

## PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT DAN CAIR PTBBN TAHUN 2018

**Pertiwi D. W., Susanto, Sunardi, Hendro W.**  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

### ABSTRAK

Limbah radioaktif merupakan salah satu potensi bahaya yang ada di PTBBN. Limbah radioaktif yang berasal dari laboratorium apabila tidak dikelola dengan baik maka akan menimbulkan dampak yang tidak baik terhadap para pekerja. Oleh karena itu limbah radioaktif di PTBBN dikelola oleh Subbidang Akuntansi Bahan Nuklir dan Pengelolaan Limbah (ABNPL). Kegiatan pengelolaan limbah yang dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa baik limbah radioaktif padat maupun cair dikelola dengan baik sehingga menjaga keselamatan pekerja radiasi, wilayah kerja, serta lingkungan disekitar instalasi. Secara umum pengelolaan limbah radioaktif padat dan cair di PTBBN pada tahun 2018 berlangsung dengan baik. Paparan radiasi limbah radioaktif padat yang berada di kotak limbah tidak ada yang melebihi 25  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  sehingga tidak mengganggu aktivitas di laboratorium. Volume limbah radioaktif padat di kotak limbah dan limbah radioaktif cair dalam tangki penampung juga selalu dijaga tidak lebih dari 80%. Tetapi pada tahun 2018 terjadi penumpukan drum limbah karena tidak ada pengiriman limbah radioaktif padat. Diperlukan pengiriman limbah di awal tahun agar tidak terjadi lagi penumpukan drum limbah radioaktif padat.

**Kata kunci:** limbah radioaktif padat, limbah radioaktif cair, pengelolaan limbah

### PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN) berperan serta dalam pencapaian visi BATAN, yaitu unggul di tingkat regional dengan melakukan litbangyasa teknologi fabrikasi bahan bakar nuklir dan teknik uji radiometalurgi. Kegiatan yang tidak kalah pentingnya untuk mendukung kelancaran tercapainya visi tersebut adalah pengelolaan limbah radioaktif yang dihasilkan. Setiap kegiatan yang mempunyai risiko radiasi terhadap pekerja, wilayah kerja, lingkungan, dan masyarakat wajib melakukan pemantauan dan kontrol keselamatan radiasi. Risiko-risiko dimaksud mengacu pada:

- Efek paparan radiasi yang mengganggu kesehatan (termasuk potensi gangguan kesehatan yang akan terjadi).
- Setiap risiko lainnya yang terkait keselamatan (termasuk risiko terhadap lingkungan) yang mungkin timbul sebagai konsekuensi langsung dari :
  - Paparan radiasi
  - Bahan radioaktif yang digunakan (termasuk limbah radioaktif) atau bahan radioaktif yang terlepas ke lingkungan
  - Kehilangan kontrol dari inti reaktor nuklir, reaksi berantai, sumber radioaktif atau sumber radiasi lainnya<sup>[1]</sup>.

Limbah radioaktif yang menjadi salah satu potensi risiko di PTTBN, dikelola oleh Subbidang Akuntansi Bahan Nuklir dan Pengelolaan Limbah sesuai dengan Perka BATAN Nomor 8 Tahun 2016 tentang Perubahan Atas Perka BATAN Nomor 21 Tahun 2014 tentang Rincian Tugas Unit Kerja Di Badan Tenaga Nuklir Nasional. Rincian tugas mengenai pengelolaan limbah yang sesuai dengan Pasal 224, yaitu melakukan akuntansi limbah radioaktif, dan melakukan pengelolaan limbah radioaktif dan limbah B-3 sebelum dikirim ke instalasi pengolahan limbah.

Tulisan ini membahas pengelolaan limbah radioaktif padat dan limbah radioaktif cair yang berada di gedung 65 dan gedung 20 PTBBN pada tahun 2018. Pengelolaan limbah yang dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa baik limbah radioaktif padat maupun cair dikelola dengan baik sehingga menjaga keselamatan pekerja radiasi, wilayah kerja, serta lingkungan disekitar instalasi.

## TEORI

Limbah yang dihasilkan laboratorium yang berada PTBBN dibagi menjadi dua, yaitu limbah radioaktif dan limbah bahan berbahaya beracun (B3). 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>.

Limbah radioaktif dibagi menjadi limbah radioaktif padat dan limbah radioaktif cair. Pengelolaan limbah radioaktif padat berupa pengumpulan, pengelompokan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan, dan/atau pembuangan limbah radioaktif<sup>[3]</sup>. Limbah harus disimpan sedemikian rupa sehingga dapat diperiksa, dipantau, diambil dan dijaga dalam kondisi yang sesuai untuk pengelolaan selanjutnya. Pengukuran perlu diketahui untuk mengetahui periode penyimpanan yang diharapkan dan sejauh mana fitur keselamatan harus diterapkan pada tempat penyimpanan<sup>[4]</sup>.

Fitur keselamatan limbah radioaktif padat PTTBN yaitu pemantauan rutin kotak-kotak limbah radioaktif yang berada di laboratorium. Pemantuan memastikan bahwa paparan radiasi kotak limbah radioaktif yang menyinari personil diupayakan tidak lebih dari 25  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ <sup>[5]</sup>. Kotak limbah yang terukur 25  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  atau lebih akan dipindahkan ke ruang limbah R.013 untuk diproses lebih lanjut. Selain paparan radiasi, parameter yang dipantau adalah volume kotak limbah. Limbah radioaktif padat akan dipindahkan ke ruang limbah R.013 setelah volume mencapai sekitar 80%<sup>[6]</sup>.

Pengelolaan selanjutnya adalah pengemasan limbah radioaktif padat ke dalam drum limbah 100 liter. Limbah yang telah dikemas ini akan dipersiapkan untuk pengiriman

ke PTLR sesuai dengan kriteria keberterimaan limbah radioaktif padat atau *waste acceptance criteria* (WAC) yang diterbitkan oleh Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR). Kriteria aktivitas limbah radioaktif padat dibagi menjadi:

1. Limbah terkontaminasi atau aktivitas rendah  
Laju dosis radiasi di permukaan drum 100 L:  $<500 \mu\text{Sv/jam}^{[7]}$
2. Limbah terkontaminasi atau aktivitas tinggi  
Laju dosis radiasi di permukaan drum 100 L:  $<2 \text{ mSv/jam}^{[8]}$

Pembagian Limbah radioaktif cair terdiri atas limbah cair aktivitas sangat tinggi dengan aktivitas  $>10^4 \mu\text{Ci/ml}$ , limbah cair aktivitas tinggi dengan aktivitas  $10^1-10^4 \mu\text{Ci/ml}$ , limbah cair aktivitas sedang dengan aktivitas  $10^{-3}-10^{-1} \mu\text{Ci/ml}$ , dan limbah cair aktivitas rendah dengan aktivitas  $10^{-6}-10^{-3} \mu\text{Ci/ml}^{[9]}$ . Pemantauan limbah radioaktif cair berupa pemantauan volume tangki limbah. Apabila volume limbah radioaktif cair pada tangki  $\pm 80\%$ , maka limbah akan dikirim ke PBT (Penampungan Buangan Terpadu) PPIKSN atau PTLR.

Penghasil Limbah Radioaktif selama melakukan pengumpulan dan pengelompokan zat radioaktif terbungkus yang tidak digunakan wajib melakukan perekaman/inventarisasi dan wajib dilaporkan kepada Kepala BAPETEN paling sedikit 1 (satu) kali dalam 6 (enam) bulan<sup>[3]</sup>. Sistem akuntansi limbah terpadu yang selanjutnya disebut SALT adalah sistem inventarisasi rekaman limbah radioaktif pada setiap tahapan kegiatannya. SALT berlaku secara nasional yang ditetapkan oleh BAPETEN<sup>[10]</sup>.

## **METODOLOGI**

### **Pengelolaan Limbah Radioaktif Padat IEBE dan IRM**

#### **1. Pengelompokan**

Memasukkan limbah sesuai dengan jenisnya ke dalam wadah penampung limbah yang sesuai. Limbah yang tidak dapat terkompaksi dimasukkan ke dalam wadah limbah berwarna merah. Limbah dapat terkompaksi dan diyakini terkontaminasi zat radioaktif dimasukkan ke dalam wadah limbah berwarna kuning. Sedangkan limbah yang diyakini tidak terkontaminasi zat radioaktif dimasukkan ke dalam wadah limbah berwarna biru.

#### **2. Pemantauan**

Pemantauan rutin dilakukan sesuai dengan jadwal perencanaan yang telah dibuat setiap awal tahun. Pemantauan dengan cara mengukur dan mencatat laju dosis radiasi dan volume wadah penampung. Limbah akan dipindahkan ke gudang limbah

(dikumpulkan) apabila laju dosis radiasi limbah radioaktif padat pada wadah >25  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  dan/atau volume di dalam wadah  $\geq 80\%$ . Data limbah hasil pemantauan dimasukkan ke dalam SALT internal berupa *data base* data limbah. Data limbah selanjutnya akan dilaporkan ke BAPETEN melalui portal SALT BAPETEN pada akhir bulan.

### 3. Pengemasan

Limbah-limbah yang telah dikumpulkan akan dikemas ke dalam drum limbah 100 L berwarna kuning sesuai dengan jenis limbah radioaktifnya. Drum limbah 100 L yang diberi identitas dan dicatat paparan radiasi permukaan dan 1 m, alat survei meter yang digunakan, berat kotor, isi drum limbah, dan tanggal pemberian identitas.

### Pengelolaan Limbah Radioaktif Cair IEBE dan IRM

Pemantauan limbah radioaktif cair dilakukan dengan memantau volume limbah pada setiap tangki penampung. Tangki penampung yang berada di IRM terdiri tangki 3 tangki limbah LAW (*Low Activity Waste*) dengan kapasitas masing-masing tangki adalah  $10 \text{ m}^3$  dan 2 tangki MAW (*Medium Activity Waste*) dengan kapasitas masing-masing tangki adalah  $2,5 \text{ m}^3$ . Tangki LAW maupun MAW menggunakan level indikator berupa level bar magnetic untuk mengetahui volume limbah. Tinggi yang tertera pada level indikator dicatat kemudian untuk mengetahui volume LAW dihitung dengan rumus (1) dan untuk volume MAW dengan rumus (2).

$$\text{Volume LAW}(\text{m}^3) = 10 \text{ m}^3 \times \frac{\text{skala pada level indicator}}{7,5} \quad (1)$$

$$\text{Volume MAW}(\text{m}^3) = 2,5 \text{ m}^3 \times \frac{\text{skala pada level indicator}}{6} \quad (2)$$

Tangki penampung limbah radioaktif cair di IEBE terdiri dari :

- a. 2 tangki DAWP (*Detergent Aquos Waste Personel*) dengan kapasitas masing-masing tangki  $20 \text{ m}^3$ ,
- b. 2 tangki UAWC (*Uranium Acid Waste Conversion*) dengan kapasitas masing-masing tangki  $15 \text{ m}^3$ ,
- c. 2 tangki UBWC (*Uranium Basic Waste Conversion*) dengan kapasitas masing-masing tangki  $15 \text{ m}^3$ ,
- d. 2 tangki DAWL (*Detergent Aquos Waste from Laboratory and Decontamination Room*) dengan kapasitas masing-masing tangki  $15 \text{ m}^3$ .

Semua tangki tersebut menggunakan *pressure gauge* untuk mengetahui volume limbah yang berada di dalam tangki. Besarnya tekanan dicatat kemudian untuk mengetahui volume DAWP dihitung dengan rumus (3) sedangkan untuk volume UAWC, UBWC, dan DAWL dihitung dengan rumus (4).

$$\text{Volume DAWP}(m^3) = 20 m^3 \times \frac{\text{tekanan pada pressure gauge}}{200 \text{ mbar}} \quad (3)$$

$$\text{Volume UAWC}(m^3) = 15 m^3 \times \frac{\text{tekanan pada pressure gauge}}{200 \text{ mbar}} \quad (4)$$

Data limbah selanjutnya akan dilaporkan ke BAPETEN melalui portal SALT BAPETEN pada akhir bulan.

### **Penyiapan Dan Pengiriman Limbah Radioaktif Padat IEBE dan IRM**

Limbah radioaktif padat dalam drum 100 L yang telah dikumpulkan selanjutnya dikirimkan ke PTLR. Langkah pengiriman adalah, melakukan pengajuan pengiriman melalui e-Lira yang selanjutnya akan diterima dan diproses oleh PTLR dan kemudian akan diterbitkan jadwal survey. PTLR melakukan limbah radioaktif yang akan dikirim bertujuan untuk memastikan data yang ada pada pengajuan sesuai dengan WAC yang berlaku. Hasil survey berupa rekomendasi penyiapan limbah radioaktif padat yang akan dikirim ke PTLR dan jadwal pengambilan limbah.

### **Penyiapan Dan Pengiriman Limbah Radioaktif Cair IEBE dan IRM**

Limbah radioaktif cair dikirim apabila sudah mencapai 80% dari kapasitasnya. Sebelum melakukan pengiriman, limbah akan dicuplik dan dianalisis untuk menentukan kadar radioaktif. Apabila limbah cair tersebut tidak terdeteksi zat radioaktif, maka limbah cair dikirimkan ke PBT. Tahapan pengiriman limbah cair yaitu melakukan penyiapan sesuai WAC dan mengirim pengajuan pembuangan limbah non radioaktif cair ke PBT. Limbah cair dapat dialirkan ke PBT apabila telah ditentukan jadwal pembuangan.

Limbah cair dengan hasil analisis terdeteksi zat radioaktif, akan dikirimkan ke PTLR dengan melakukan pengajuan pengiriman melalui eLira yang selanjutnya akan diterima dan diproses oleh PTLR. Kemudian PTLR akan menerbitkan jadwal pengiriman limbah radioaktif cair.

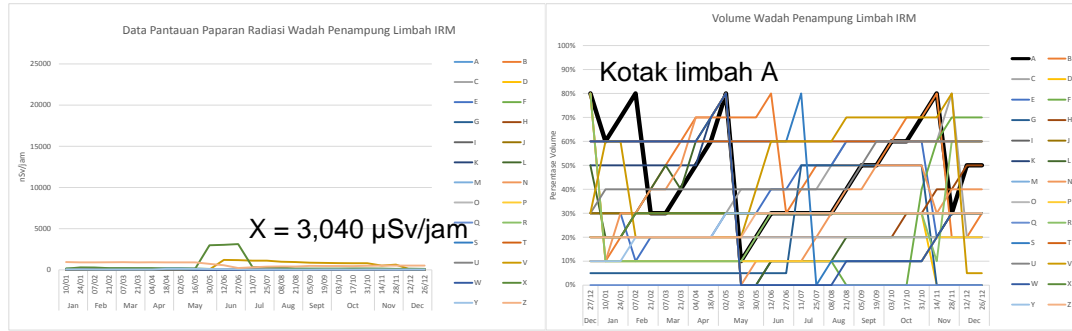
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Limbah Radioaktif Padat

Hasil pemantauan limbah radioaktif padat IRM dan IEBE pada tahun 2018 dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Hasil pemantauan paparan radiasi wadah penampung limbah IRM tahun 2018 tertinggi yaitu merupakan wadah X (wadah limbah radioaktif dapat bakar di koridor 012) pada bulan Mei – Juni dengan nilai paparan 3,040  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$  (diukur dengan Radeye Sn.650). Nilai tersebut lebih tinggi dari nilai pengukuran paparan radiasi kotak limbah X biasanya dan juga lebih tinggi dari nilai *background*.

Tingginya paparan radiasi pada kotak X karena adanya limbah *scrap* hasil kegiatan 5R di ruang limbah radioaktif cair. *Scrap* tersebut merupakan kotoran dan karat di sekitar pompa LAW yang kemungkinan terdapat/menempel radioaktif dari tetesan limbah cair yang berasal dari pompa LAW. Nilai paparan tersebut masih jauh dari batasnya yaitu 25  $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ , sehingga tidak memerlukan perlakuan khusus terhadap limbah tersebut. Selain itu, pada bulan Juli paparan radiasi menjadi normal kembali ketika limbah *scrap* tertutup dengan limbah lainnya. Walaupun demikian, nilai paparan radiasi ini dapat menjadi rekomendasi para petugas limbah ketika akan memindahkan limbah tersebut ke ruang R.013.

Pada Gambar 1.b. dapat dilihat volume kotak limbah IRM yang paling banyak melakukan pergantian sepanjang tahun 2018 adalah kotaklimbah radioaktif A (limbah radioaktif padat dapat bakar) yang berada di ruangan 122 (ruang ganti). Kotak limbah tersebut aktif diganti karena ruang 122 (ruang ganti) merupakan ruang utama yang pasti dilewati pada saat masuk atau keluar laboratorium. Di ruangan tersebut juga sebagai batas akhir (Alat Pelindung Diri) APD yang berasal dari dalam laboratorium, sehingga banyak limbah APD *non-reusable* berupa sarung tangan, masker dan *shoe cover* yang diduga terkontaminasi radioaktif terutama APD para tamu. Dengan adanya grafik ini dapat melihat kecenderungan aktifnya pergantian plastik pada kotak limbah radioaktif padat. Kotak limbah yang mempunyai kecenderungan pergantian harus lebih diperhatikan karena kotak limbah yang penuh mempunyai potensi terjadinya kontaminasi.



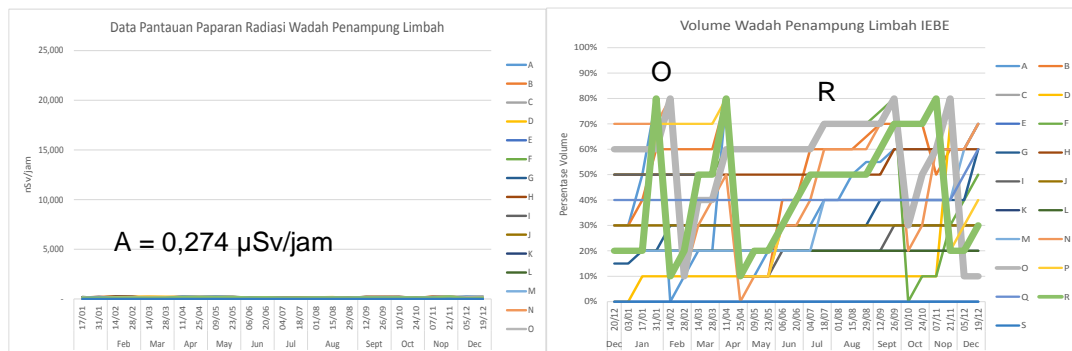
a.

b.

Gambar 1. Hasil pemantauan kotak penampung limbah radioaktif padat IRM tahun 2018: a. paparan radiasi; b. volume

Kegiatan pemantauan limbah radioaktif di IEBE menggunakan alat bantu berupa Graetz X5DE Sn.51074, 51075 dan 51110. Hasil pemantauan limbah radioaktif padat IEBE pada tahun 2018 tidak menunjukkan adanya fluktuasi atau anomali pada grafik. Nilai paparan pada setiap wadah limbah kurang lebih mendekati nilai *background*. Paparan tertinggi terdapat pada kotak limbah radioaktif A dengan paparan 0,274 μSv/jam. Nilai ini merupakan kondisi aman karena masih jauh di bawah nilai batas, yaitu 25μSv/jam.

Aktivitas pergantian plastik dalam kotak limbah radioaktif IEBE lebih tinggi dibanding dengan IRM. Kotak limbah IEBE yang paling banyak melakukan pergantian sepanjang tahun 2018 adalah kotak limbah radioaktif O (wadah limbah non radioaktif padat HR 24) dan R (wadah limbah radioaktif padat dapat bakar HR 36), yaitu sebanyak 3 kali dalam tahun 2018. Kecenderungan aktifnya pergantian plastik pada kotak limbah radioaktif padat ini menunjukkan bahwa tingginya kegiatan yang dilakukan di HR 24 dan juga HR 36. Kotak limbah yang mempunyai kecenderungan diganti, harus lebih diperhatikan karena kotak limbah yang penuh mempunyai potensi terjadinya kontaminasi dan agar tidak menghambat penghasil limbah dalam melakukan kegiatan.



a.

b.

Gambar 2. Hasil pemantauan kotak limbah radioaktif padat IEBE tahun 2018: a.paparan radiasi; b.volume

Plastik-plastik limbah pada kotak limbah radioaktif padat yang telah mencapai 80% kemudian dikumpulkan dan dikemas dalam drum kuning 100 L siap kirim. Pada tahun 2018, telah dilakukan pengemasan 3 drum kuning 100 L dari IRM dan 11 drum kuning 100 L dari IEBE. Rincian dapat dilihat pada Tabel 1 berikut. Total drum kuning hingga akhir Desember 2018 adalah sebanyak 27 drum dengan rincian 3 drum kuning tidak dapat bakar (KT), 18 drum kuning dapat bakar (KY), dan 6 drum biru dapat bakar (BY).

Drum limbah radioaktif padat siap kirim disimpan dalam gudang limbah radioaktif baik di IRM (R.013) dan IEBE (HR.07). Tidak ada kapasitas maksimum drum limbah yang dapat tersimpan pada gudang limbah. Pengiriman drum limbah ke PTLR dilakukan apabila dirasa gudang limbah sudah tidak memadai untuk menampung muatan-muatan baik plastik limbah, drum limbah radioaktif siap kirim, atau komponen lainnya yang juga disimpan dalam ruangan tersebut.

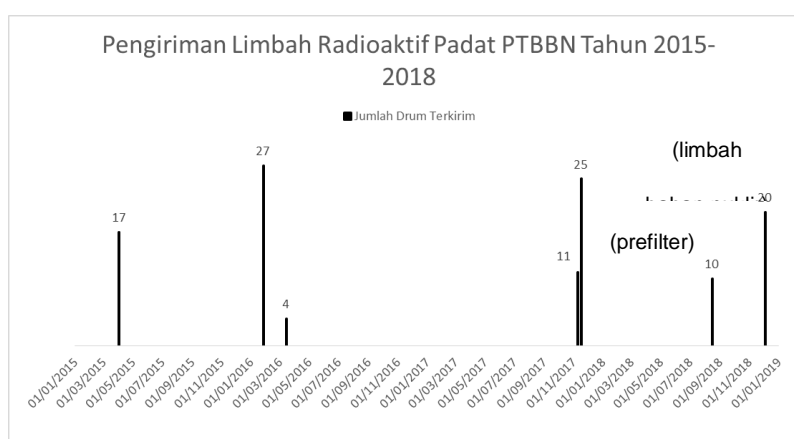
Tabel 1. Data drum kuning limbah radioaktif padat 100 L siap kirim IRM dan IEBE tahun 2018

No.	Nomor Drum	Tanggal Penambahan	No.	Nomor Drum	Tanggal Penambahan
1	20-KT-028	Dari 2017	15	65-KY-039	Dari 2017
2	20-KT-029	Dari 2017	16	65-KY-040	Dari 2017
3	20-KT-031	Dari 2017	17	65-KY-041	17-01-2018
4	20-KY-056	Dari 2017	18	65-BY-042	14-02-2018
5	20-KY-057	Dari 2017	19	65-BY-043	14-03-2018
6	20-KY-058	Dari 2017	20	65-KY-044	11-04-2018
7	20-KY-059	15-05-2018	21	65-BY-045	04-07-2018
8	20-KY-060	15-05-2018	22	65-KY-046	04-07-2018
9	20-KY-061	15-05-2018	23	65-BY-047	18-07-2018
10	65-BY-034	Dari 2017	24	65-BY-048	01-08-2018
11	65-KY-035	Dari 2017	25	65-KY-049	26-09-2018
12	65-KY-036	Dari 2017	26	65-KY-050	26-09-2018
13	65-KY-037	Dari 2017	27	65-KY-051	07-11-2018
14	65-KY-038	Dari 2017			

Dari data Tabel 1. menunjukkan bahwa tidak ada pengiriman limbah radioaktif padat hingga Desember 2018. Padahal apabila kita lihat Gambar 3., kecenderungan pengiriman limbah radioaktif padat IRM dan IEBE selama 4 tahun terakhir setidaknya dilakukan 1 kali pengiriman dalam 1 tahun. Pada tahun 2015, pengiriman 17 drum limbah



radioaktif padat dilakukan pada bulan April. Tahun 2016, limbah radioaktif padat dilakukan dalam 2 tahap, yaitu tahap pertama pengiriman 27 drum limbah radioaktif padat pada bulan Januari dan tahap kedua merupakan pengiriman limbah radioaktif padat tinggi sebanyak 4 buah pada bulan Maret. Tahun selanjutnya limbah radioaktif padat dikirim sebanyak 25 drum limbah radioaktif padat IRM dan IEBE dan 11 drum limbah radioaktif padat dari Gd. 07 Jogjakarta. Rentang waktu antara pengiriman limbah radioaktif padat pada tahun 2016 dan 2017 lebih panjang dari sebelumnya. Hal ini karena diperlukan persiapan pengiriman yang lebih panjang untuk limbah radioaktif padat PTBBN Serpong dan juga Gd.07 Jogjakarta dan juga berkurangnya personel, sehingga pengemasan, persiapan dan pengiriman baru dapat dilakukan pada akhir tahun.



Gambar 3. Data pengiriman drum limbah radioaktif padat IRM dan IEBE pada tahun 2015-2018

Pada Agustus dan Desember 2018 terdapat pengiriman limbah berupa *prefilter* bekas IRM dan limbah bahan nuklir IEBE. Limbah *Prefilter* merupakan limbah dari BPFBBN yang langsung dikirim ke PTLR/PPIKSN. Pengiriman limbah tersebut tidak termasuk pengiriman limbah radioaktif padat yang dikumpulkan dari kegiatan di dalam laboratorium. Hal ini menunjukkan pada akhir tahun 2017 hingga Desember 2018 pengiriman limbah radioaktif padat tidak dilakukan. Akibat tidak dikirimnya limbah radioaktif padat yaitu menumpuknya drum-drum limbah siap kirim baik di gudang limbah IRM maupun IEBE.

Drum limbah yang menumpuk membuat kenyamanan bekerja berkurang. Pengelolaan limbah radioaktif padat di IRM menjadi terhambat karena paparan radiasi daerah kerja petugas limbah (R.013) menjadi tinggi karena paparan radiasi dari limbah radioaktif padat yang menumpuk. Sedangkan pengelolaan limbah radioaktif padat di IEBE terhambat karna terbatasnya ruangan limbah yang sebagiannya digunakan untuk

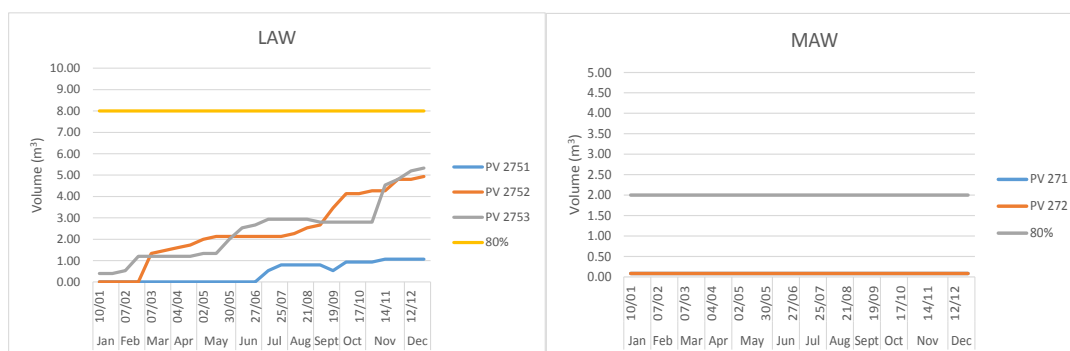
penelitian, penyimpanan drum kuning 100 liter kosong, penumpukkan drum kuning 100 liter siap kirim dan juga kantong-kantong plastik limbah (dari kotak limbah) yang siap untuk dikemas.

Kegiatan pengiriman limbah radioaktif padat terhambat pada tahun 2018 karena kurangnya faktor personel. Pengiriman limbah radioaktif padat memerlukan personel teknis karena jumlah limbah yang akan dikirimkan cukup banyak, dan juga personel administratif yang melakukan pengajuan pengiriman melalui e-Lira dan melakukan pencatatan dan pelaporan untuk SALT. Sedangkan hingga akhir tahun 2018 tidak tersedia cukup personel yang mencakup hal tersebut.

Rekomendasi untuk pengiriman limbah radioaktif padat selanjutnya agar tidak terhambatnya pengiriman, yaitu melakukan pengiriman limbah radioaktif pada awal tahun dimana kegiatan belum terlalu padat. Pengiriman limbah radioaktif padat disarankan tidak perlu menunggu drum limbah radioaktif padat siap kirim memenuhi gudang limbah. Selain itu perlu dilakukan re-desain gudang limbah radioaktif padat, khususnya di IRM (R.013) sehingga paparan radiasi yang berasal dari limbah radioaktifitas tinggi dapat dikurangi.

**Limbah Radioaktif Cair**

Hasil pemantauan limbah radioaktif cair pada tangki-tangki penampung di IRM pada tahun 2018 dapat dilihat pada Gambar 4. LAW pada tahun 2018 bertambah secara bertahap di ketiga tangkinya. Hingga akhir tahun 2018, LAW pada masing-masing tangki belum mencapai 80% dari kapasitas maksimum masing-masing (8 m<sup>3</sup>), sehingga limbah tidak dikirim ke pembuangan PBT atau IPLR. Sedangkan MAW tidak mengalami penambahan volume pada tahun 2018. MAW merupakan limbah cair yang dihasilkan dari ruang laboratorium aktivitas sedang (R-135) dan R-122. Hingga saat ini belum ada kegiatan yang menghasilkan limbah radioaktivitas sedang pada ruangan-ruangan tersebut.

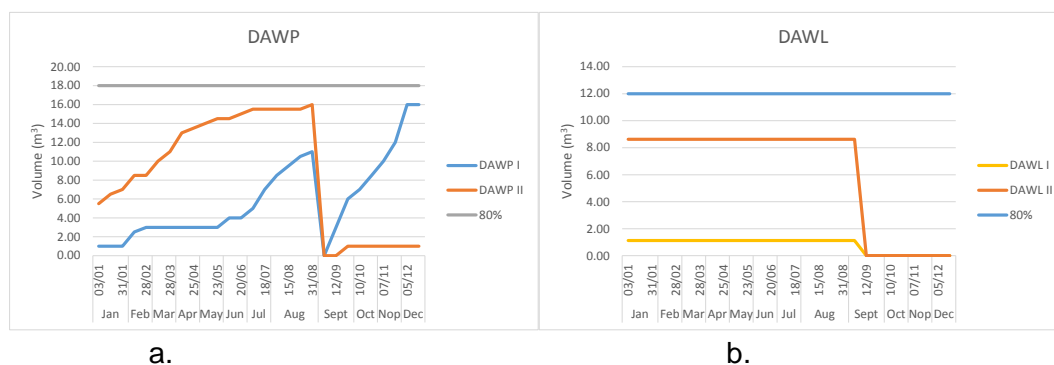


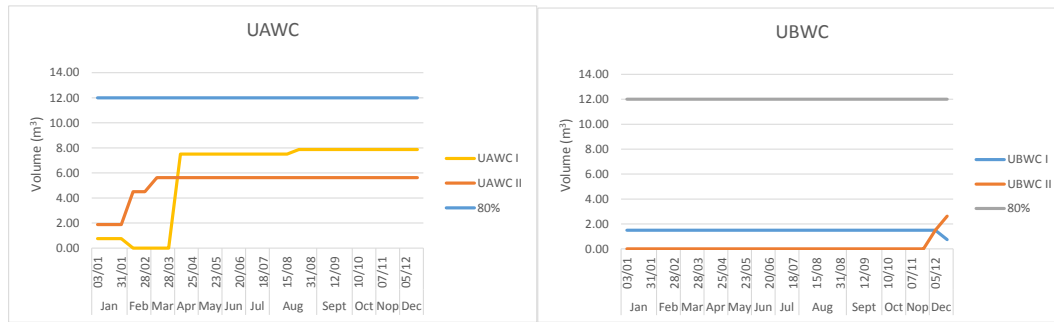
a. b.  
Gambar 4. Grafik limbah radioaktif cair di IRM tahun 2018: a. LAW; b. MAW

Limbah radioaktif cair pada tangki-tangki IEBE terdiri dari DAWP, DAWL, UAWC dan UBWC yang dapat dilihat pada Gambar 5. Limbah di IEBE yang aktif bertambah adalah DAWP. Pada tahun 2018, DAWP bertambah bertahap dan volume DAWP pada tangki hampir mencapai 80% yang kemudian dilakukan pengiriman limbah cair. Sebelum pengiriman, sampel DAWP dianalisis dan untuk mengetahui apakah terdapat radioaktif di dalamnya. Hasil analisis menunjukkan tidak terdeteksi adanya zat radioaktif dan kemudian DAWP dapat dikirim ke PBT. Selanjutnya dilakukan pengajuan pengiriman dan pengiriman sesuai dengan Berita Acara Nomor : 124/BBN 5/BN 04 03/09/2018. Pasca pengiriman DAWP, volume tangki tetap bertambah karena adanya aktivitas laboratorium IEBE. Status volume DAWP pada akhir tahun 2018 sebesar 17 m<sup>3</sup>. Nilai tersebut masih jauh dari 80% volume maksimal, sehingga pada akhir tahun 2018 tidak perlu melakukan pengiriman DAWP kembali.

DAWL tidak mengalami penambahan volume limbah. Tetapi karena limbah cair yang masuk ke dalam tangki DAWL berupa air demin yang bukan peruntukannya, maka dilakukan pengiriman limbah pada bulan September 2018 sesuai dengan Berita Acara Nomor: 125/BBN 5/BN 04 03/09/2018 DAWL dikirim ke PBT sesuai dengan hasil analisis yang menyatakan bahwa DAWL tidak mengandung zat radioaktif. Status tangki DAWL hingga akhir tahun 2018 yaitu tidak terdapat limbah cair di dalamnya.

Limbah IEBE lainnya adalah UAWC dan UBWC. Terjadi penambahan UAWC pada bulan Februari, Maret, April dan Agustus dengan total penambahan sebesar 10,88 m<sup>3</sup>. Setelah bulan Agustus hingga akhir tahun 2018 UAWC tidak mengalami penambahan limbah. Sedangkan UBWC mengalami penambahan volume pada akhir tahun sebesar 1,88 m<sup>3</sup>. Status volume baik tangki UAWC maupun UBWC hingga akhir tahun 2018 masih jauh dari 80% kapasitas yang tersedia. Sehingga tidak diperlukan pengiriman limbah cair ke IPLR atau PBT.





c.

d.

Gambar 5. Grafik limbah radioaktif cair di IEBE tahun 2018: a. DAWP; b. DAWL; c. UAWC; d. UBWC

Data-data limbah mengenai pemantauan, pengemasan, pengiriman, dan lain-lain disimpan menjadi *database* limbah radioaktif PTBBN. *Database* tersebut menjadi sumber informasi laporan-laporan, salah satunya adalah SALT (Sistem Akuntansi Limbah Terpadu) yang dilaporkan ke BAPETEN 1 bulan sekali melalui portal SALT BAPETEN. Pada tahun 2018, pelaporan SALT telah berjalan dengan lancar dan tepat waktu yaitu pada 10-14 hari setelah habis bulan pelaporan. Pada akhir tahun 2018, dilakukan pengecekan ulang fisik limbah dan dokumen pengiriman dan dipastikan jumlahnya sesuai dengan data yang tertera dalam laporan SALT selama tahun 2018.

**KESIMPULAN**

Hasil dari pemantauan kotak limbah radioaktif padat di IRM maupun IEBE pada tahun 2018 tidak terdapat paparan kotak limbah yang melebihi 25  $\mu$ Sv/jam dan volume 80%. Tetapi terdapat beberapa kotak limbah yang harus lebih sering dipantau karena tingginya aktivitas sehingga produksi limbah radioaktif padat juga lebih tinggi. Limbah radioaktif padat siap kirim lebih baik untuk segera dikirim ke PTLR agar tidak terjadi penumpukkan di dalam gudang limbah. Kegiatan pengelolaan limbah radioaktif cair berupa pemantauan dan pengiriman pada tahun 2018 juga berjalan dengan baik. Tidak ada volume limbah dalam tangki yang melebihi 80% sehingga potensi kontaminasi dari tumpahnya limbah radioaktif cair dapat dihindari.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. IAEA, *Fundamental Safety Principles-Safety Fundamentals No. SF-1*, Austria, 2006.
2. Undang-Undang No.10 Tahun 1997 Tentang Ketenaganukliran.

3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No.61 Tahun 2013 Tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif.
4. IAEA, *General Safety Requirements Part 5-Predisposal Management Of Radioactive Waste*, Austria, 2009.
5. PTBBN, Laporan Analisis Keselamatan IRM-BAB 14, 2012.
6. PTBBN, Laporan Analisis Keselamatan IRM-BAB 16, 2012.
7. PTLR, Kriteria Keberterimaan Limbah Radioaktif Terbakar, P-004/BN 04 03/TLR, 2017.
8. PTLR, Kriteria Keberterimaan LRPMT Paparan Tinggi, P-008/BN 04 03/TLR, 2017.
9. Wati, Pengelolaan Berbagai Jenis Limbah Radioaktif Dari Instalasi Produksi Radioisotop, *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*, 2013.
10. Winastri, P. D., dkk., *Penyiapan Data Untuk Sistem Akuntansi Limbah Terpadu (SALT) Tahun 2014*, Hasil-Hasil Penelitian EBN Tahun 2014, 2015.