



KL-005

## EVALUASI PENGELOLAAN LIMBAH DI PUSAT RISET TEKNOLOGI APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI

### *EVALUATION OF WASTE TREATMENT MANAGEMENT AT CENTER OF RESEARCH TECHNOLOGY ISOTOPE AND RADIATION APLICATION*

**Niken Hayudanti Anggarini, M. Fajar Sanjaya, Rahmad Ramdhani Sambari, dan  
Megy Stefanus**

#### ABSTRAK

Penggunaan bahan kimia ataupun radioaktif pada penelitian tentunya akan menjadi limbah berbahaya dan beracun bagi lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Limbah yang dihasilkan di Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi/PRTTPR (sebelumnya PRTAIR) dikelola oleh Bidang Keselamatan Kerja dan Lingkungan. Walaupun selama ini sudah berjalan, pelaksanaan manajemen limbah di PRTTPR belum dievaluasi. Berdasarkan pelaksanaan di lapangan, beberapa permasalahan masih ditemukan, di antaranya volume penerimaan limbah dan pengiriman limbah ke pengolah akhir cukup besar sehingga membutuhkan biaya besar. Lebih lanjut, pelimbanahan bahan kimia kedaluwarsa masih cukup besar, teknis pengumpulan limbah residu belum tepat dan limbah tanpa identitas masih diterima oleh kelompok KKL. Berdasarkan hal ini perlu dilakukan evaluasi pada personel laboratorium dan pengelola limbah terkait penerapan manajemen limbah. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui karakter limbah radioaktif dan limbah B3 di PRTTPR, mengetahui sirkulasi limbah radioaktif dan limbah B3 tahunan dari 2015–2020, mengetahui penilaian penerapan manajemen limbah pada personel laboratorium dan pengelola limbah di PRTTPR. Metode penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Pelaksanaan kegiatan ini dilakukan dengan menghitung jumlah timbulan limbah, analisis timbulan limbah dan analisis uji-t hasil survei kuesioner para personel laboratorium pada manajemen pengelolaan limbah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakter limbah radioaktif dengan volume terbesar adalah limbah kontaminasi waktu paro pendek dan karakter limbah B3 dengan volume terbesar adalah limbah cair mudah terbakar, sirkulasi limbah tertinggi pada pengelolaan limbah periode 2015–2020 di PRTTPR adalah limbah B3 jenis residu laboratorium, dan sebanyak 80% personel laboratorium menyatakan bahwa pengelolaan limbah, kegiatan minimalisasi limbah laboratorium, dan kegiatan pengelolaan limbah di laboratorium sudah baik, tetapi terdapat beberapa catatan yang harus dilakukan, seperti sosialisasi pengelolaan limbah secara rutin, pembuatan prosedur penyimpanan bahan kimia yang dapat diadopsi oleh seluruh laboratorium, dan area penyimpanan bahan kimia yang mendukung.

---

N. H. Anggarini, M. F. Sanjaya, R. R. Sambari, & M. Stefanus

\*Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi BRIN, e-mail: nike006@brin.go.id

@ 2023 Penerbit BRIN

N. H. Anggarini, M. F. Sanjaya, R. R. Sambari, dan M. Stefanus, "Evaluasi pengelolaan limbah di Pusat Riset Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi," Dalam *Prosiding Seminar APISORA 2021 "Peran Isotop dan Radiasi untuk Indonesia yang Berdaya Saing,"* T. Wahyono, A. Citraresmini, D. P. Rahayu, Oktaviani, dan N. Robifahmi, Eds. Jakarta: Penerbit BRIN, November 2023, ch. 19, pp. 191–203, DOI: 10.55981/brin.690.c660

E-ISBN: 978-623-8372-02-7



**Kata Kunci:** Manajemen Limbah B3; Pengelolaan Limbah; Evaluasi.

### **ABSTRACT**

*The usage of chemical or radioactive materials in research activity will excess hazardous and toxic waste for the environment if not managed properly. Occupational Safety and Environment Division managed the waste at Central for Isotope and Radiation (CIRA). Although it has been running so far, the implementation of waste management has never been evaluated. Based on the implementation in the field, some problems are still originated, including the volume of waste receipts and waste delivery to the final processor which is quite large consequently it requires grater costs. Furthermore, expired chemicals are still being dumped, the technique for collecting residual waste is not appropriate and waste without identity is accepted yet. It is necessary to evaluate laboratory personnel and waste management regarding the implementation of waste management. The purpose of this study was to determine the character of radioactive waste and hazardeous waste, to identify the annual circulation of radioactive and toxic waste from 2015–2020, to determine the assessment of laboratory personnel related to laboratory waste management. The research method is descriptive quantitative. The activity is calculating the amount of waste generation, analysis of waste generation and t-test analysis for the questionnaire survei. The results show that the character of radioactive waste with the largest volume is short half-life contamination waste and the character of hazardeous waste with the largest volume is flammable liquid waste, the highest waste circulation in 2015–2020 is hazardeous laboratory residue. 80% of laboratory personnel stated that waste management, laboratory waste minimization activities, and waste management activities in the laboratory are respectable, but there are some notes that nescesity, such as routine waste management socialization, writing down chemical storage procedures that can be adopted by all laboratories, and locating chemical storage area.*

**Keywords:** Waste Manajemen; Evaluation; Waste Treatment.

### **PENDAHULUAN**

Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi (PRTPR)—sebelumnya Pusat Riset Teknologi Aplikasi Isotop dan Radiasi (PRTAIR)—adalah salah satu unit kerja di Organisasi Riset Teknologi Nuklir (ORTN) Badan Riset Inovasi Nasional (BRIN) yang melaksanakan pengembangan dan aplikasi teknologi isotop dan radiasi. Pengembangan dan penelitian di PRTPR didukung oleh beberapa laboratorium penelitian yang pada kegiatannya menggunakan bahan kimia ataupun radioaktif yang mungkin berbahaya dan beracun. Sisa penggunaan bahan kimia ataupun radioaktif tentunya akan menjadi limbah berbahaya dan beracun bagi lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik.

Beberapa laboratorium yang menggunakan bahan berbahaya dan beracun di PRTPR adalah 11 laboratorium, yaitu laboratorium uji tak rusak; laboratorium hidrologi dan panas bumi; laboratorium sedimentologi, kelautan, dan lingkungan; laboratorium lingkungan/bioremediasi; laboratorium pemupukan dan nutrisi tanaman; laboratorium nutrisi ternak; laboratorium kesehatan dan reproduksi ternak; laboratorium bank jaringan; laboratorium pangan iradiasi; laboratorium bahan industri; dan laboratorium analisis sampel lingkungan. Di antara limbah yang dihasilkan di PRTPR adalah limbah B3 yang terdiri dari limbah bahan



kimia kedaluwarsa, limbah botol bekas kimia, limbah sisa analisis, dan limbah biologi. Lebih lanjut, penelitian di PRTPR juga menghasilkan limbah radioaktif yang terdiri dari limbah kontaminasi zat radioaktif dan limbah sumber bekas. Selain itu, gudang penyimpanan sementara limbah B3 di PRTPR memiliki limbah bahan kimia kedaluwarsa dengan volume cukup tinggi [8]. Tingginya kuantitas limbah, terutama limbah bahan kimia kedaluwarsa menjadi suatu perhatian, karena kuantitas limbah dan pengelolannya menjadi indikator seberapa baik tata kelola limbah atau manajemen limbah [6].

Pelaksanaan manajemen limbah memiliki payung hukum dalam struktur organisasi di PRTPR. Kegiatan ini adalah tugas pokok dan fungsi dari kelompok Keselamatan Kerja dan Lingkungan (KKL). Lingkup kegiatan pengelolaan limbah yang dilakukan adalah melakukan pengangkutan limbah, penyimpanan sementara dan karakterisasi limbah, serta pengiriman ke pengolah akhir. Lebih lanjut, pengelola laboratorium juga memiliki peran dalam melakukan manajemen limbah, yaitu pada kegiatan minimalisasi limbah, pengumpulan limbah, dan penyimpanan sementara di laboratorium. Kegiatan ini adalah kegiatan yang harus dilakukan bersama antara pengelola laboratorium sebagai penghasil limbah dan kelompok KKL sebagai pengelola limbah.

Manajemen limbah yang sudah berjalan di PRTPR belum pernah dievaluasi pelaksanaannya. Berdasarkan pelaksanaan di lapangan, beberapa kendala ditemukan, di antaranya volume penerimaan limbah dan pengiriman limbah ke pengolah akhir yang sangat besar. Hal ini tentunya kurang sejalan dengan hierarki manajemen limbah dalam mengurangi timbulan limbah. Pada hierarki manajemen limbah terdapat beberapa pilihan yang dapat digunakan oleh para pengelola laboratorium. Pilihan teratas adalah melakukan minimalisasi penggunaan bahan beracun atau berbahaya yang berpotensi menjadi limbah sejak dari proses perencanaan pembelian dan pengadaan bahan. Pada tingkatan selanjutnya adalah penggunaan ulang, *recycle*, pengolahan limbah, dan terakhir adalah pemusnahan [9].

Kendala yang terlihat di lapangan selanjutnya adalah penerimaan limbah bahan kimia kedaluwarsa masih ada, pengumpulan limbah residu yang tidak tepat dan limbah tanpa identitas masih diterima oleh kelompok KKL. Berdasarkan hal ini perlu dilakukan evaluasi kegiatan manajemen limbah, di antaranya identifikasi karakteristik dan pengelolaan limbahnya, sirkulasi limbah dan penilaian pada pengelola laboratorium dan pengelola limbah terkait penerapan manajemen limbah. Kegiatan ini diperlukan untuk menjadi ukuran efektivitas kegiatan pengelolaan limbah. Hal ini juga dapat menjadi dasar pembuatan kebijakan terkait pengelolaan limbah di PRTPR. Oleh karena itu, perlu suatu penelitian untuk mengetahui karakteristik limbah, sirkulasi limbah dalam 5 tahun terakhir, serta mengetahui penilaian penerapan pengelolaan limbah. Berdasarkan rumusan masalah yang dituliskan, penelitian ini memiliki tujuan di antaranya mengetahui karakter dan sirkulasi limbah radioaktif



dan limbah B3 periode tahun 2015–2020, serta mengetahui penilaian penerapan manajemen limbah pada personel laboratorium dan pengelola limbah di PRTPR.

## METODE PERCOBAAN

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penentuan karakter limbah dan perhitungan sirkulasi limbah adalah data timbulan limbah tahun 2015–2020, data limbah yang tersimpan di Gudang Penyimpanan Sementara Limbah. Lebih lanjut, bahan dalam penilaian penerapan manajemen limbah pada personel laboratorium dan pengelola limbah adalah lembar kuesioner yang dibuat dalam bentuk *GForm*.

### Tata Kerja

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari–Mei tahun 2021. Alur penelitian ini, yaitu pada analisis timbulan limbah dimulai dengan studi dokumen pengelolaan limbah, identifikasi limbah, melakukan karakterisasi limbah, dan analisis limbah. Pada penilaian pengelola laboratorium terkait pengelolaan limbah dimulai dari studi dokumen pengelolaan limbah, penyusunan lembar perekam data, kegiatan survei, pengumpulan survei, dan analisis data survei.

Karakterisasi limbah B3 dilakukan dengan melakukan pengelompokan limbah B3 berdasarkan bentuk fisik, kimia, dan potensi bahaya. Pengelompokan limbah B3 ini dilakukan pada semua limbah B3 yang terdapat di Gudang Penyimpanan Limbah B3 Sementara Bidang KKL. Hasil karakterisasi ini selanjutnya akan dibandingkan data pada tahun 2014. Hal ini dilakukan untuk mengetahui adanya kemungkinan perbedaan jenis kegiatan dan timbulan limbah. Perhitungan pemasukan limbah didasarkan pada dokumen pengelolaan limbah B3 yang terdiri dari permintaan pengangkutan limbah B3 dari bidang-bidang, rekapitulasi limbah B3 tahunan, dan dokumen pengiriman limbah B3 ke pengolah akhir. Penilaian persepsi personel laboratorium pada manajemen pengelolaan limbah akan dilakukan pengumpulan data kuesioner. Kuesioner yang digunakan mengacu pada Pedoman Teknis untuk Pengelolaan Limbah Laboratorium untuk Akreditasi Laboratorium Lingkungan (KAN G15).

Populasi pada penelitian ini adalah pegawai PRTPR yang bekerja di laboratorium bidang penelitian dan pengembangan serta berpotensi menghasilkan limbah B3 dan/ atau limbah radioaktif pada kegiatannya. Total jumlah populasi adalah 100 orang. Jumlah sampel minimal ditentukan menggunakan rumus Slovin, yaitu:

$$n = \frac{N}{1+(Nxe^2)} n = \frac{N}{1+(Nxe^2)}$$



Keterangan:

- n : jumlah minimal sampel  
N : populasi  
e : taraf signifikansi

Berdasarkan rumus slovin tersebut, jumlah sampel minimal pada penelitian ini adalah 80 orang.

Pertanyaan yang diajukan kepada responden dibagi menjadi 3 kelompok pertanyaan, di mana setiap kelompok pertanyaan akan diuji menggunakan uji-z untuk menguji hipotesis. Lebih lanjut, teknik ukuran yang digunakan adalah skala *likert*. Kelompok pertanyaan tersebut dan masing-masing hipotesis operasionalnya, yaitu:

- 1) Kelompok pertanyaan untuk penilaian manajemen pengelolaan limbah, dengan hipotesis operasional.
  - Ha: kualitas manajemen pengelolaan limbah di PRTPR lebih dari atau sama dengan 80% responden menyatakan baik.
  - H0: kualitas manajemen pengelolaan limbah di PRTPR kurang dari 80% responden menyatakan baik.
- 2) Kelompok pertanyaan untuk penilaian kegiatan pengelolaan limbah di laboratorium, dengan hipotesis operasional.
  - Ha: kegiatan pengelolaan limbah di laboratorium lebih dari atau sama dengan 80% responden menyatakan baik.
  - H0: kegiatan pengelolaan limbah di laboratorium kurang dari 80% responden menyatakan baik.
- 3) Kelompok pertanyaan untuk penilaian kegiatan minimalisasi limbah di laboratorium, dengan hipotesis operasional.
  - Ha: kegiatan minimalisasi limbah di laboratorium lebih dari atau sama dengan 80% responden menyatakan baik.
  - H0: kegiatan minimalisasi limbah di laboratorium kurang dari 80% responden menyatakan baik.

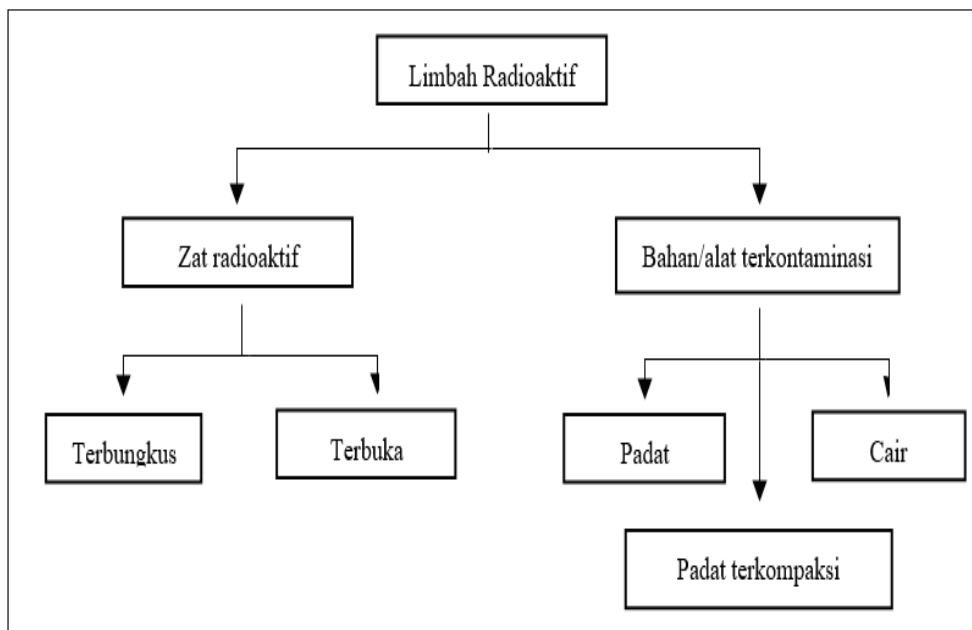
## HASIL DAN PEMBAHASAN

PRTPR sebagai salah satu lembaga penelitian dan pengembangan di bidang aplikasi isotop dan radiasi menghasilkan limbah radioaktif dan limbah B3 sebagai bagian dari kegiatan laboratoriumnya. Limbah radioaktif dan limbah B3 yang tersimpan dalam Gedung Penyimpanan Sementara Limbah radioaktif dan limbah B3 terdiri dari beberapa karakteristik. Beberapa karakteristik limbah tersebut dilakukan pengelompokan yang bertujuan untuk memudahkan dalam melakukan pengelolaan selanjutnya. Beberapa artikel menyebutkan bahwa pengelompokan



limbah berdasarkan karakteristik diperlukan dalam penanganan limbah [11][3] dan dapat menentukan penanganan secara tepat apabila terjadi kecelakaan pada tiap proses pengelolaan limbah [10]. Lebih lanjut, hal ini dapat menjadi salah satu langkah dalam penerapan manajemen limbah bahan kimia [4].

Karakteristik limbah radioaktif yang terdapat di Gedung Penyimpanan Sementara Limbah Radioaktif terdiri dari zat radioaktif terbuka, zat radioaktif terbungkus, dan limbah bahan/alat terkontaminasi. Pada limbah bahan/alat terkontaminasi dibagi kembali menjadi limbah terkontaminasi cair, limbah terkontaminasi padat terbakar dan limbah terkontaminasi padat terkompaksi. Pengelompokan berdasarkan karakterisasi ini telah sesuai dengan Peraturan Kepala BAPETEN No. 8 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif tingkat sedang dan rendah. Diagram karakterisasi limbah radioaktif dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Karakterisasi Limbah Radioaktif

Pengelompokan limbah radioaktif berdasarkan karakteristik limbah bertujuan untuk memudahkan pendataan dan pengelolaan lebih lanjut. Limbah zat radioaktif terbungkus dan terbuka ditempatkan terpisah dengan limbah bahan/alat terkontaminasi. Hal ini dilakukan untuk memudahkan pengelolaan limbah bahan/alat terkontaminasi yang sudah masuk tingkat *clearance*. Jumlah limbah radioaktif yang terdapat di Ruang Penyimpanan Limbah Radioaktif Sementara dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 dapat dilihat, limbah radioaktif yang tersimpan di Ruang Penyimpanan Limbah Radioaktif adalah limbah alat/bahan terkontaminasi. Kontaminan

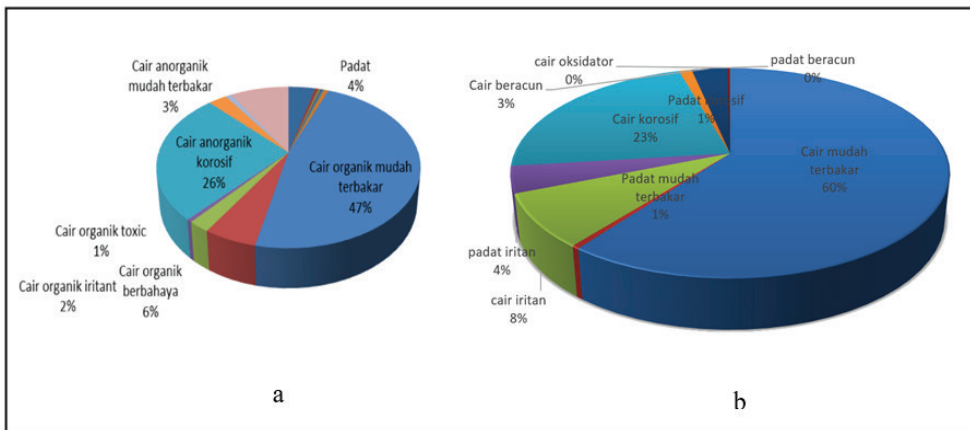


limbah ini sebagian besar adalah zat radioaktif dengan waktu paro pendek dan sedang, di antaranya P-32 dengan waktu paro 14 hari, I-125 waktu paro 59,4 hari, Zn-65 waktu paro 244 hari, Pb-210 waktu paro 13,3 hari, Sc-46 waktu paro 83 hari, dan Co-60 waktu paro 5,2 tahun. Terlebih, limbah terkontaminasi yang tersimpan sampai saat ini belum dilakukan pengelolaan lebih lanjut. Hal ini tentunya dapat membebani kapasitas penyimpanan, padahal limbah yang sudah melebihi waktu paro dapat dilakukan upaya penerapan tingkat klirens, setelah dilakukan analisis aktivitas/laju dosis dan penetapan klirens ke BAPETEN [7].

**Tabel 1.** Limbah Radioaktif Sisa Penelitian dan Pengembangan di PRTPR Periode 2015–2020

No.	Jenis Limbah	Radioaktif
1	Zat radioaktif terbuka	Sr-90, Zn-65, Cs-137, Co-60
2	Zat radioaktif tertutup	Co-60, Cs-137
3	Alat/bahan terkontaminasi padat	P-32, I-125, Sc-46, Co-60, Co-57, C-14
4	Bahan terkontaminasi cair	P-32, Zn-65, Pb-210, H-3, larutan Th-232, Pu-239+Pu-240

Pengelompokan limbah berdasarkan karakteristik juga dilakukan pada limbah B3. Limbah B3 yang tersimpan di Ruang Penyimpanan Sementara Limbah B3 terbagi menjadi limbah cair dan padat mudah terbakar, limbah cair dan padat korosif, limbah cair iritan, limbah cair beracun, dan karakteristik lainnya dalam jumlah sedikit. Persentase jumlah limbah B3 berdasarkan karakteristiknya dapat dilihat pada Gambar 2.



Keterangan: a. tahun 2014; b. periode tahun 2015–2020

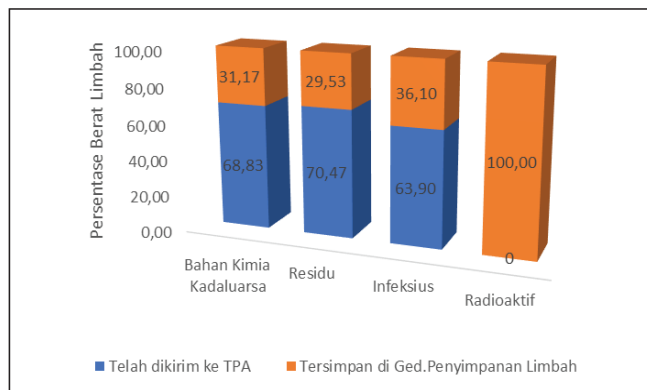
**Gambar 2.** Persentase Jumlah Limbah B3 Berdasarkan Karakteristik di Ruang Penyimpanan Sementara Limbah B3

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa komposisi terbesar adalah limbah cair mudah terbakar sebesar 60% dan dilanjutkan oleh limbah cair korosif sebesar 23%. Hal ini jika dibanding dengan komposisi limbah di tahun 2014 tidak berubah,



di mana karakteristik limbah B3 terbesar adalah limbah cair mudah terbakar dan kedua terbesar adalah limbah cair korosif [8]. Komposisi limbah yang hampir sama antara saat ini dan di tahun 2014 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan kegiatan laboratorium yang signifikan selama tahun pengumpulan limbah sebelum tahun 2014 sampai tahun 2020. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik limbah tergantung dari sumber limbah dan aktivitas penghasil limbah [4]. Lebih lanjut, berdasarkan data pengumpulan limbah, PRTPR juga menghasilkan limbah B3 dengan karakteristik infeksius dalam jumlah sedikit. Limbah infeksius yang dihasilkan berasal dari tiga kelompok penelitian, yaitu dua laboratorium kelompok bahan kesehatan dan satu laboratorium kelompok reproduksi ternak. Limbah infeksius dari kelompok bahan kesehatan tidak disimpan lama dalam Ruang Penyimpanan Limbah Sementara karena sudah terkelola setiap 3 bulan melalui jasa pengangkutan limbah B3. Sementara itu, limbah dari kelompok reproduksi ternak masih tersimpan di Gudang Penyimpanan Limbah dan akan dikirim kemudian.

Pengiriman limbah B3 ataupun limbah radioaktif ke pengolah akhir adalah salah satu tanggung jawab pengolah limbah apabila tidak dapat melakukan pengolahan limbah sendiri. Oleh karena itu, PRTPR selalu berupaya melakukan pengiriman limbah untuk mengurangi volume di gudang penyimpanan limbah. Pengiriman limbah selama periode 2015–2020 masih diprioritaskan untuk pengiriman limbah B3. Hal ini karena volume limbah B3 yang masih tersimpan di gudang penyimpanan limbah B3 masih tinggi dan kapasitas penyimpanan terbatas, sedangkan permintaan pengelolaan limbah B3 dari laboratorium di PRTPR selalu ada. Kondisi ini yang mengharuskan adanya perencanaan pengiriman limbah B3 setiap tahunnya. Lebih lanjut, volume limbah radioaktif sampai tahun 2020 tidak tinggi dan sebagian besar adalah limbah bahan terkontaminasi zat radioaktif waktu paro pendek. Oleh sebab itu, pengiriman limbah radioaktif ke pengolah akhir belum menjadi prioritas selama periode ini. Gambar 3 menunjukkan persentase total limbah yang dikelola oleh Bidang Keselamatan Kerja dan Lingkungan periode 2015–2020.



**Gambar 3.** Persentase total limbah yang dikelola oleh Bidang Keselamatan Kerja dan Lingkungan periode 2015–2020.





Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa limbah B3 dengan jenis bahan kimia kedaluwarsa, residu laboratorium, dan limbah infeksius lebih dari 50% sudah dikelola lebih lanjut. Limbah ini dikirimkan ke pihak ketiga sebagai pengolah akhir. Lebih lanjut, Peraturan Pemerintah RI No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah B3 telah mengatur batasan waktu penyimpanan limbah B3 sementara, yaitu selama 365 hari untuk limbah B3 yang dihasilkan kurang dari 50 kg perhari. Apabila melebihi batasan ini maka penghasil wajib menyerahkan kepada pihak lain. Hal inilah yang mendasari kegiatan pengelolaan limbah B3 di PRTPR, walaupun pengiriman limbah B3 ke pengolah akhir belum maksimal karena terkendala dana. Pada sisi lain, dapat dilihat pada Gambar 3 bahwa limbah radioaktif belum dikelola lebih lanjut pada periode 2015–2020. Meskipun demikian, penyimpanan sementara limbah radioaktif tetap mengikuti prinsip justifikasi dengan mempertimbangkan proteksi dan keselamatan radiasi, sosial, ekonomi, dan keamanan sumber radioaktif. Hal ini sesuai dengan Peraturan Kepala BAPETEN No. 8 Tahun 2016 tentang Pengolahan Limbah Radioaktif Tingkat Rendah dan Tingkat Sedang.

Kegiatan pengelolaan limbah di PRTPR pada prinsipnya berusaha mengacu pada peraturan yang sudah ditetapkan oleh pemerintah. Kegiatan ini menjadi tugas pokok dan fungsi dari Bidang Keselamatan Kerja dan Lingkungan dalam memberikan layanan pengelolaan limbah. Meskipun demikian, kegiatan ini perlu didukung oleh para penghasil limbah dalam mengelola limbahnya di laboratorium. Kemampuan penghasil limbah dalam memperlakukan limbahnya, respons positif kegiatan layanan pengelolaan limbah, dan peran penghasil limbah dalam meminimalisasi jumlah limbah menjadi standar untuk mengetahui efektivitas kegiatan ini. Berdasarkan hasil survei yang dilakukan pada 80 orang pegawai PRTPR yang melakukan kegiatan di laboratorium, didapatkan gambaran.

### 1. Penilaian Manajemen Pengelolaan Limbah

Penilaian manajemen pengelolaan limbah dilakukan berdasarkan pada pengetahuan, pemahaman, dan penerapan prosedur pengelolaan limbah radioaktif dan limbah B3 di laboratorium masing-masing, penunjukan personel laboratorium yang bertanggung jawab untuk menangani pengelolaan limbah, pelaksanaan kegiatan sosialisasi pengelolaan limbah, dan pelayanan pengelolaan limbah di PRTPR. Berdasarkan analisis deskriptif data kuesioner terhadap 80 responden didapatkan hasil statistik sesuai Tabel 2.

**Tabel 2.** Data uji statistik pada kelompok pertanyaan manajemen pengelolaan limbah.

	N	df	$\alpha$	SD	$t_{hitung}$	$Z_{tabel}$
nilai	80	79	0,05	3,989	6,559	1,0219



Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa  $-Z_{\text{tabel}} < t_{\text{hitung}} > Z_{\text{tabel}}$  sehingga ditentukan  $H_0$  ditolak. Hasil uji statistik pada penilaian manajemen pengelolaan limbah menyatakan bahwa kualitas manajemen pengelolaan limbah di PRTPR lebih dari atau sama dengan 80% responden menyatakan baik. Hal ini dapat dilihat dari sudah adanya penunjukan penanggung jawab pengelolaan limbah di setiap laboratorium. Lebih lanjut, PRTPR sebagai suatu organisasi memiliki satu bidang yang bertugas mengelola limbah radioaktif dan limbah B3. Sebagian besar responden juga sudah mengetahui dan menerapkan prosedur pengelolaan limbah di laboratorium. Hal ini sesuai dengan syarat manajemen yang baik dari parameter pengelolaan limbah, yaitu setiap laboratorium harus memiliki kebijakan secara tertulis mengenai pengelolaan limbah [5] dan mengerti manajemen laboratorium dan pengolahan limbah [1]. Meskipun demikian, dapat menjadi catatan bahwa beberapa responden menyatakan perlu dilakukannya kegiatan *Forum Group Discussion (FGD)* ataupun sosialisasi secara rutin yang diinisiasi oleh kelompok KKL. Hal ini juga sesuai dengan artikel yang menyatakan bahwa salah satu strategi yang tepat dalam keberhasilan pengelolaan limbah dengan melakukan kegiatan workshop, optimalisasi peran, dan pemberian motivasi [2].

## 2. Kegiatan Pengelolaan Limbah di Laboratorium

Pada penilaian kegiatan pengelolaan limbah di laboratorium, pertanyaan yang diajukan terkait tentang kondisi dan kebiasaan petugas laboratorium dalam menangani limbah yang dihasilkan. di antaranya adalah pertanyaan terkait penyediaan area dan wadah penampungan limbah, kebiasaan membuang limbah laboratorium, dan respons petugas pengelola limbah. Berdasarkan beberapa pertanyaan yang diajukan dan analisis deskriptif uji t pada data kuesioner 80 responden didapatkan hasil uji t sesuai Tabel 3.

**Tabel 3.** Data uji t pada kelompok pertanyaan kegiatan pengelolaan limbah di laboratorium.

	N	df	$\alpha$	SD	$t_{\text{hitung}}$	$Z_{\text{tabel}}$
Nilai	80	79	0,05	2,9656	5,7304	1,0219

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa  $-Z_{\text{tabel}} < t_{\text{hitung}} > Z_{\text{tabel}}$  sehingga ditentukan  $H_0$  ditolak. Hasil uji statistik pada penilaian kegiatan pengelolaan limbah di laboratorium menyatakan bahwa kegiatan pengelolaan limbah di laboratorium PRTPR lebih dari atau sama dengan 80% responden menyatakan baik. Sebagian besar responden menyatakan bahwa laboratoriumnya sudah menentukan area penyimpanan limbah sementara dan memiliki wadah penampungan limbah. Mereka sebagian besar juga menyatakan tidak pernah membuang limbah cair laboratorium ke lingkungan. Selain itu, respons personel pengangkut limbah BKKL dinilai baik setiap ada permintaan pengangkutan limbah. Hal ini menjadi penting karena pengelolaan limbah yang



baik turut memperhatikan penampungan limbah berdasarkan karakteristiknya secara konsisten [3].

### 3. Kegiatan minimalisasi limbah di laboratorium

Penilaian responden pada kegiatan minimalisasi limbah di laboratorium didasarkan pada beberapa peranan responden dalam melakukan pengelolaan bahan kimia di laboratorium. Pengelolaan bahan kimia di laboratorium di antaranya terkait penyimpanan dan perhitungan ketersediaan bahan kimia. Dari beberapa pertanyaan yang diajukan pada 80 responden, hasil analisis uji t yang di dapatkan dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Data uji t pada kelompok pertanyaan kegiatan minimalisasi limbah di laboratorium.

	N	df	$\alpha$	SD	$t_{hitung}$	$Z_{tabel}$
Nilai	80	79	0,05	3,2801	3,3404	1,0219

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa  $-Z_{tabel} < t_{hitung} > Z_{tabel}$  sehingga  $H_0$  ditolak dan didapatkan kesimpulan bahwa kegiatan minimalisasi limbah di laboratorium lebih dari atau sama dengan 80% responden menyatakan baik. Berdasarkan data komentar yang dihimpun dan pengamatan lapangan, beberapa laboratorium sudah memisahkan bahan kimia berdasarkan suhu penyimpanan untuk menghindari kerusakan bahan kimia. Pemisahan bahan kimia berdasarkan karakteristik juga sudah dilakukan di beberapa laboratorium, walaupun tidak semua melakukannya. Lebih lanjut, beberapa responden menyatakan bahwa prosedur penyimpanan bahan kimia belum ada dan mengharapkan adanya prosedur induk dari BKKL. Pengelolaan bahan kimia untuk tujuan minimalisasi limbah B3 baru dilakukan oleh sebagian laboratorium di PRTPR. Penempatan bahan kimia terkadang tidak memenuhi persyaratan penyimpanan sehingga menyebabkan bahan kimia terkadang menjadi rusak dan tidak dapat dipakai. Hal ini menyebabkan beberapa laboratorium masih banyak memiliki bahan kimia kedaluwarsa dan rusak kemasan [6]. Oleh karena itu, yang dibutuhkan untuk meningkatkan kegiatan minimalisasi limbah adalah pembuatan prosedur penyimpanan bahan kimia yang dapat diadopsi oleh seluruh laboratorium, area penyimpanan bahan kimia yang mendukung, dan sosialisasi terkait pengelolaan bahan kimia di laboratorium.

Berdasarkan dari hasil evaluasi yang telah dibahas, metode pengelolaan limbah yang diterapkan di PRTPR saat ini berdasarkan hierarki manajemen limbah lebih cenderung pada pemusnahan khususnya pada bahan kimia. Tahapan minimalisasi limbah dilakukan oleh beberapa laboratorium walaupun masih sebatas pengelolaan bahan kimia yang baik dan pembelian bahan laboratorium sesuai kebutuhan. Kegiatan pemakaian ulang atau *recoveri*, daur ulang, ataupun pengolahan limbah belum dapat dilakukan karena kegiatan penelitian di PRTPR membutuhkan tingkat keakuratan



yang tinggi sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan pemakaian ulang pada bahan kimia.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan.

- 1) Karakter limbah radioaktif dengan volume terbesar adalah limbah kontaminasi waktu paro pendek dan karakter limbah B3 dengan volume terbesar adalah limbah cair mudah terbakar.
- 2) Sirkulasi limbah tertinggi pada pengelolaan limbah periode 2015–2020 di PRTPR adalah limbah B3 jenis residu laboratorium.
- 3) Sebanyak 80% personel laboratorium menyatakan bahwa pengelolaan limbah, kegiatan minimalisasi limbah laboratorium, dan kegiatan pengelolaan limbah di laboratorium sudah baik, tetapi terdapat beberapa catatan yang harus dilakukan, seperti sosialisasi pengelolaan limbah secara rutin, pembuatan prosedur penyimpanan bahan kimia yang dapat diadopsi oleh seluruh laboratorium, area penyimpanan bahan kimia yang mendukung, dan sosialisasi terkait pengelolaan bahan kimia di laboratorium.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada koordinator KKL yang telah memberikan dukungan secara moral, kepada rekan-rekan di KKL atas kerja samanya, dan kepada seluruh pegawai PRTPR yang terlibat dalam pengisian kuesioner penilaian pengelolaan limbah di PRTPR ORTN BRIN.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Rahmawati and A. Alpiana, "Identifikasi limbah kimia laboratorium Kampus Universitas Muhammadiyah Mataram," *Jurnal Ulul Albab LPPM UMM*, Vol.2, No.1, pp. 32–35. 2018.
- [2] D. Rahno, J. Roebijoso, and A. S. Leksono, "Pengelolaan limbah medis padat di Puskesmas Borong Kabupaten Manggarai Timur Propinsi Nusa Tenggara Timur," *J-PAL*, vol. 6, no. 1, 2015.
- [3] F. Malayadi, "Karakteristik dan sistem pengelolaan limbah B3 laboratorium Universitas Hasanuddin Kota Makassar," Skripsi di Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia. 2017.
- [4] I. D. P. Subamia, S. Wahyuni, and N. N. Widiasih, "Implementasi 3RH (reduce, reuse, dan handle) dalam manajemen bahan dan limbah laboratorium kimia dasar FMIPA UNDIKSHA sebagai upaya efisiensi dan depolutansi," *Prosiding Seminar Nasional MIPA*, 2016.
- [5] L. Maulana, S. Yuniarti, and A. Kasiat, "Kajian model manajemen laboratorium lingkungan sebagai upaya menuju green campus," *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, vol. 19, no. 2, 2019.



- [6] L. Sulman and J. Irawan, “Pengelolaan limbah kimia di laboratorium kimia PMIPA FKIP UNRAM,” *Jurnal Pijar MIPA*, vol. XI, no. 2, pp. 135–141, 2016.
- [7] M. C. C. Hikmat, M. H. Thayib, and D. Iskandar, “Aspek lingkungan dalam penerapan tingkat klierens limbah radioaktif,” *prosiding seminar nasional teknologi pengelolaan limbah xv*, 2017.
- [8] NH. Anggarini, M. Stefanus, and Prihatiningsih, “Pengelolaan dan karakterisasi limbah B3 di PRTAIR berdasarkan potensi bahaya,” *Majalah Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi Beta Gamma*, vol. 5, no. 1, 2014.
- [9] R. Lasut, “Implementasi manajemen bahan kimia dan limbah laboratorium kimia (studi kasus di Laboratorium PT Pupuk Kaltim, Tbk),” Tesis Program Studi Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia, 2006.
- [10] V. Ratano, M. Raharjo, and Nurjazuli. “Evaluasi pengelolaan limbah padat di RSUD Hj. Anna Lasmanah Banjarnegara,” *Jurnal Media Kesehatan Masyarakat Indonesia*, vol.18, no.3, 2019.
- [11] W. Larastika, “Studi Awal karakterisasi dan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) di Universitas Indonesia (Studi kasus: beberapa laboratorium di FT, FMIPA, FK, dan FKG),” Skripsi di Fakultas Teknik Lingkungan Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 2011.