

PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF DAN BAHAN BERBAHAYA DAN BERACUN (B3) DI INSTALASI RADIOMETALURGI (IRM) Tahun 2017

Susanto, Pertiwi Diah Winastri
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK

Pengelolaan limbah radioaktif dan B3 di Instalasi Radiometalurgi (IRM) telah dilakukan. Limbah radioaktif dan B3 tersebut dihasilkan dari kegiatan proses uji pasca iradiasi serta kegiatan penelitian dan pengembangan di laboratorium kimia. Keberadaan limbah tersebut sangat membahayakan bagi pekerja, daerah kerja dan lingkungan, untuk itu perlu dilakukan pengelolaan yang baik. Tujuannya agar limbah radioaktif dan B3 di IRM hingga pengirimannya dapat dikelola dengan baik sehingga pekerja, daerah kerja dan lingkungan terbebas dari bahaya paparan kontaminasi dan radiasi yang berlebihan. Metode pengelolaan limbah radioaktif padat dan B3 dilakukan dengan cara: pengumpulan, pengelompokan, pengungkungan, kompaksi, pelabelan, penyimpanan dan pengiriman ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR). Sedangkan metode pengelolaan limbah cair dengan cara dikumpulkan melalui pipa-pipa secara gravitasi ke penampung limbah, dilakukan sampling, dianalisa dan dikirim ke Pusat Pendayagunaan Informatika dan Kawasan Strategis Nuklir (PPIKSN) melalui Pantauan Buangan Terpadu (PBT). Selama tahun 2017 telah dilakukan pengemasan limbah radioaktif padat sebanyak 18 drum ukuran 100 liter, dengan paparan permukaan tertinggi adalah 3.360,000 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ dan terendah adalah 3,750 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Dari 18 drum limbah tersebut, sebanyak 13 drum telah dikirim ke IPLR dan 5 drum belum dikirim ke IPLR karena belum memenuhi persyaratan. Pengelolaan limbah radioaktif cair *Low Activity Waste* (LAW), telah dilakukan pengiriman ke PPIKSN melalui PBT sebanyak 24 m³ dan untuk pengelolaan limbah B3 telah dilakukan pengiriman sebanyak 3 buah drum HDPE ukuran 150 liter.

Kata Kunci : Limbah, pengelolaan, radioaktif

PENDAHULUAN

Insatalasi Radiometalurgi (IRM) adalah laboratorium yang dikelola oleh Bidang Uji Radiometalurgi (BUR) di Satker Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN). BUR mempunyai tugas melaksanakan pengembangan teknik uji radiometalurgi, dengan rincian: 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; pengembangan teknik uji mekanik bahan struktur dan bahan bakar nuklir; pengembangan teknik analisis kimia dan fisikokimia bahan struktur dan bahan bakar nuklir; dan melaksanakan kegiatan forensik nuklir^[1].

Dalam melaksanakan kegiatan uji pasca iradiasi, BUR dilengkapi *Hotcell* yang mempunyai 12 bilik panas, terdiri dari 3 bilik beton berat dan 9 bilik baja. Bilik beton berat dimulai bilik ZG 101 s.d. ZG 103 dan bilik baja dimulai dari bilik ZG 104 s.d. ZG 112,

disamping juga dilengkapi dengan alat-alat laboratorium pendukung lainnya, seperti pencacah bahan radioaktif, SEM, TEM, XRF, uji tarik dan sebagainya ^[1].

Kegiatan uji pasca iradiasi untuk litbang, banyak menggunakan bahan radioaktif dan B3. Kegiatan tersebut menimbulkan limbah radioaktif dan atau zat kimia dalam bentuk padat, cair maupun gas yang berbahaya bagi kesehatan manusia maupun lingkungan, sehingga harus dikelola dengan baik. Tujuan dari pengelolaan limbah radioaktif dan B3 agar pekerja, daerah kerja dan lingkungan dapat terhindar dari paparan radiasi dan atau kontaminasi yang berlebih.

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]. Sedangkan dasar hukum pengelolaan limbah B3 adalah Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014, tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun. Dalam makalah ini membahas pengelolaan limbah radioaktif bentuk padat, cair dan B3 di IRM^[4].

Limbah radioaktif padat terbentuk karena kontaminasi zat radioaktif pada kertas merang, sarung tangan (kain atau karet), baju kerja, sepatu kerja, kertas filter, masker debu yang tidak ekonomis untuk didekontaminasi serta dapat dimampatkan dan dibakar. Limbah padat dimasukkan ke dalam kotak limbah yang dilengkapi plastik warna kuning dan disimpan di ruang penyimpanan sementara limbah radioaktif. Data limbah tersebut disimpan dikelola oleh Bidang Keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir (BKKABN) dan segera dikirim ke PTLR untuk mendapatkan rekomendasi dan koordinasi pengiriman ke PTLR^[4,5].

Limbah radioaktif cair terbentuk dari air cucian dari *wastafel* di ruang kerja bahan aktif, ruang dekontaminasi yang secara langsung dialirkan secara gravitasi ke tangki-tangki limbah radioaktif di *basement* IRM. Berdasarkan desain, limbah radioaktif IRM yang mengalir ke tangki-tangki adalah limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang. Kondisi muatan limbah cair pada tangki-tangki dipantau setiap dua minggu sekali oleh petugas SB-ABNPL. Data tersebut dikelola oleh Bidang Keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir (BKKABN) dan total volume limbah radioaktif dikirim ke PTLR untuk mendapatkan rekomendasi dan koordinasi pelepasan limbah cair ke lokasi penampungan limbah radioaktif cair melalui saluran Pantauan Buangan Terpadu (PBT)^[4,5].

Limbah B3 terbentuk dari kegiatan analisa kimia di Ruang analisa Kimia R-34, R-35, R-36 dan R-220 laboratorium Instalasi Radioametalurgi. Limbah B3 tersebut berupa dari botol-botol bekas bahan kimia, bahan kimia yang sudah tidak dipakai lagi dan bahan kimia yang tidak ada keterangan/identitasnya. Limbah B3 dikumpulkan dari setiap

ruangan limbah tersebut dihasilkan, karena IRM belum mempunyai tempat penyimpanan khusus limbah B3. Setiap 2 minggu minimal 1 kali dilakukan pemantauan limbah B3, limbah B3 didata dan dikemas oleh penghasil limbah B3 dari masing masing ruangan kerja dan diinformasikan ke Bidang Keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir (BKKABN) untuk ditindaklanjuti. Informasi tersebut dilampiri dengan identitas kemasan limbah B3 yang lengkap terdiri dari jenis, volume, berat, jumlah, potensi bahaya dan tanggal pengemasan. Selanjutnya pengelola limbah B3 dari Bidang Keselamatan akan melakukan pemeriksaan kemasan limbah B3 dan mengirimkan ke PTLR^[4,5].

METODOLOGI

Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam melakukan pengelolaan limbah radioaktif dan B3 adalah : Lembar data pemantauan, Jadwal Kegiatan, surveimeter, kantong plastik, kompaktor, *greenhause*, jerigen, Alat Pelindung Diri (APD), *crane*, *drum* limbah, label, lembaran Pb.

Cara Kerja^[4,5]

a. Cara Kerja Pengelolaan Limbah Radioaktif Padat

Langkah kegiatan pengelolaan limbah radioaktif padat diawali dengan pemantauan kondisi muatan kotak limbah minimal satu kali setiap dua minggu oleh petugas limbah, bila kantong plastik berwarna kuning di dalam kotak limbah sudah terisi sekitar 80% maka limbah diangkut ke Ruang Waste Barrel (R. 013), dipisahkan antara yang terbakar dan tidak terbakar. Selanjutnya limbah dimasukkan ke dalam drum 100 liter dan dimampatkan menggunakan kompaktor limbah padat untuk mengurangi volume. Drum yang telah terisi penuh ditutup dan dikunci kemudian diukur paparan gamma dan kontaminasi pada permukaan drum kemudian diberi keterangan : simbol radiasi, asal atau nama instalasi, besar paparan radiasi dan atau kontaminasi permukaan. Secara periodik terhadap drum tersebut dilakukan pemeriksaan baik secara visual maupun menggunakan alat monitor radiasi. Jika sudah ± 10 drum atau 1000 liter, limbah dikirim ke PTLR^[4,5].

b. Cara Kerja Pengelolaan Limbah Radioaktif Cair

Langkah kegiatan pengelolaan limbah radioaktif cair yang diawali dengan melakukan pemantauan tangki limbah radioaktif cair, limbah dari wastafel didalam laboratorium, ruang dekontaminasi. Pemantauan volume tangki limbah dilakukan minimal satu kali dalam 2 Minggu. Apabila volume tangki telah terisi minimal 80 %, limbah diaduk

dengan pompa sirkulasi agar U dalam limbah cair homogen. Selanjutnya dilakukan pencuplikan sebanyak 500 ml untuk analisis : kandungan U, pH, konduktivitas dan kandungan Cs-137. Apabila kandungan zat radioaktif Cs-137 tidak melebihi batas ketentuan, maka petugas SB-ABNPL di bawah koordinasi petugas PPIKSN akan membuka saluran limbah cair untuk dialirkan ke penampungan limbah di PTLR [4,5] Apabila zat radioaktif Cs-137 melebihi batas ketentuan, dilakukan proses pemungutan ulang.

c. Cara Kerja Pengelolaan Limbah B3

Langkah kegiatan pengelolaan limbah B3 diawali dengan pemantauan kondisi muatan kemasan limbah minimal satu kali setiap dua minggu oleh petugas limbah. Selanjutnya limbah B3 yang dikumpulkan di ruangan sementara dan digabung dengan limbah B3 dari ruangan kerja yang lain. Setelah terkumpul dilakukan pemeriksaan secara visual, dan diberi identitas : jenis, jumlah, berat, volume, potensi bahaya dan tanggal kemas serta paraf petugas limbah. Selanjutnya data limbah dikirimkan ke PTLR. Setelah menerima nota dinas, PTLR akan melakukan pemeriksaan sesuai data yang dikirimkan. Apabila kemasan limbah B3 dianggap sudah memenuhi standar pengangkutan, maka limbah B3 segera diangkut ke PTLR menggunakan transportasi dari PTLR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelolaan Limbah Padat

Tabel 1. Data limbah radioaktif padat IRM Tahun 2017

No.	No. Drum	Paparan Permukaan (µSv/jam)	Paparan 1 meter (µSv/jam)	Volume	Keterangan
1	20-KT-028	3.200,000	-	100 L	Sudah dikemas/ siap kirim
2	20-KT-029	900,000	-	100 L	
3	20-KT-031	3.360,000	-	100 L	
4	20-BY-043	4,900	4,130	100 L	
5	20-BT-044	3,750	3,520	100 L	
6	20-BY-045	4,480	3,810	200 L	
7	20-BT-046	57,200	15,800	100 L	
8	20-BT-047	5,510	4,600	100 L	
9	20-KY-048	4,410	3,800	100 L	
10	20-KY-049	10,000	6,480	100 L	
11	20-BY-050	5,400	4,810	100 L	
12	20-KY-051	5,400	4,690	100 L	
13	20-BY-052	3,500	3,200	100 L	
14	20-KY-053	648,000	-	100 L	
15	20-KT-054	12,500	7,230	100 L	
16	20-KT-055	96,400	33,000	100 L	

17	20-KT-056	421.000	420.000	100 L	In process
18	20-KT-057	36.500	36.000	100 L	In process

Kegiatan pengelolaan limbah radioaktif padat (Tabel 1.) diketahui paparan terkecil pada Drum 5 dengan nomor drum 20-BT-044, paparan permukaan sebesar 3,750 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ dan paparan 1 meter adalah 3,750 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Limbah ini berasal dari ruangan kerja dan koridor, hasil dari kegiatan rutin/harian yang berupa kertas, plastik, botol bekas, kertas merang, kain majun, sarung tangan. Sedangkan paparan yang tertinggi adalah di nomor 3, dengan identitas 20-BT-031 dan paparan permukaan sebesar 3.360,000 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Paparan 1 meter untuk limbah radiasi ini tidak dilakukan, karena dianggap sudah tidak aman berdiri pada 1 meter (tidak mempengaruhi tingkat keselamatan). Limbah dengan paparan tertinggi ini berasal dari kegiatan dekontaminasi *hotcell* 102 dan 103 di IRM. Limbah tersebut berupa peralatan dan bahan yang digunakan untuk dekontaminasi dan peralatan atau bahan dari dalam *hotcell* dan tidak dipakai lagi. Limbah berupa logam, serpihan logam, kawat, kain majun, plastik, tisu dan paralon. Besaran paparan pada permukaan drum adalah hasil akhir setelah dilakukan pengemasan menggunakan lembaran Pb sebelum limbah dimasukkan ke dalam drum, terlebih dahulu dilapisi lembaran Pb untuk mengurangi laju paparan radiasi.

Selama melakukan pengelolaan limbah radiasi padat, terutama pada pengemasan limbah padat radiasi tinggi pada drum dengan label 20-KT-028 dan 20-KT-031 pekerja selalu memperhatikan keselamatan dirinya dari bahaya paparan radioaktif. Sesuai Perka BAPETEN No. 03/Ka-BAPETEN/V-99, Tentang Ketentuan Keselamatan untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif, bahwa batas maksimum paparan yang diizinkan adalah 25 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Akan tetapi untuk menangani kegiatan tersebut kegiatan harus dilakukan dengan jarak yang dekat, oleh karena itu pekerja selalu didampingi oleh Petugas Proteksi Radiasi, menggunakan perlengkapan Alat Pelindung Diri, menjaga waktu sesingkat mungkin dan berkoordinasi dengan semua pekerja di lapangan, sehingga drum tersebut dapat dikemas dan siap dikirim ke PTLR (Gambar 5).

Pada pengangkutan limbah padat, PTLR memberi ketentuan besaran angka paparan maksimum yang diizinkan adalah 2000 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Oleh karena itu perlu dilakukan pengemasan yang memadai agar memenuhi standar pengiriman PTLR. Untuk limbah dengan paparan dibawah atau sama dengan 2000 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$, bisa dikirim langsung menggunakan transportasi limbah dari PTLR. Dari tabel 1 ditunjukkan bahwa nomor 3, 5, 16 dan 17 belum dapat dapat diangkut ke PTLR, karena belum memenuhi syarat pengiriman, paparan permukaan melebihi batas maksimum yang diijinkan. Tindakan terhadap keempat drum tersebut dilakukan pelapisan dengan lembaran Pb untuk menurunkan laju paparan permukaan, namun setelah diukur laju paparan masih tetap

melebihi batas yang diijinkan. Setelah dilakukan kajian lebih diketahui bahwa keempat drum tersebut berisi limbah dari *hotcell* berupa serbuk atau serpihan bekas potongan kemasan elemen bakar yang bersentuhan langsung dengan plat elemen bakar. Serbuk tersebut menyebar setelah digabung dengan limbah lain didalam drum limbah, sehingga membuat laju paparan menjadi tinggi. Agar keempat drum limbah dapat dikirimkan, pengangkutan drum limbah nomor 3 dan 5 tersebut diperlukan *celldrum* yang dipinjamkan dari PTLR agar aman selama pengangkutan. Sedangkan pengangkutan drum nomor 16 dan 17 menunggu proses pengemasan lanjutan. Pengemasan lanjutan tersebut berupa penambahan lapisan drum yang sudah ada dengan memperhatikan berat total setelah dilapisi lembaran Pb. Hal tersebut dilakukan agar laju paparan dapat dibatasi dan berat drum dapat diminimalkan. Status Terakhir Limbah Radioaktif Padat yang belum dikirim ke IPLR PTBBN pada Tahun 2017 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Status Terakhir Limbah Radioaktif Padat IRM Pada Tahun 2017^[6]

Instalasi	No. Drum	Paparan Permukaan ($\mu\text{Sv}/\text{jam}$)	Volume	Keterangan
Gedung 20 IRM	20-KT-028	3200.000	100 L	Tidak Dapat Bakar
	20-KT-029	900.000	100 L	Tidak Dapat Bakar
	20-KT-031	3365.000	100 L	Tidak Dapat Bakar
	20-KY-056	421.000	100 L	Dapat Bakar
	20-KY-057	36.500	100 L	Dapat Bakar



Gambar 1. Pengiriman limbah radioaktif padat dari IRM



Gambar 2. Pengiriman limbah radioaktif cair dari IRM

Pengelolaan Limbah Cair

Selama limbah cair berada dalam tangki-tangki limbah, tidak dilakukan proses apapun kecuali untuk pencuplikan. Proses pengelolaan limbah cair di IRM telah dilakukan dengan aman, limbah cair dapat melewati pipa saluran tanpa mengalami kebocoran yang

berarti. Sarana pendukung pengiriman dan sirkulasi limbah dapat berfungsi dengan baik, meliputi : katub buka tutup, pompa sirkulas, tangki penampungan. Untuk meyakinkan jalur pengiriman limbah cair aman, telah dilakukan pemantauan pipa/saluran pengiriman dari Gedung 20 IRM ke tangki penampung PPIKSN yang berada di dalam pagar kuning. Data pengelolaan limbah cair tangki limbah aktivitas rendah LAW (*Low Activity Waste*) di R 014 dan aktivitas sedang MAW (*Medium Activity Waste*) yang ada di R 027 secara rutin telah dicatat. Pada Desember 2017 volume tangki Limbah LAW telah mencapai 80%. Dari serangkaian kegiatan tersebut, limbah cair LAW (aktivitas rendah) sebanyak 24 m³ dari Gedung 20 telah dikirim melalui PBT. Kegiatan pengiriman limbah radioaktif cair LAW dapat dilihat pada Gambar 2.

Pelaksanaan Pengelolaan Limbah B3 di IRM

Pengelolaan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang ada di IRM pada tahun 2017 meliputi pemantauan dan pengumpulan limbah B3 yang ada di IRM. Limbah B3 yang berada di Gedung 20 masih disimpan di lokasi pekerja instalasi, sehingga perlu dilakukan pengumpulan dan pendataan limbah tersebut. Kegiatan yang menggunakan bahan bahan B3, adalah di R 135, R 136, R 134 dan R 220. Ruangan tersebut tidak ada tempat menyimpan limbah B3, sehingga sering dilakukan pemonitoran bersama, sehingga kondisi limbah B3 dapat dikontrol dengan baik. Dengan adanya ruangan yang bebas dari limbah B3, diharapkan kegiatan litbang bahan bakar nuklir dapat berjalan dengan lancar.

Limbah B3 di Gedung 20 IRM telah dikemas dalam 3 buah drum HDPE ukuran 150 liter. Pengiriman limbah B3 untuk tahun 2017 dari PTBBN ke IPLR telah dilakukan satu kali dan dilengkapi dengan Berita Acara serah terima Limbah B3 Nomor 918/TLR.3/KN 05 01/04/2017. Kegiatan pengelolaan limbah B3 dilakukan bersama dan berkoordinasi dengan staf PTLR (lihat Gambar 3). Daftar limbah B3 di Gedung 20 yang telah dikirim ke PTLR secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.

Lampiran 1. Daftar Limbah B3 IRM PTBBN Tahun 2017^[6].

DRUM HDPE 1			
NO	NAMA BARANG	KUANTITAS	JUMLAH
1	CELITE FLUKA	500 Gram	30

Lampiran 2. Daftar Limbah B3 IRM PTBBN Tahun 2017^[6].

DRUM HDPE 2			
NO	NAMA BARANG	KUANTITAS	JUMLAH
1	Aluminium Chloride	1,60 Kgram	9 botol
5	Calcium Chloride	500 Gram	5 botol

6	Celite Fluka	500 Gram	6 botol
7	Dimethylglyoxine	250 Gram	3 botol
8	Iron	350 Gram	2 botol
10	Kodak (Curcumin)	300 Gram	8 botol
13	Magnesium Chloride	500 Gram	5 botol
14	Potassium	2,50 Kgram	14 botol
21	Sodium	3,00 Kgram	22 botol
25	Urea p.a	1 Kg	1 botol
26	Zinc Chloride	500 Gram	2 botol
27	C6H3 N2O7	500 Gram	1 botol
28	L. Accorbic Acid	25 Gram	1 botol
29	Sodium Hidroksid Pellet	25 Gram	1 botol
30	Pikrinsaure Kristal	500 Gram	1 botol

Lampiran 3. Daftar Limbah B3 IRM PTBBN Tahun 2017^[6].

DRUM HDPE 3			
NO	NAMA BARANG	KUANTITAS	JUMLAH
1	Additive for Cooling Fluid	1 L	4 botol
2	Botol Kosong Aceton	-	1 botol
3	Botol Kosong Citofix/Durofix	-	1 botol
4	Botol Kosong Hydrogen Chloride	-	1 botol
5	Botol Kosong Nitric Acid	-	2 botol
6	Botol Kosong Natrium Hidroksida	-	1 botol
7	Botol Kosong Methyl Cydohexan	-	11 botol
8	Instrument Cleaner	5 Liters	3 jerigen
9	Gliserin 1 bH	200 ml	1 botol

KESIMPULAN

Selama tahun 2017 di IRM telah dilakukan pengemasan limbah radioaktif padat sebanyak 18 drum ukuran 100 liter, dengan paparan permukaan tertinggi 3.360,000 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ dan terendah 3,750 $\mu\text{Sv}/\text{jam}$. Dari 18 drum limbah, sebanyak 13 drum telah dikirim ke PTLR dan 5 drum belum dikirimkan ke PTLR karena belum memenuhi persyaratan. Untuk pengelolaan limbah radioaktif cair aktivitas rendah (*Low Activity Waste* - LAW), telah dilakukan pengiriman ke PPIKSN melalui PBT sebanyak 24 m³, sedangkan pengelolaan limbah B3 telah dilakukan pengiriman sebanyak 3 buah drum HDPE ukuran 150 liter.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM, Keputusan Kepala BATAN No.14 Tahun 2013 Tentang “, Rincian Tugas Unit Kerja di Lingkungan BATAN”, Jakarta, 2013.
2. ANONIM, PP No. 61 tentang, “Pengelolaan Limbah Radioaktif”, Jakarta, 2013.
3. ANONIM, “Ketentuan Keselamatan untuk Pengelolaan Limbah Radioaktif”, Keputusan Kepala BAPETEN Nomor: 03/ka-bapeten/v-99, Jakarta, 1999.
4. ANONIM, PP Nomor 101, “Prosedur Pengelolaan Limbah Radioaktif dan B3”,PTBBN, Jakarta, 2014.
5. ANONIM,”Laporan Analisis Keselamatan IRM (LAK)”, Jakarta, 2012.
6. ANONIM, “Laporan Triwulan Bidang Keselamatan Kerja dan Akuntansi Bahan Nuklir”, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, Jakarta, 2017.