

PENGLOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT PAPARAN TINGGI TIDAK DAPAT BAKAR DI INSTALASI RADIOMETALURGI (IRM)

Susanto, Pertiwi Diah Winastri, Hendro wahyono

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir
Badan Tenaga Nuklir Nasional, Serpong, Banten 15314
e-mail: kangsusant@yahoo.com

ABSTRAK—Pengelolaan limbah radioaktif padat radiasi tinggi katagori tidak dapat bakar di Instalasi Radiometalurgi (IRM) telah dilakukan. Lira radiasi tinggi merupakan limbah yang memiliki tingkat aktivitas diatas sedang, sehingga memerlukan penanganan yang tepat dari pemilahan hingga pengangkutannya. Lira padat radiasi tinggi di IRM dihasillkan dari kegiatan penelitian dan pengembangan bahan bakar nuklir di dalam *hotcell* 102 dan 103. Bentuk limbah berupa serbuk logam, kawat, potongan logam, kaleng dan peralatan di *hotcell* yang sudah tidak terpakai lagi. Metode pengelolaan dilakukan dengan cara: pemantauan, pengumpulan, pengemasan, pelabelan, penyimpanan dan pengiriman ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR). Tujuan dari pengelolaan adalah untuk meminimalisasi bahaya radiasi dan kontaminasi limbah radioaktif padat radiasi tinggi yang diterima oleh pekerja, daerah kerja dan lingkungan. Pengelolaan lira padat radiasi tinggi dari tahun 2013 hingga tahun 2016 sebesar 1.790 liter. Dari jumlah tersebut limbah yang telah dikirim ke PTLR sebesar 1.190 liter (66,480 %) yang dibungkus kedalam 13 kemasan dengan paparan tertinggi 4.600,000 $\mu\text{Sv/h}$, sementara yang belum dikirim sebesar 600 liter terbungkus ke dalam 6 kemasan dengan paparan permukaan tertinggi adalah 4,500 $\mu\text{Sv/h}$. Pada saat ini limbah tersebut masih disimpan di R 013 gudang limbah radioaktif padat di IRM.

Kata kunci : Limbah, pengelolaan, paparan tinggi

ABSTRAK—High-density radioactive waste management of non combustible categories in Radiometalurgi Installation (IRM) has been done. High radiation radioactive waste is a waste that has a level of activity above the medium, so it required proper handling for the sorting until transport. High density radioactive waste in IRM is derived from nuclear fuel research and development activities in *hotcell* 102 and 103. Ther form of waste are metal powders, wires, scrap metal, cans and equipment in *hotcell* which is no longer in use. Management methods are carried out by: monitoring, collecting, packaging, labeling, storing and shipping to the Center for Radioactive Waste Technology (PTLR). The purpose of management is to minimize radiation hazards and contamination of radioactive high-density waste received by workers, work areas and the environment. The management of high-density radiation of radioactive waste from 2013 to 2016 is 1,790 liters. The total waste that has been sent to the PTLR is 1,190 liters (66,480%) wrapped into 13 packs with the highest exposure of 4,600,000 $\mu\text{Sv} / \text{h}$, while unloaded 600 liters are encased in 6 packs with the highest surface exposure being 4,500 $\mu\text{Sv} / \text{h}$. At this time the waste is still stored in room 013 solid radioactive waste warehouse in IRM.

Keywords: Waste, management, high exposure

I. PENDAHULUAN

Hotcell adalah fasilitas Insatalasi Radiometalurgi (IRM) yang digunakan untuk pengungkung kegiatan uji pasca iradiasi dan tempat penyimpanan sementara bahan bakar bekas. Dalam melaksanakan kegiatan uji pasca iradiasi, *hotcell* 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].

Kegiatan uji pasca iradiasi di IRM banyak menggunakan sumber radioaktif untuk mendukung kegiatan penelitian dan pengembangan elemen bakar nuklir. Kegiatan tersebut dapat menimbulkan limbah yang mengandung zat radioaktif dalam bentuk padat maupun gas. Di IRM Pengelolaan limbah radioaktif (lira) padat dibagi menjadi 2 (dua) yaitu lira padat dapat bakar dan lira padat tidak dapat bakar. Lira padat tersebut banyak mengandung sejumlah radionuklida yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia maupun lingkungan, sehingga harus dikelola dengan baik. Dalam makalah ini akan dibahas mengenai pengelolaan lira bentuk padat radiasi tinggi tidak dapat bakar di IRM. 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].

Limbah radioaktif adalah hasil sisa dari jenis bahan atau zat yang mengandung radioaktif atau benda yang sudah terpapar dari radiasi yang sangat berbahaya bagi manusia jika tidak dikelola dengan baik, biasanya limbah radioaktif tersebut dihasilkan dari instalasi nuklir dan pengan yang tidak dapat digunakan lagi. Limbah radioaktif dibagi menjadi 3 jenis tingkatan yaitu: lira rendah, lira sedang dan lira tinggi ^[2]. Lira rendah adalah limbah dengan tingkat aktivitas diatas normal (*clearance level*) yang tidak memerlukan penahan radiasi selama penanganan keadaan normal maupun pengangkutan. Lira sedang adalah limbah dengan tingkat aktivitas diatas rendah dan dibawah tingkat aktivitas tinggi yang tidak memerlukan pendinginan namun memerlukan penahan radiasi selama penanganan keadaan normal maupun pengangkutan. Lira tinggi adalah limbah dengan tingkat aktivitas diatas sedang yang memerlukan pendinginan dan penanganan dalam keadaan normal maupun pengangkutan.

Limbah radioaktif bentuk padat radiasi tinggi tidak dapat bakar berasal dari kegiatan dekontaminasi di R-102 dan R-103 ruang hotcell gedung IRM. Kegiatan dekontaminasi dilakukan untuk menjaga agar kondisi ruangan Hotcell bersih dari limbah limbah peralatan atau kelengkapan yang sudah tidak dapat difungsikan. Di Ruang Hotcell khususnya di R-102 dan R-103 terdapat bahan dan peralatan ujjpasca iradiasi yang sudah tidak berfungsi yang meliputi kabel, plat logam, pipa besi, can/wadah, motor listrik, dan limbah lainnya (lihat Gambar 1) yang disebut dengan limbah radioaktif padat

tidak dapat bakar. Disamping limbah tersebut juga terdapat limbah radioaktif padat dapat bakar berupa kertas tisu, plastic, karet, kain majun, botol plastik dan lain lain. Limbah limbah tersebut berada dalam satu ruang dengan bahan bakar bekas dan bahan nuklir sehingga mengganggu kegiatan uji pasca iradiasi dan kegiatan litbang elemen bakar nuklir lainnya, untuk itu limbah limbah tersebut perlu dikeluarkan dan dilakukan dekontaminasi. Akibat dari kegiatan ini, telah dihasilkan limbah radioaktif padat radiasi tinggi dapat bakar dan tidak dapat bakar yang memerlukan penanganan dengan baik.

Tujuan dari pengelolaan lra bentuk padat radiasi tinggi tidak dapat bakar adalah untuk memudahkan pekerja dalam pengelolaan limbah radioaktif padat, sehingga pekerja laboratorium, daerah kerja dan lingkungan dapat terhindar dari paparan radiasi dan atau kontaminasi yang berlebihan^[2]. Diharapkan pula setelah dilakukan pengeluaran dan pengelolaan lra padat radiasi tinggi, kegiatan litbang pengembangan teknik uji radiometalurgi elemen bakar nuklir di IRM, terurama yang menggunakan fasilitas hotcell dapat berjalan dengan baik.

II. METODOLOGI

Bahan dan Peralatan :

Bahan dan peralatan yang diperlukan dalam melakukan pengelolaan lra padat radiasi tinggi adalah : Lembaran Pb, drum limbah ukuran 100 liter, kantong plastik, *greenhause*, label identitas, *crane*, pemotong logam, lembar data pemantauan, surveimeter, Alat Pelindung Diri (APD), forklift manual, forklit elektrik, alat transportasi ke PTLR.

Cara Kerja ^[4] :

Kegiatan pengelolaan lra padat radiasi tinggi tidak dapat bakar yang berada di IRM secara garis besar meliputi : pemantauan, pengumpulan, pemotongan, pengemasan, pelabelan, penyimpanan dan pengiriman ke Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR). Secara umum langkah pengelolaan lra padat tidak dapat bakar adalah sebagai berikut:

1. Lira padat radiasi tinggi dipantau Petugas Proteksi Radiasi (PPR) dibantu oleh pekerja radiasi dan staf keselamatan kerja. Alat yang dipakai adalah surveymeter dengan menggunakan tongkat panjang, agar personel dapat melakukan pengukuran dari jarak yang aman (lihat Gambar 2).
2. Lira yang sudah diukur kemudian dikumpulkan dan dibagi menjadi 2 bagian yaitu lra padat dapat bakar dan lra padat tidak dapat bakar. Masing masing

lira dimasukkan dalam drum ukuran 100 liter yang berbeda dan diberi tanda/tulisan (lihat Gambar 3).

3. Drum berisi lira tersebut diukur dengan surveymeter, apabila paparan melebihi 2000 $\mu\text{Sv/h}$ dengan memasukkannya kedalam drum 100 liter yang sudah dilapisi lembaran Pb. Jumlah lapisan lembaran Pb tersebut ditentukan berdasarkan besaran paparan lira padat tidak dapat bakar (lihat Gambar 5).
4. Setelah besaran paparan permukaan kemasan lira padat tidak dapat bakar dinyatakan aman, kemudian permukaan kemasan diberi label yang berisi: Petugas PPR, besaran paparan permukaan, tanggal pengukuran dan jenis limbahnya.
5. Kemasan lira padat tidak dapat bakar disimpan di dalam Ruang 013 Gudang Limbah Radioaktif Padat. Di ruangan tersebut tersedia shell beton dan kotak beton yang digunakan untuk menyimpan menahan paparan radiasi.
6. Selanjutnya kemasan lira padat tidak dapat bakar yang sudah aman segera dikirimkan ke PTLR. Selama menunggu pengiriman, lira padat tersebut secara periodik dilakukan pemeriksaan baik secara visual maupun dengan menggunakan alat monitor radiasi secara rutin minimal setiap 2 Minggu satu kali. Jika dianggap sudah cukup banyak (biasanya ± 10 drum atau 1000 liter), limbah tersebut dikirim ke PTLR setelah dinyatakan aman dan diklarifikasi oleh staf PTLR.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengelolaan lira padat radiasi tinggi diawali dengan pemantauan posisi limbah dan pengukuran besaran paparan limbah. Limbah tersebut berada di beberapa titik kumpul, berada dalam satu ruangan dengan elemen bakar bekas dan bahan nuklir didalam hotcell. Pada kegiatan pengukuran terdapat kendala yang dialami yaitu berupa paparan selongsong elemen bakar bekas yang berada pada jarak dekat. Elemen bakar tersebut mempunyai paparan yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan limbah padat lainnya, sehingga hasil pengukuran kurang tepat. Untuk mendapatkan hasil yang tepat, limbah dikeluarkan dari dalam hotcell dan dimasukkan kedalam drum limbah kemudian dilakukan pengukuran pada posisi permukaan drum limbah. Lira padat radiasi tinggi tidak dapat bakar di Gedung IRM yang dihasilkan dari tahun 2013 hingga tahun 2016 diperlihatkan pada Tabel 1. sebagai berikut :

Tabel 1. Data limbah radioaktif padat tidak dapat bakar di IRM tahun 2013 hingga 2016^[5]

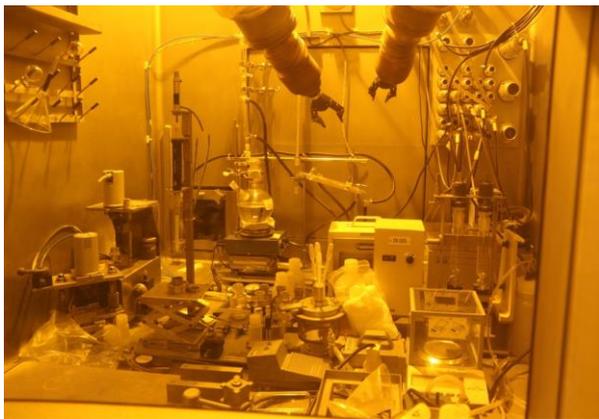
No.	Kode Kemasan	Volume (liter)	Paparan permukaan ($\mu\text{Sv/h}$)	Isi/Jenis	Keterangan
Limbah belum terkirim :					
1	20-KT-028	100	4.200,000	Longsongan logam, kawat	Disimpan di R.013
2	20-KT-029	100	2.000,000	Potongan logam, kabel logam	Disimpan di R.013
3	20-KT-031	100	4.500,000	Potongan selongsong logam	Disimpan di R.013
4	20-BT-044	100	0,070	Kawat logam, lempeng logam	Disimpan di R.013
5	20-KT-054	100	64,000	Serbuk besi, kawat kabel	Disimpan di R.143
6	20-KT-055	100	159,000	Serbuk logam, kaleng	Disimpan di R.143
Jumlah		600			
Limbah terkirim :					
7	20-KT-023	100	52,000	Paku, logam <i>Hotcells</i>	Dikirim ke PTLR th. 2015
8	20-KT-024	100	0,318	Logam kawat, can	Dikirim ke PTLR th. 2015
9	KKT001	30	4,000	Kaleng, kabel <i>Hotcells</i>	Dikirim ke PTLR th. 2015
10	KKT002	30	0,370	Kaleng, potongan logam	Dikirim ke PTLR th. 2015
11	KKT003	30	0,270	Kabel, kawat logam	Dikirim ke PTLR th. 2015
12	CELL	100	0,600	Peralatan deko <i>Hotcells</i>	Dikirim ke PTLR th. 2015
13	Kemasan A	100	2.030,000	Peralatan deko <i>Hotcells</i>	Dikirim ke PTLR th. 2015
14	Kemasan B	100	2.400,000	Peralatan deko <i>Hotcells</i>	Dikirim ke PTLR th. 2015
15	Kemasan C	100	1.700,000	Peralatan deko <i>Hotcells</i>	Dikirim ke PTLR th. 2015
16	Kemasan I	100	2.700,000	Rel korden & <i>cleaner</i> <i>Hotcells</i>	Dikirim ke PTLR th. 2015
17	Kemasan III	100	900,000	Mesin pompa & besi <i>Hotcells</i>	Dikirim ke PTLR th. 2015
18	20-KT-006	200	4.600,000	Kawat, paku, serbuk logam	Dikirim ke PTLR th. 2014
19	20	100	221,000	Kawat, potongan logam	Dikirim ke PTLR th. 2013
Jumlah		1.190			
Total		1.790			

Pada Tabel 1 ditunjukkan bahwa Kode kemasan 20-KT-028, 20-KT-031 dan 20-KT-006 memiliki paparan permukaan di atas 4.000 $\mu\text{Sv/h}$. Nilai paparan tersebut jauh melebihi batasan yang diijinkan dalam Perka Bapeten No 03/ka-bapeten/v-99 yaitu sebesar 2.500 $\mu\text{Sv/h}$. Untuk mereduksi paparan EB dilakukan pelapisan drum wadah limbah padat terhadap limbah dengan kode kemasan 20-KT-006 dengan menggunakan *shielding* berupa lembaran Pb. Lembaran Pb setebal 3 mm digunakan untuk melapisi

bagian luar drum wadah limbah berkapasitas 100 liter hingga 7 lapis. Sebagai upaya untuk keselamatan pekerja dan lingkungan dalam pengangkutan limbah radioaktif beraktivitas tinggi, dilakukan penempatan drum berisi limbah beraktivitas tinggi ke dalam *concrete cell*.

Kegiatan pelapisan menggunakan Pb juga akan dilakukan terhadap limbah EB kode kemasan 20-KT-028 dan 20-KT-031 dengan menunggu kesiapan dari Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBBN). Pada saat ini kedua limbah tersebut telah tersimpan di dalam *concrete cell* berbentuk silinder yang terbuat dari beton di gudang penyimpanan limbah radioaktif padat di IRM yang berada di *Basement* Ruang 013.

Seluruh kegiatan pengukuran terhadap paparan elemen bakar senantiasa dipantau oleh petugas proteksi radiasi (PPR) termasuk waktu yang dibutuhkan pekerja dalam melakukan pengukuran. Kegiatan pengelolaan limbah padat tak dapat bakar yang memiliki paparan tinggi ditunjukkan pada Gambar 1 hingga Gambar 4 sebagai berikut :



Gbr 1. Limbah padat radiasi tinggi tidak dapat bakar di hotcell



Gbr 2. Pengukuran Radioaktif menggunakan survey meter tongkat panjang



Gbr 3. Pemisahan lira dapat bakar dan tidak dapat bakar.



Gbr 4. Kelengkapan APD pengelolaan limbah radioaktif tinggi dari hotcell

Pada Gambar 1 hingga Gambar 4 ditunjukkan seluruh kegiatan pengelolaan limbah padat paparan tinggi dilakukan dengan menggunakan alat perisai diri (APD) sebagai salah satu persyaratan utama. Pada Tabel 1 diperlihatkan bahwa masih terdapat 6 kemasan lira padat tidak dapat bakar yang belum dikirim dengan volume sekitar 600 liter. Hal ini dikarenakan limbah tersebut masih belum sesuai dengan dokumen *Waste Acceptation Criteria* (WAC) yang diberlakukan oleh PTLR. Dari 6 kemasan yang belum dikirim, 2 kemasan diantaranya karena masih memiliki paparan diatas yang diijinkan sedangkan 4 kemasan lainnya masih menunggu pengajuan.

Selama 4 tahun (tahun 2013 hingga tahun 2016) gedung IRM telah mengirimkan lira padat tidak dapat bakar sebanyak 13 kemasan dengan jumlah volume sekitar 1.190 liter ke PTLR. Dari jumlah tersebut kemasan dengan paparan radiasi permukaan tertinggi sebesar 4.600 mSv/h, sementara limbah terberat dari kemasan adalah 700 kg. Mengingat jumlah yang cukup besar maka limbah harus diangkat dengan menggunakan crane, sementara dalam pengangkutannya digunakan forklift. Berat kemasan limbah radioaktif padat didalam drum ukuran 100 liter selama ini antara 12 hingga 15 kg.

Proses pengiriman lira tinggi dibarengkan dengan lira sedang dan rendah, yaitu diawali dengan mengirimkan data lira yang mau dikirim ke PTLR. Selanjutnya staf pTLR akan melakukan klarifikasi data antara yang dikirimkan dengan data di lokasi limbah di PTBBN (lihat Gbr. 8 s/d Gbr. 11). Apabila terjadi perbedaan atau kondisi limbah tidak aman, maka PTLR melakukan rekomendasi tentang tindakan yang harus dilakukan oleh PTBBN demi keamanan dan keselamatan pengangkutan limbah. Setelah data yang dilaporkan dipastikan sama dengan kondisi dilapangan dan dipastikan aman dalam pengangkutan, maka segera dilakukan penjadwalan pengangkutan lira tersebut ke PTLR. Kegiatan pelapisan limbah dengan menggunakan Pb hingga pengangkutan ke PTLR ditunjukkan pada Gambar 5 hingga Gambar 11 sebagai berikut :



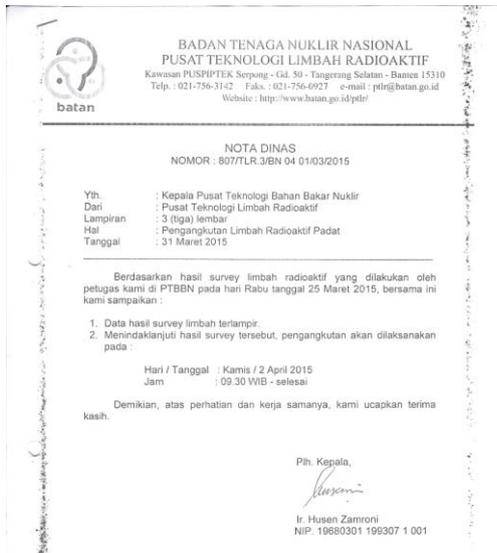
Gbr. 5. Kemasan dengan lembaran Pb



Gbr 6. Pengiriman limbah radiasi tinggi



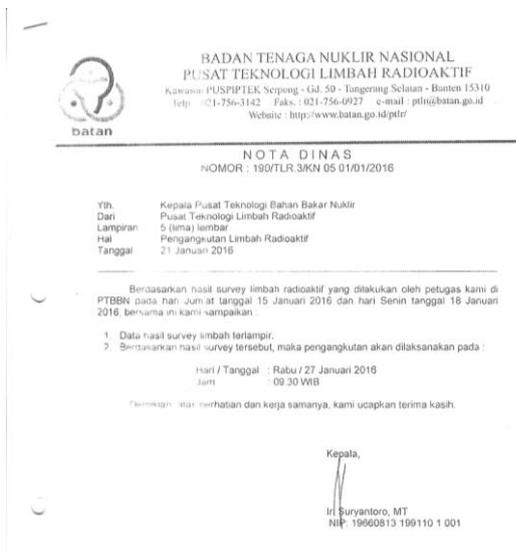
Gbr 7. Shielding limbah terbuat dari beton di R 013 IRM



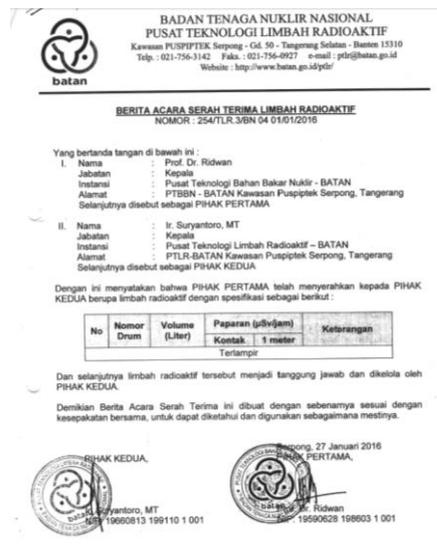
Gbr. 8 Hasil Survey dan Pengangkutan Limbah Radioaktif tahun 2015



Gbr. 9 Berita Acara Serah Terima Limbah Radioaktif tahun 2015



Gbr. 10 Hasil survey dan Pengangkutan Limbah Radioaktif tahun 2016



Gbr. 11 Berita Acara Serah Terima Limbah Radioaktif tahun 2016

IV. KESIMPULAN

Dari Tahun 2013 sampai dengan Tahun 2016 telah dilakukan pengelolaan limbah padat paparan tinggi tidak dapat bakar di Instalasi Radiometalurgi sebesar 1.790 liter yang dibungkus kedalam 19 kemasan. Hingga akhir tahun 2016 telah dilakukan pengiriman limbah padat ke PTLR sebanyak 1.190 liter (66,480 %) yang dibungkus ke

dalam 13 kemasan dengan paparan tertinggi 4.600,000 $\mu\text{Sv/h}$. Sementara limbah yang belum dikirim sebanyak 600 liter yang dibungkus kedalam 6 kemasan dengan paparan permukaan tertinggi adalah 4,500 $\mu\text{Sv/h}$. Kegiatan pengelolaan limbah radioaktif padat radiasi tinggi tidak dapat bakar tersebut telah mengurangi resiko besaran paparan radiasi dan kontaminasi yang diterima oleh pekerja, daerah kerja dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

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