum		Rata-rata 3 drum /th	kompaksi
2.	Filter bekas water skimer kolam	2 buah	360 Bq eq	Rata-rata 1 buah filter /th	kompaksi
3.	Filter bekas water skimer kanal	2 buah	114 Bq eq	Rata-rata 1 buah filter /th	kompaksi
4.	Hepa filter	8 buah		Rata-rata tiap 2 tahun dilakukan penggantian	kompaksi

## **KESIMPULAN**

Karakteristik limbah yang diperoleh sangat penting sebagai acuan dalam menentukan jenis proses yang akan dilakukan juga untuk pemantauan dalam penyimpanannya nanti sehingga aman bagi manusia dan lingkungan. Limbah radioaktif yang ditimbulkan dari pengoperasian KH-IPSB3 dapat berupa limbah padat, semi cair, gas dan limbah B3. Volume limbah *doubtful* efluen sekitar 4 m<sup>3</sup>/tahun, limbah radioaktif padat terkontaminasi, seperti sarung tangan, masker, *shoe cover* sebanyak 3 drum 100 liter/tahun, limbah filter skimmer sebanyak 2 buah/tahun, limbah hepa filter sebanyak 4 buah/tahun. Limbah semi cair berupa resin yang berasal dari penggantian resin di sistem purifikasi hingga saat ini sudah tertampung sebanyak 2000 liter yang masih tersimpan di tangki limbah resin di KH-IPSB3, dan limbah B3 yang berasal dari regenerasi resin sistem demineralisasi sebanyak 4 m<sup>3</sup>. Limbah radioaktif dan B3 selanjutnya akan dikirim ke instalasi pengolahan limbah Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR).

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Peraturan Pemerintah No. 61. Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif
2. Keputusan Kepala BAPETEN No. 01/Ka-BAPETEN/V-99 tentang “Ketentuan Keselamatan Kerja terhadap Radiasi”, Jakarta, 1999.
3. Peraturan Pemerintah No. 63 Tahun 2000 tentang “Ketentuan Keselamatan dan Kesehatan terhadap Radiasi Pengion”, Jakarta, 2000.
4. Keputusan Kepala BAPETEN No. 04/Ka-BAPETEN/V-99 tentang “Ketentuan Keselamatan Pengangkutan Zat Radioaktif” Jakarta, 1999.
5. IAEA, “Occupational Radiation Protection”, Safety Standard Series No. RS-G-1.1, Vienna, 1999.
6. IAEA, “International Basic safety Standard for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Source”, Safety Series No 115, Vienna, 1996.
7. Husen Zamroni, “Pengelolaan Limbah Radioaktif dan Aspek Keselamatan”, Jakarta, 2014.
8. Zainus Salimin, “Pengolahan Limbah Radioaktif Cair Aktivitas Rendah dan Sedang” Jakarta, 1993.