

PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT DAN CAIR DI INSTALASI RADIOMETALURGI (IRM)

Susanto, Sunardi, Agus Sunarto, Hendro Wahyono
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN

ABSTRAK

PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT DAN CAIR DI INSTALASI RADIOMETALURGI (IRM). Pengelolaan limbah radioaktif padat dan cair di Instalasi Radiometalurgi (IRM) telah dilakukan. Limbah radioaktif tersebut dihasilkan dari kegiatan proses uji pasca iradiasi serta kegiatan penelitian dan pengembangan bahan bakar nuklir. Limbah radioaktif yang dihasilkan adalah limbah padat dapat bakar, padat tidak dapat bakar dan limbah cair. Limbah radioaktif tersebut dapat membahayakan bagi pekerja, daerah kerja dan lingkungan, oleh sebab itu perlu dikelola dengan baik. Metode pengelolaan limbah padat yaitu dengan melakukan: pemantauan, pengumpulan, pengelompokan, kompaksi, pelabelan, penyimpanan dan pengiriman ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR). Untuk pengelolaan limbah radioaktif cair dilakukan dengan cara pengumpulan secara gravitasi ke penampung limbah di basement, disirkulasi, disampling, dianalisa dan dikirimkan melalui Pantauan Buangan Terpadu (PBT). Selama tahun 2015 telah dilakukan pengiriman limbah radioaktif sebanyak 2400 liter dengan rincian : Limbah padat yang terdiri dari: 13 drum hotcel (8 drum limbah tak dapat bakar dan 5 drum limbah dapat bakar), dan limbah dari ruang laboratorium adalah sebanyak 11 drum (2 drum limbah tak dapat bakar dan 9 drum dapat bakar). Besaran paparan permukaan tertinggi adalah 2700,00 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ dan terendah adalah 0,10 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Limbah radioaktif cair *Low Activity* (LAW) telah dilakukan pengiriman melalui Pantauan Buangan Terpadu (PBT) ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif sebanyak 24 m^3 , dan untuk limbah radioaktif cair *Medium Activity* (LAW) adalah sebanyak 4 m^3 .

Kata Kunci : Limbah, pengelolaan, radioaktif

PENDAHULUAN

Hotcell adalah fasilitas Instalasi Radiometalurgi (IRM) yang digunakan untuk pengungkung radiasi sampel uji pasca iradiasi. IRM mempunyai 12 bilik panas yang terdiri dari 3 bilik beton berat dan 9 bilik baja. Bilik beton berat dimulai dari bilik ZG 101 s.d. ZG 103 dan bilik baja dimulai dari bilik ZG 104 s.d. ZG 112. Disamping itu IRM juga dilengkapi dengan laboratorium pendukung lainnya, seperti laboratorium pencacahan bahan radioaktif, SEM, TEM, XRF, uji tarik dan sebagainya ^[1].

Instalasi Radiometalurgi (IRM) adalah laboratorium yang dikelola oleh Bidang Uji Radiometalurgi (BUR) di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN). BUR mempunyai tugas melaksanakan pengembangan teknik uji radiometalurgi, dengan rincian^[1] : Melaksanakan pengelolaan fasilitas uji pra iradiasi di instalasi radiometalurgi; Melaksanakan pengelolaan fasilitas uji pasca iradiasi di *hot cell* instalasi radiometalurgi; Melaksanakan pengembangan teknik uji tak merusak bahan struktur dan bahan bakar nuklir; Melaksanakan pengembangan teknik uji metalografi bahan struktur dan bahan bakar nuklir; Melaksanakan pengembangan teknik uji mekanik bahan struktur dan bahan

bakar nuklir; Melaksanakan pengembangan teknik analisis kimia dan fisikokimia bahan struktur dan bahan bakar nuklir; dan melaksanakan kegiatan forensik nuklir.

Kegiatan penelitian dan pengembangan Uji pasca irradiasi sebagai sampel adalah bahan bakar nuklir bekas. Kegiatan tersebut dapat menimbulkan limbah yang mengandung zat radioaktif dalam bentuk padat, cair maupun gas. Limbah radioaktif tersebut mengandung sejumlah radionuklida yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia maupun lingkungan, sehingga harus dikelola dengan baik. Tujuan dari pengelolaan limbah radioaktif adalah agar pekerja, daerah kerja dan lingkungan dapat terhindar dari paparan radiasi dan atau kontaminasi yang berlebihan^[2]. Dasar hukum pengelolaan limbah radioaktif adalah Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2013, Tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif dan Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) Nomor : 03/Ka-BAPETEN/V-99, Tentang Ketentuan Keselamatan Untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif^[2,3]. Dalam makalah ini membahas mengenai pengelolaan limbah radioaktif bentuk padat dan cair di IRM.

Kegiatan pengelolaan limbah radioaktif padat di IRM dibagi dalam 2 bagian yaitu : limbah padat dari hotcell dan limbah padat dari laboratorium. Limbah tersebut terbentuk karena adanya kontaminasi zat radioaktif pada bahan yang dipakai untuk kegiatan di IRM seperti kertas merang, sarung tangan (kain atau karet), baju kerja, sepatu kerja, kertas filter, masker debu dan sebagainya. Sedangkan limbah radioaktif cair terbentuk dari air cucian di ruangan kerja seperti dari *wastafel* di ruang kerja, ruang dekontaminasi dan sebagainya. Limbah cair tersebut secara langsung dialirkan secara gravitasi ke tangki penampung limbah radioaktif yang terdapat di *basement* IRM. Berdasarkan desain, limbah radioaktif IRM yang mengalir ke tangki-tangki tersebut adalah limbah radioaktif tingkat rendah dan tingkat sedang. Kondisi muatan limbah cair pada tangki-tangki dipantau setiap dua minggu sekali oleh petugas SB-ABNPL.

Data limbah radioaktif padat dan limbah radioaktif cair dikelola oleh Bidang Keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir (BKKABN). Data analisis, volume limbah dan, besaran paparan permukaan kemasan limbah dan kandungan u/liter dalam limbah dikirim ke PTLR untuk mendapatkan rekomendasi dan koordinasi pengiriman ke PTLR dan PPIKSN. Untuk pelepasan limbah cair ke lokasi penampungan limbah radioaktif cair melalui saluran Pantauan Buangan Terpadu (PBT), sedangkan untuk pengiriman limbah radioaktif padat dilakukan menggunakan alat transportasi dari fasilitas PTLR.

METODOLOGI

Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam melakukan pengelolaan limbah radioaktif adalah : Drum limbah ukuran 100 liter, kompaktor, lembaran Pb, kantong plastik, *greenhouse*, label identitas, *crane*, lembar data pemantauan, Jadwal Kegiatan, surveimeter, jerigen, Alat Pelindung Diri (APD).

Cara Kerja^[4].

Limbah Radioaktif Padat

Kegiatan pengelolaan limbah radioaktif padat yang berada di IRM secara garis besar meliputi : pengumpulan, pengelompokan, kompaksi, pelabelan, penyimpanan dan pengiriman ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR). Secara umum langkah pengelolaan limbah radioaktif padat adalah sebagai berikut:

1. Memantau besaran paparan dan volume ditiap penampungan kotak limbah menggunakan surveimeter.
2. Kotak limbah yang volumenya sudah mencapai 80 % atau lebih, diangkut dan dikumpulkan ke R. 013 Gudang Limbah padat.
3. Didalam R. 013 limbah radioaktif dipisahkan antara limbah yang dapat terbakar dan tidak terbakar, yang dapat dikompaksi dan tidak dapat dikompaksi.
4. Limbah padat yang tidak dapat bakar dan tidak terkompaksi langsung dimasukkan kedalam drum 100 liter.
5. Limbah padat yang dapat bakar dan dapat dikompaksi dikumpulkan untuk dikompaksi dengan kompaktor.
6. Setelah limbah dimasukkan kedalam drum ukuran 100 liter, kemudian dilakukan pengukuran paparan radiasi permukaan, diberi label yang berisi: Nomor Identitas, Tanggal kompaksi, PPR yang bertugas, isi jenis limbah,
7. Drum siap kemas disimpan di ruang penyimpan, dan secara periodik dilakukan pemeriksaan baik secara visual maupun dengan menggunakan alat monitor radiasi.
8. Jika dianggap sudah cukup banyak (biasanya \pm 10 drum atau 1000 liter), dikirim ke PTLR disertai dengan dokumen limbah.

Limbah Radioaktif Cair

Kegiatan pengelolaan limbah radioaktif cair yang berada di IRM meliputi : pengumpulan, pengambilan sampel, Identifikasi, pengiriman limbah ke Pusat

Pendayagunaan Informatika dan Kawasan Strategis Nuklir (PPIKSN). Secara umum langkah pengelolaan limbah radioaktif cair adalah sebagai berikut ^[4]:

1. Pemantauan tangki limbah radioaktif cair dikumpulkan secara grafitasi dari setiap wastafel didalam laboratorium, ruang dekontaminasi.
2. Pemantauan volume tangki limbah dilakukan minimal satu kali dalam 2 Minggu.
3. Apabila volume tangki telah terisi sebanyak $\pm 80 \%$, limbah diaduk dengan pompa sirkulasi, dilakukan pencuplikan limbah cair sebanyak 500 ml untuk keperluan analisis.
4. Sampel limbah tersebut dianalisa di fasilitas laboratorium kimia di IRM meliputi: kandungan U, derajat keasaman (pH), konduktivitas dan kandungan Cs-137, serta hasil belah lainnya.
5. Apabila kandungan zat radioaktif (diantaranya adalah Cs-137) didalam cairan limbah tidak melebihi batas ketentuan, maka limbah cair tersebut bisa dilakukan pengiriman ke PPIKSN.
6. Apabila kandungan zat radioaktif (diantaranya adalah Cs-137) didalam cairan limbah melebihi batas ketentuan, maka limbah cair tersebut dilakukan proses pemungutan ulang, setelah memenuhi syarat bisa dilakukan pengiriman.
7. Bilamana waktu pengiriman limbah cair telah ditetapkan, pengelola limbah di bawah koordinasi petugas PPIKSN akan mengirmkan limbah cair ke penampungan limbah di PTLR melalui sistem Pantauan Buangan Terpadu (PBT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan Limbah Padat

Kegiatan pengelolaan limbah radioaktif padat selama tahun 2015 banyak menangani limbah limbah radiasi tinggi dari Ruang Hotcel 103. Namun demikian jumlah volume limbah radioaktif padat laboratorium di ruangan kerja tahun 2015 tidak beda jauh dengan tahun 2014. Limbah-limbah yang berasal dari laboratorium tersebut besaran paparannya jauh dibawah besaran paparan limbah yang dari Hotcel. Berikut data besaran paparan limbah radiasi padat tahun 2015 dapat ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Limbah Radioaktif Padat PTBBN Yang Dikirim Ke PTLR Tahun 2015^[5].

	No. Drum	Volume (liter)	Jenis Limbah	Paparan permukaan ($\mu\text{Sv/h}$)	Keterangan
1	20-BY-013	100	Dapat bakar	0,100	Isi: tisu dan palstik
2	20-KY-014	100	Dapat bakar	19,000	Isi: tisu, karet, kain dari <i>Hotcells</i>
3	20-KY-015	100	Dapat bakar	0,361	Isi: <i>shoe cover</i>
4	20-KY-016	100	Dapat bakar	0,431	Isi: plastik <i>green house</i>
5	20-KY-017	100	Dapat bakar	0,527	Isi: sepatu, kain, plastik, karet

	No. Drum	Volume (liter)	Jenis Limbah	Paparan permukaan ($\mu\text{Sv/h}$)	Keterangan
6	20-KY-018	100	Dapat bakar	0,380	Isi: plastik green house
7	20-KY-019	100	Dapat bakar	0,284	Isi: kertas, sarung tangan, majun
8	20-BY-020	100	Dapat bakar	0,373	Isi: plastik
9	20-BY-021	100	Dapat bakar	0,432	Isi: kardus
10	20-BY-022	100	Dapat bakar	0,256	Isi: karton/kardus
11	20-KT-023	100	Tidak dapat bakar	52,000	Isi:kayu, paku, logam <i>Hotcells</i>
12	20-KT-024	100	Dapat bakar	0,318	Isi: jerigen
13	KKT001	-	Tidak dapat bakar	4,000	Isi: kaleng, kabel <i>Hotcells</i>
14	KKT002	-	Tidak dapat bakar	0,370	Isi: kaleng, lembaran logam
15	KKT003	-	Tidak dapat bakar	0,270	Isi: kabel, logam
16	CELL	100	Tidak dapat bakar	0,600	Isi: peralatan deko <i>Hotcells</i>
17	A	100	Tidak dapat bakar	2.030,000	Isi: peralatan deko <i>Hotcells</i>
18	B	100	Tidak dapat bakar	2.400,000	Isi: peralatan deko <i>Hotcells</i>
19	C	100	Tidak dapat bakar	1.700,000	Isi: peralatan deko <i>Hotcells</i>
20	20-KY-011	100	Dapat bakar	42,000	Isi: peralatan deko <i>Hotcells</i>
21	20-KY-012	100	Dapat bakar	7,000	Isi: peralatan deko <i>Hotcells</i>
22	Kemasan I	100	Tidak dapat bakar	2.700,000	Isi: rel korden & <i>cleaner Hotcells</i>
23	Kemasan II	100	Dapat bakar	60,000	Isi: paralon & plastic hotcell
24	Kemasan III	100	Tidak dapat bakar	900,000	Isi: mesin pompa & besi <i>Hotcells</i>
	Jumlah	2400			

Dalam Tabel 1 tersebut dapat dilihat bahwa jumlah limbah radioaktif padat hasil dari kegiatan pekerjaan hotcel termasuk *greenhouse* adalah 13 drum, sedangkan jumlah limbah radiasi padat laboratorium adalah 11 drum. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan pengelolaan limbah dari hotcel lebih banyak dari pada di ruangan kerja laboratorium yang terdiri dari 5 drum berjenis dapat bakar berupa tisu, paralon, kain majun, karet dan plastik termasuk *greenhouse*. Sisanya sebanyak 8 drum berjenis tidak dapat bakar adalah berupa peralatan deko, mesin pompa, besi, kaleng, kabel. 3 buah drum limbah ini mempunyai paparan permukaan diatas 2000 $\mu\text{Sv/h}$ sehingga dalam pengangkutannya diperlukan sheldrum untuk menahan paparan radiasi (lihat Gambar 1). Untuk paparan permukaan dibawah 2000 $\mu\text{Sv/h}$ drum bisa diangkut tanpa harus menggunakan sheldrum, namun kemasannya diperlukan pembungkus lembaran Pb (lihat Gambar 2).

11 drum untuk jenis pengelolaan limbah laboratorium yang dikirimkan ke PTLR, yang terdiri dari 2 buah drum jenis tidak dapat bakar berupa kaleng, lembaran logam, logam dan kabel, sedangkan sisanya yang 9 drum lainnya adalah jenis dapat bakar berupa tisu, plastik, kain, karet, kardus, shoecover dan jerigen. Besaran paparan permukaan tertinggi limbah laboratorium adalah 0,527 $\mu\text{Sv/h}$ masih jauh dari batas yang diijinkan. Limbah laboratorium tersebut bisa langsung dikirim tanpa pengemasan khusus (lihat Gambar 3).

Ditinjau dari Perka BAPETEN No. 03/Ka-BAPETEN/V-99, Tentang Ketentuan Keselamatan untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif, bahwa batas maksimum paparan yang diizinkan adalah $25 \mu\text{Sv}/\text{jam}$. Untuk itu dalam pengangkutan untuk limbah radiasi tinggi dilakukan hal hal sebagai berikut :

1. Digunakan shielding yang cukup, berupa lembaran Pb yang berlapis lapis untuk mengurangi besaran paparan yang diterima pengelolaan limbah dari PTBBN maupun PTLR.
2. Menggunakan jarak yang cukup antara pengelola limbah dan drum limbah, pada saat penanganan didalam Gedung IRM maupun penanganan diluar Gedung IRM, yaitu saat pengangkutan menggunakan forklift menuju fasilitas penyimpan limbah di PTLR.
3. Menggunakan waktu yang sesingkat singkatnya pada saat penanganan limbah dilakukan, terutama saat penanganan limbah radiasi tinggi dari Hotcel.

Pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa pada tahun 2014 Gedung IRM mengirimkan sebanyak 47 drum (4.700 liter) limbah radioaktif padat, terdiri dari limbah HEPA Filter sebanyak 3.100 liter dan sisanya 1.600 liter adalah limbah yang dikemas pada drum limbah 100 liter (lihat Tabel 2). Pada pengiriman limbah radioaktif padat tahun 2015, apabila dibandingkan dengan tahun 2014 terjadi penurunan jumlah volume 63 %. Hal ini disebabkan karena pada tahun 2015 Fasilitas Gedung IRM tidak mengirimkan limbah berupa HEPA Filter. Apa bila pengiriman limbah radioaktif padat tahun 2013 (lihat Tabel 3) dibandingkan dengan pengiriman limbah radioaktif padat tahun 2014 dan 2015, dapat diketahui bahwa pada tahun 2013 Gedung IRM belum mengirimkan limbah dengan paparan radiasi tinggi atau limbah dari hotcel.



Gambar 1. Shield Drum limbah radiasi tinggi



Gambar 2. Pelapisan drum dengan lembaran Pb



Gambar. 3 Penanganan limbah radioaktif dari laboratorium

Tabel 2. Limbah radioaktif padat yang dikirim dari IRM ke PTLR 2014^[5].

No	No. Drum / Kemasan	Paparan Permukaan (µSv/jam)	Paparan Jarak 1 m (µSv/jam)	Volume (Liter)	Keterangan
1	1	1.600,00	67,40	200	Dapat bakar
2	2	722,00	47,30	100	Dapat bakar
3	3	1.100,00	50,10	100	Dapat bakar
4	HEPA Filter	0,18	0,16	3100	Tak dapat bakar
5	4	0,18	0,16	100	Dapat bakar
6	20-KY-001	350,00	16,50	100	Dapat bakar
7	20-KY-002	21,50	1,50	100	Dapat bakar
8	20-KY-003	1,72	0,90	100	Dapat bakar
9	20-KY-004	2,50	0,78	100	Dapat bakar
10	20-KY-005	1.800,00	14,70	100	Dapat bakar
11	20-KT-006	4.600,00	-	200	Tak Dapat bakar
12	20-KY-007	1.220,00	185,00	100	Dapat bakar
13	20-KY-008	131,00	16,80	100	Dapat bakar
Jumlah				4500	

Tabel 3. Limbah radioaktif padat yang dikirim dari IRM ke PTLR tahun 2013^[5].

No	No. Drum	Paparan permukaan (µSv/h)	Volume (liter)	Keterangan
1	1	0,21	100	Dapat bakar
2	2	0,50	100	Dapat bakar
3	3	4,50	100	Dapat bakar
4	4	0,10	100	Dapat bakar
5	5	1,07	100	Dapat bakar
6	6	0,20	100	Dapat bakar
7	7	0,10	100	Dapat bakar
8	8	0,10	100	Dapat bakar
9	9	1,0	100	Dapat bakar
10	10	0,65	100	Dapat bakar
11	11	0,85	100	Dapat bakar
12	12	0,90	100	Dapat bakar
13	13	0,85	100	Dapat bakar
14	14	7,00	100	Dapat bakar
15	15	1,90	100	Dapat bakar
16	16	0,90	100	Dapat bakar
17	17	10,0	100	Dapat bakar
18	18	1,00	100	Dapat bakar
19	19	1,00	100	Dapat bakar
20	20	221	100	Tidak Dapat bakar
Jumlah			2000	

Pengelolaan Limbah Cair

Volume limbah radioaktif cair yang dikelola selama tahun 2015 tidak terjadi perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan pengelolaan tahun-tahun sebelumnya. Oleh sebab itu proses pengelolaan limbah cair tahun 2015 sama dengan tahun-tahun yang lalu, yaitu menggunakan sistem gravitasi untuk mengalirkan limbah cair dari ruang penghasil limbah cair masuk ke dalam tangki-tangki penampung limbah di basement IRM. Yang berbeda tentang pengiriman limbah cair adalah waktu yang diperlukan dari pembuangan yang satu dengan pembuangan berikutnya (lihat tabel 4). Selama limbah cair berada dalam tangki-tangki limbah, dilakukan proses pencuplikan, penampungan, sirkulasi, pemantauan level volume dan pengiriman ke IPLR. Pengelola limbah cair secara rutin mencatat dan mengamati level pada tangki limbah LAW (*Low Activity Waste*) di R 014 dan MAW (*Medium Activity Waste*) yang ada di R 027. Untuk pengiriman limbah di tangki MAW selama beroperasinya Gedung IRM, baru pada tahun 2015 melakukan pengiriman ke PTLR melalui PPIKSN, data pengiriman limbah di Tangki LAW dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Waktu pengiriman LAW dari tahun 2012 sampai tahun 2015^[5].

NO	TANGGAL	NO. BERITA ACARA	KETERANGAN (periode)
1	17 Sept 2015	001/PBT/BBN.5.2/9/2015	Periode 2014 s/d 2015 (±15 bln)
2	18 Juni 2014	009/PBT/BBN.5.2/2014	Periode 2013 s/d 2014 (± 8 bln)
3	9 Okt 2013	010/PBT/BBN.5.3/2013	Periode 2012 s/d 2013 (± 16 bln)
4	11 Juni 2012	041/PBT/BBN.5/2012	Periode 2011 s/d 2012 (± 14 bln)
5	15 April 2011	002/PBT/PLR.7/2011	-

Proses penentuan waktu pengiriman limbah radioaktif cair sangat berbeda dengan limbah radioaktif padat. Untuk limbah radioaktif padat besaran jumlah maksimum (dalam liter) yang harus segera dikirim tidak ditentukan, sedangkan untuk pengiriman limbah radioaktif cair besaran volume limbah yang harus segera dikirim apabila volume mencapai angka tertentu (dalam liter) sudah ditentukan. Untuk Tangki LAW, apabila sudah mencapai 80 % dari 30 m³ kapasitas tangki atau 24 m³, limbah harus sudah dikirimkan, sedangkan untuk Tangki MAW yaitu 80 % dari 5 m³ kapasitas tangki atau 4 m³. Jadi untuk menentukan seberapa banyak kegiatan yang menghasilkan limbah cair, adalah dengan menghitung periode pembuangan yang satu dengan pembuangan berikutnya. Dari Tabel 4 di atas diketahui bahwa rata-rata pembuangan limbah tangki LAW adalah 13,25 bulan,

waktu paling cepat adalah pada periode tahun 2013 sampai 2014 yaitu \pm 8 bulan dan waktu paling lama adalah periode tahun 2012 sampai 2013 yaitu \pm 16 bulan. Diketahui bahwa apabila Tabel 2 dibandingkan dengan Tabel 1 dan Tabel 3 maka jumlahnya pengiriman limbah merupakan jumlah tertinggi. Hal ini menyebabkan volume limbah cair juga lebih cepat penuh dibandingkan dengan tahun yang lainnya (perbandingan dapat dilihat pada Tabel 4), artinya ada kaitan antara meningkatnya kegiatan limbah padat dengan meningkatnya volume limbah cair.

KESIMPULAN

Selama tahun 2015 telah dilakukan pengiriman limbah radioaktif padat sebanyak 24 drum (2.400 liter) yang terdiri dari 13 drum limbah dari hotcell dan 11 drum limbah laboratorium. Limbah dari hotcel terdiri dari 8 drum limbah tak dapat bakar dan 5 drum limbah padat dapat bakar sehingga total 13 drum, sedangkan limbah laboratorium terdiri dari 2 drum tak dapat bakar dan 9 drum dapat bakar dengan total adalah 11 drum. Besaran paparan permukaan tertinggi adalah 2700,00 μ Sv/jam dan terendah adalah 0,10 μ Sv/jam. Untuk pengelolaan limbah radioaktif cair Low Activity Waste (LAW) telah dilakukan pengiriman melalui Pantauan Buangan Terpadu (PBT) ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif sebanyak 24 m³, dan untuk limbah radioaktif cair Medium Activity Waste (LAW) adalah sebanyak 4 m³.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM, Keputusan Kepala BATAN No.14 Tahun 2013 Tentang “, Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan BATAN”, Jakarta, Tahun 2013.
2. ANONIM, PP No. 61 tentang, “Pengelolaan Limbah Radioaktif”, Jakarta, Tahun 2013.
3. ANONIM, “Ketentuan Keselamatan untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif”, Keputusan Kepala BAPETEN Nomor: 03/ka-bapeten/v-99, Jakarta, Tahun 1999.
4. ANONIM, “Prosedur Pengelolaan Limbah Radioaktif dan B3”, PTBBN, Jakarta, Tahun 2014.
5. ANONIM, “Laporan Triwulan Bidang Keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir”, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Jakarta, Tahun 2013, 2014, 2015