

# PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT SECARA KOMPAKSI DAN IMMOBILISASI

**Ayi Muziyawati, M. Nurhasim**

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif – BATAN  
m\_hasyim71@batan.go.id

## ABSTRAK

**PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF PADAT SECARA KOMPAKSI DAN IMMOBILISASI.** Pusat Teknologi Limbah Radioaktif – Badan Tenaga Nuklir Nasional memiliki tugas pokok mengelola limbah radioaktif yang ditimbulkan dari kegiatan penelitian dan pengembangan serta penerapan teknologi nuklir di Indonesia. Untuk mendukung tercapainya program PTLR tahun 2017 telah dilakukan pengolahan limbah radioaktif padat secara kompaksi dan imobilisasi. Jenis limbah radioaktif yang diolah adalah limbah radioaktif padat yang berasal dari Satuan Kerja di lingkungan Batan. Limbah dipreparasi kemudian dikemas dalam drum 100 liter, selanjutnya di *press* menggunakan kompaktor dengan gaya tekan 600 kN untuk reduksi volume dan kemudian diimobilisasi dengan matriks semen. Limbah yang dikompaksi sejumlah 233 drum 100 liter dan setelah diolah menjadi 64 drum 200 liter dengan nomor pengolahan. Volume limbah terkompaksi menjadi lebih kecil dengan faktor reduksi volume 54,94 %. Setelah diolah, radionuklidanya terkungkung, dan tertahan dalam *matriks* semen.

Kata Kunci : Limbah radioaktif, kompaksi, imobilisasi .

## ABSTRACT

**SOLID RADIOACTIVE WASTE TREATMENT BY COMPACTION AND IMMOBILIZATION.** Centre for Radioactive Waste Technology (CRWT) – National Nuclear Energy Agency (NNEA) has main task to manage radioactive waste which is generated from research, development, and nuclear technology application in Indonesia. To support the achievement of CRWT programs 2017 have made solid radioactive waste treatment with the process of compaction and cementation. Types of radioactive waste are processed are derived from many facility in Batan. The waste was prepared and then packed in 100 liters drum, and then it was pressed using compactor with compressive force of 600 kN for volume reduction and then it was immobilized with cement matrix. The total number of compacted waste are 233 drums of 100 liters and after it was treated into 64 drums 200 liters. The volume of waste decreases, the volume reduction factor of 54,94%.. The radionuclides confined, and restrained in the cement matrix.

Keywords : Radioactive waste, compaction, immobilization.

## PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) adalah instansi yang melakukan pengelolaan limbah radioaktif dari seluruh Indonesia. Pengelolaan limbah radioaktif di PTLR merupakan tugas dari Bidang Pengelolaan Limbah (BPL) sesuai dengan Peraturan Kepala BATAN No. 14 Tahun 2013 tentang Organisasi dan Tata Kerja BATAN. Pengelolaan limbah radioaktif di BPL meliputi pengangkutan, pengolahan, dan penyimpanan limbah radioaktif. Pengelolaan limbah radioaktif di PTLR juga diatur oleh Peraturan Pemerintah No. 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif. Limbah radioaktif padat berupa material terkontaminasi dikelompokkan menjadi limbah radioaktif padat terbakar, limbah radioaktif padat terkompaksi, dan limbah radioaktif tak terbakar tak terkompaksi. Limbah radioaktif padat berupa material terkontaminasi yang ditimbulkan dari kegiatan pemanfaatan teknologi nuklir sangat beragam jenis dan laju paparan radiasinya. Kegiatan preparasi limbah radioaktif padat ini semestinya sudah dimulai dari instansi penimbul limbah dengan pemisahan limbah tersebut berdasarkan sifat-sifat fisiknya seperti terbakar,

terkompaksi, tak terbakar dan tak terkompaksi. Sebelum dilakukan proses pengolahan di PTLR, limbah ini disimpan terlebih dahulu di gudang limbah untuk menurunkan aktivitas radionuklida yang memiliki waktu paro ( $t/2$ ) pendek. Limbah yang telah meluruh aktivitasnya dipisahkan berdasarkan sifat fisiknya, kemudian ditempatkan dalam wadah yang sesuai dengan proses pengolahan, diukur laju paparan radiasi terkini, diberi penomoran (identifikasi) dan akhirnya dilakukan pengolahan sesuai dengan sifat fisik limbah tersebut

Undang – undang No. 10 tahun 1997 tentang ketenaganukliran, mendefinisikan limbah radioaktif sebagai zat radioaktif dan bahan serta peralatan yang terkena zat radioaktif atau menjadi radioaktif karena pengoperasian instalasi nuklir yang tidak dapat dipergunakan lagi[1]. Dengan demikian, segala bahan radioaktif yang telah dipakai dalam pemanfaatan tenaga nuklir termasuk bahan bakar nuklir bekas yang keluar dari reaktor adalah limbah radioaktif. Zat radioaktif adalah setiap zat yang memancarkan radiasi pengion dengan aktivitas jenis lebih besar dari pada 70 kBq/kg (2 nCi/g) (kBq = kilo Becquerel, nCi = nano Curie, 1 Ci =  $3,7 \times 10^{10}$  Bq).

Kita semua menyadari bahwa peran pendukung lingkungan terhadap kehidupan manusia atau sistem ekonomi harus dipertahankan sesuai dengan UU No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan lingkungan Hidup. Lingkungan mempunyai fungsi daya dukung terhadap kehidupan manusia yaitu sebagai pemasok bahan baku sistem ekonomi, wadah limbah yang ditimbulkan dari sistem ekonomi dan penyedia fasilitas kehidupan manusia[2]. Bahan sisa proses industri yang dibuang ke lingkungan sampai batas tertentu yang diizinkan (baku mutu tingkat radioaktivitas di lingkungan), lingkungan mampu mengasimilasikan buangan tersebut dan dapat mempertahankan mutu lingkungan. Namun bila pembuangan terus menerus dan intensif melebihi batas yang diizinkan maka lingkungan kehilangan kemampuan asimilasinya dan akan timbul sejumlah polutan di lingkungan, terjadilah pencemaran lingkungan. Dibutuhkan waktu lama untuk memulihkan kemampuan asimilasi lingkungan akibat pencemaran tersebut. Akibat pencemaran lingkungan dapat menyebabkan daya dukung lingkungan terhadap kehidupan manusia hilang sehingga mengganggu program pembangunan berkelanjutan.

Limbah radioaktif yang timbul dari kegiatan pemanfaatan teknologi nuklir harus diupayakan sekecil mungkin dalam batas kelayakan teknologi dan ekonomi. Pengelolaan limbah adalah bagian yang tak terpisahkan dari upaya keselamatan pemanfaatan teknologi nuklir yang diimplementasikan pada tahap perencanaan, pembangunan dan pengoperasian fasilitas nuklir. Tujuan akhir dari pengelolaan limbah radioaktif adalah melindungi lingkungan dan masyarakat dari potensi dampak radiologi limbah radioaktif. Perlindungan keselamatan tersebut tidak saja bagi generasi saat ini yang memperoleh keuntungan pemanfaatan teknologi nuklir, tetapi juga bagi lingkungan dan generasi yang akan datang yang mungkin tidak memperoleh keuntungan. Pengelolaan limbah radioaktif ialah penanganan, penampungan dan pengolahan limbah radioaktif termasuk pengungkungan unsur radioaktif dalam limbah dengan bahan matriks (pemadatan) dan penyimpanan blok hasil pengungkungan sehingga limbah radioaktif tidak membahayakan manusia dan lingkungan

Peraturan Pemerintah No. 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif, mendefinisikan bahwa pengelolaan limbah radioaktif adalah merupakan

rangkaian kegiatan yang meliputi pengumpulan, pengelompokan, pengolahan, pengangkutan, penyimpanan, dan atau pembuangan limbah radioaktif[3]. PTLR – BATAN bertugas untuk mengelola limbah radioaktif yang berasal dari instansi dan industri pengguna zat radioaktif di Indonesia. Limbah radioaktif padat berupa material terkontaminasi dikelompokkan menjadi limbah radioaktif padat terbakar, limbah radioaktif padat tak terbakar terkompaksi, dan limbah radioaktif tak terbakar tak terkompaksi. Limbah yang diolah adalah jenis material padatan yang terkontaminasi radionuklida seperti  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{134}\text{Ce}$  dan  $^{131}\text{I}$  yang mempunyai waktu paro berbeda – beda.

Pengolahan limbah radioaktif padat terkompaksi dilakukan dengan cara kompaksi dengan gaya tekan 600 kN. Berdasarkan Sistem *Note* Kompaksi dan WAC Limbah Radioaktif Padat Material Terkontaminasi (LRPMT), persyaratan limbah radioaktif padat yang diolah di Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif (IPLR) - PTLR antara lain limbah tidak mengandung pemancar alfa, dosis paparan pada permukaan drum 100 l tidak melebihi 250  $\mu\text{Sv/jam}$ , tidak mengandung zat yang korosif dan tidak mengandung bahan yang mudah meledak. Proses pengolahan dilakukan dengan cara kompaksi, limbah dalam drum 100 liter dikompaksi dalam drum 200 liter. Satu drum 200 liter mampu menampung antara 3-6 buah drum 100 liter. Drum 200 liter yang telah berisi limbah kemudian pada sela – selanya diisi batu koral berdiameter 2,5 cm. Drum 200 liter digetar pada meja getar dan diimmobilisasi dengan adonan semen. Pada bagian atas drum 200 liter diberi pengunci agar limbah yang ada didalam drum tidak naik pada saat diisi dengan adonan semen. Setelah limbah disementasi akan terjadi pengurangan kuantitas radiasi pada saat radiasi menembus materi semen akibat interaksi antara radiasi dengan materi tersebut atau disebut dengan *atenuasi*. Koefisien *atenuasi* materi adalah fraksi berkas radiasi yang diserap pada saat radiasi menembus materi setebal x cm.

Pengolahan limbah radioaktif aktivitas rendah dengan cara reduksi volume dan sementasi dengan matriks semen adalah untuk mengungkung dan mengurangi dosis paparan radiasi limbah[4]. Limbah akan berkurang volumenya dan juga dosis paparannya, sehingga lebih aman dan selamat dalam penyimpanannya di *Interim Storage*. Pengolahan dengan cara ini prosesnya lebih sederhana dan lebih ekonomis walaupun kemampuan reduksi volume tidak begitu besar dibandingkan dengan proses insenerasi.

Makalah ini menyampaikan tentang kegiatan pengolahan limbah radioaktif padat pada tahun 2017. Sejumlah limbah radioaktif padat di gudang penyimpanan IS-1 siap diolah dengan menggunakan metode kompaksi dan immobilisasi pada tahun tersebut.

## TATA KERJA

### Bahan yang digunakan meliputi :

Semen *Portland* 4800 kg, drum 200 liter 64 buah, drum 100 liter berisi limbah 233 buah, ring fleksibel 64 buah, palang anti dispersal 64 buah, batu koral diameter 5 cm, batu koral diameter 2.5 cm, pasir, aditif *tricolal* dan air.

### **Alat yang digunakan meliputi :**

Unit kompaksi dengan gaya tekan 600 kN, *crane* kapasitas 2 ton, *hand lift* kapasitas 1 ton, unit meja getar, unit pembuatan semen *slurry*, *tool set*, sendok semen, kawat pengikat, tang, palu, linggis, sendok pasir.

### **Metode**

#### **Proses reduksi volume**

Proses pengolahan limbah radioaktif padat dilakukan dengan cara reduksi *volume* menggunakan kompaktor dengan gaya tekan 600 kN. Drum 200 liter disiapkan untuk wadah hasil kompaksi, drum 200 liter diidentifikasi dengan nomorurut pengolahan, pada dasar drum diletakkan *ring flexibel* dan batu berdiameter 5 cm. Drum 200 liter diletakkan pada lori kemudian dimasukkan ke alat kompaksi. Proses kompaksi diawali dengan menghidupkan unit hidraulik, *Jacket* diturunkan sampai pada dasar drum 200 liter, lampu indikator akan menyala jika posisi *jacket* sudah sampai pada dasar drum. Drum 100 liter berisi limbah dimasukkan ke dalam *jacket* kompaksi. Piston kompaksi dioperasikan untuk menekan drum 100 liter yang berisi limbah dengan kekuatan 600 kN. Piston bekerja menekan limbah sampai pada tekanan maksimum dan *switch* akan bekerja jika tekanan maksimum tercapai. Piston kompaksi dioperasikan untuk kompaksi limbah yang lain sampai drum 200 liter penuh. Banyaknya drum 100 liter yang dapat direduksi volumenya dalam drum 200 liter dapat dikontrol melalui mistar penunjukkan. Setelah drum 200 liter penuh kemudian dikeluarkan dari alat kompaksi. Setelah proses kompaksi kemudian dilakukan preparasi drum 200 liter yaitu dengan memberikan batu koral diameter 2,5 cm pada sela – sela drum. Palang antidispersal diatas drum hasil reduksi volume dan kemudian dipasang pengunci untuk menahan drum pada saat proses immobilisasi [5].

#### **Proses Sementasi**

Drum 200 liter yang sudah berisi limbah radioaktif padat hasil kompaksi, pada sela-sela antara drum 200 liter dan drum 100 liter diberi koral dengan diameter 2,5 cm. Palang anti dispersal dipasang pada drum 200 liter dan dikunci untuk menahan tekanan pada saat diimmobilisasi dengan *matriks* semen. Pembuatan semen *slurry* dilakukan dengan *mixer*, komposisi untuk satu liter semen *slurry* adalah 1,313 kg semen, 0,326 kg pasir, 0,437 liter air dan 0,029 *aditive* tricosal [6]. Tangki *mixer* dengan kapasitas 200 liter di isi air sebanyak 45 liter kemudian *mixer* dihidupkan. Campuran semen kering, pasir dan *aditive* dimasukkan kedalam tangki secara perlahan sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Adonan semen diaduk sampai kurang lebih 10 menit sehingga siap untuk dialirkan ke drum 200 liter yang akan diimmobilisasi melalui pompa peristaltik yang tersedia. Drum 200 liter yang telah berisi limbah, ditempatkan diatas meja getar, sungkup (*hood*) dipasang diatas untuk menghindari terbangnya debu radioaktif. Pipa untuk mengalirkan adonan semen diarahkan kesisi atas permukaan drum 200 liter yang sudah siap untuk diimmobilisasi. Meja getar dioperasikan, meja dan drum 200 liter akan bergetar, adonan semen melalui pompa peristaltik dengan debit 0,8 m<sup>3</sup>/jam. akan mengalir dan mengisi seluruh sela – sela drum dan dasar drum sehingga penuh. Pada saat volume adonan semen hampir penuh, kecepatan pompa dirubah menjadi 0,4 m<sup>3</sup>/jam agar aliran adonan semen dapat terkendali. Setelah penuh drum dipindahkan dan selanjutnya dilakukan operasi untuk drum yang lain [7].

### **Pengukuran paparan**

Limbah dalam drum 200 liter setelah disementasi didiamkan selama 16 jam, setelah itu pengunci drum dilepas dan dilakukan sementasi tahap akhir, yang berfungsi sebagai penutup pada permukaan drum 200 liter. Setelah kering drum 200 liter ditutup dan dikunci menggunakan pengunci yang telah disediakan. Paket limbah dalam drum 200 liter kemudian ditimbang dan diukur paparannya pada kontak serta jarak 1 meter. Pemasangan label ditulis data limbah pada sisi tengah untuk mempermudah pembacaan dan penulisan. Pelabelan meliputi tanggal pengolahan, asal limbah, paparan kontak dan paparan pada jarak 1 meter. Hasil pengukuran dicatat dalam *form* hasil pengolahan sebagai rekaman dan *logbook*.

### **Penyimpanan**

Limbah hasil olahan dalam drum 200 liter dikeluarkan satu persatu dari ruang proses kemudian ditempatkan di atas palet yang terbuat dari kayu menggunakan *crane*. Satu palet memuat 4 buah drum 200 liter hasil olah dengan berat total kira – kira mencapai 1650 kg. Palet diangkat menggunakan *forklift* dan dipindahkan dan disimpan di *interim storage* untuk menjaga keamanan dan keselamatan pekerja. Proses pemindahan ke tempat penyimpanan sementara didampingi oleh petugas proteksi radiasi. Penempatan di tempat penyimpanan sementara di atur dengan sedemikian rupa sehingga akan memudahkan dalam kontrol pasca pengolahan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Immobilisasi dengan matrik semen dilakukan di atas meja getar, adonan semen dibuat di ruang tersendiri sehingga ruangan lain akan terhindar dari polusi debu semen. Matrik semen dibuat dengan komposisi untuk satu liter semen *slurry* adalah 1,313 kg semen, 0,326 kg pasir, 0,437 liter air dan 0,029 *aditive* tricosal. Kebutuhan semen *slurry* pada tiap – tiap drum 200 liter antara 57 - 62 liter. Hal tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan adonan semen untuk tiap – tiap drum hampir sama karena volume bidang yang diisi masing - masing drum adalah hampir sama. Perbedaan jumlah adonan semen diperoleh jika butiran – butiran batu koral mempunyai ukuran yang berbeda. Semakin besar ukuran batu koral maka akan diperoleh rongga yang lebih besar sehingga akan dibutuhkan adonan semen semakin banyak. Untuk menjamin keselamatan dan kesehatan pekerja radiasi dalam melakukan kegiatan pengolahan limbah radioaktif selalu sesuai prosedur tetap. Proses kegiatan preparasi limbah padat ditunjukkan pada Gambar 1. Proses kegiatan kompaksi diperlihatkan pada Gambar 2. Seluruh data pengolahan dicatat pada formulir yang telah disediakan. Secara administrasi akan memperoleh data dan rekaman yang tertelusur, sehingga semua hasil pengolahan akan terekam dalam sebuah formulir rekaman yang akan mendukung kegiatan pengolahan dalam mencatat data kegiatan pengolahan. Dalam proses pengolahan jika terjadi ketidaksesuaian pada peralatan proses, peralatan pendukung dan peralatan penunjang akan segera dilaporkan sesuai dengan prosedur laporan ketidaksesuaian. Semua pihak terkait segera akan menindaklanjuti laporan ketidaksesuaian sehingga kegiatan proses pengolahan akan berlangsung dengan baik dan diperoleh hasil pengolahan yang sesuai dengan yang dipersyaratkan. Proses pengolahan limbah radioaktif yang berdasarkan prosedur akan menjamin keamanan dan keselamatan pekerja dan diperoleh data rekaman yang tertelusur untuk memudahkan dalam

mengadministrasikan semua kegiatan pengolahan. Tabel 1 menunjukkan data limbah radioaktif yang telah diolah pada tahun 2017.

Immobilisasi bertujuan agar radionuklida terkungkung dan tertahan dalam rongga diantara kristal matriks bahan pematat. Dengan demikian radionuklida tersebut tidak mudah lepas oleh rembesan air yang menembus ke dalam hasil solidifikasi dan radiasinya tertahan. Limbah radioaktif padat yang dapat dikompaksi dilakukan pengolahan dengan metode reduksi volume kemudian diimmobilisasi dengan matriks semen agar limbah dapat dikungkung dengan baik dalam penyimpanannya.

**Tabel 1.** Daftar Limbah Radioaktif Padat Hasil Pengolahan Tahun 2017

NO. URUT	NO. DRUM 200 L	TANGGAL PENGOLAHAN	PAPARAN ( $\mu\text{Sv}/\text{jam}$ )		NO. PREPARASI DRUM 100 L
			KONTAK	JARAK 1 M	
1.	1088	7-2-2017	0.32	0.3	2239, 2083, 2190
2.	1089	7-2-2017	0.35	0.23	2233, 2113, 2162
3.	1090	7-2-2017	0.2	0.16	2231, 1803, 2086
4.	1091	7-2-2017	8.55	0.8	2241, 2028, 1797
5.	1092	8-2-2017	1.14	0.36	2238, 2107, 2106
6.	1093	8-2-2017	0.3	0.25	2235, 2025, 2191
7.	1094	8-2-2017	0.64	0.43	2240, 2034, 2081
8.	1095	8-2-2017	19.4	2.63	2237, 2158, 2140
9.	1096	8-2-2017	2.45	0.57	2187, 2181, 2186
10.	1097	8-2-2017	0.23	0.16	2084, 2157, 2141, 2171
11.	1098	9-2-2017	1.54	0.64	2156, 2163, 2032
12.	1099	9-2-2017	0.64	0.33	2185, 2178, 2172, 2194
13.	1100	1-3-2017	2.09	0.68	2142, 2139, 2179
14.	1101	1-3-2017	0.18	0.15	2144, 2151, 2175, 2153
15.	1102	1-3-2017	0.35	0.27	2137, 2136, 2177
16.	1103	1-3-2017	1.83	0.64	2126, 2138, 2145, 2147
17.	1104	2-3-2017	7.14	3.97	2127, 2183, 2135, 2189
18.	1105	2-3-2017	0.22	0.17	2152, 2143, 2122, 2150
19.	1106	2-3-2017	2.44	0.64	2159, 2134, 2180
20.	1107	2-3-2017	0.21	0.18	2184, 2132, 2195, 2148, 2149
21.	1108	2-3-2017	0.48	0.29	2130, 2182, 2176, 2063
22.	1109	7-3-2017	0.85	0.35	2121, 2038, 2039
23.	1110	7-3-2017	0.31	0.25	2037, 2042, 2058, 2154
24.	1111	7-3-2017	0.17	0.15	2041, 2035
25.	1112	10-8-2017	0.76	0.48	2040, 2065, 2404, 2397, 2455
26.	1113	10-8-2017	2.47	0.79	2405, 2425, 2392, 2443
27.	1114	10-8-2017	2.55	0.37	2418, 2398, 2393
28.	1115	22-8-2017	1.48	0.82	2417, 2401, 2449, 2434

**Tabel 1.** Daftar Limbah Radioaktif Padat Hasil Pengolahan Tahun 2017(Lanjutan)

29.	1116	22-8-2017	0.76	0.41	2465, 2391, 2453, 2409
30.	1117	22-8-2017	3.08	0.73	2414, 2424, 2288, 2295
31.	1118	22-8-2017	0.4	0.29	2290, 2314, 2289, 2296
32.	1119	22-8-2017	0.31	0.23	2291, 2320, 2315, 2293
33.	1120	23-8-2017	3.08	0.69	2316, 2299, 2307, 2303
34.	1121	23-8-2017	23.8	3.3	2318, 2313, 2302, 2305, 2046
35.	1122	23-8-2017	0.26	0.24	2300, 2092, 2308
36.	1123	23-8-2017	0.7	0.57	2292, 2311, 2319, 2287
37.	1124	23-8-2017	8.13	0.98	2304, 2297, 2088
38.	1125	23-8-2017	3.26	2.4	2310, 2089, 2043, 2285
39.	1126	23-8-2017	1.21	0.25	2306, 2301, 2067, 2294
40.	1127	24-8-2017	0.58	0.51	2095, 2066, 2096, 2286
41.	1128	24-8-2017	0.68	0.59	2093, 2309, 2317, 2090
42.	1129	24-8-2017	0.46	0.4	2094, 2091, 2277, 2059, 2260
43.	1130	24-8-2017	0.62	0.21	2275, 2298, 2060, 2266
44.	1131	24-8-2017	0.42	0.16	2312, 2276, 2282
45.	1132	24-8-2017	0.49	0.2	2272, 2264, 2267, 2268
46.	1133	24-8-2017	0.46	0.16	2262, 2273, 2061, 2274
47.	1134	24-8-2017	0.25	0.16	2253, 2261, 2278, 2062
48.	1136	24-8-2017	4.46	0.63	2271, 2252, 2255, 2265
49.	1137	28-8-2017	3.22	2.7	2283, 2251, 2248, 2193
50.	1138	28-8-2017	0.98	0.86	2243, 2254, 2280, 2245
51.	1139	28-8-2017	9.67	7.6	2269, 2246, 2263, 2270, 2192
52.	1140	28-8-2017	4.74	3	2249, 2250, 2160
53.	1141	29-8-2017	0.32	0.3	2470, 2146, 1991
54.	1142	29-8-2017	0.61	0.2	2280, 2013, 2467, 2012
55.	1143	29-8-2017	0.27	0.16	2471, 1994, 1997, 1995, 1992
56.	1144	29-8-2017	0.53	0.45	2472, 2473
57.	1145	30-8-2017	0.23	0.2	2475, 2474, 2004
58.	1146	30-8-2017	0.19	0.16	2484, 2485, 2281
59.	1147	31-8-2017	0.61	0.2	2480, 2003, 2497, 2002
60.	1149	30-8-2017	0.26	0.16	2494, 1998, 2487
61.	1150	31-8-2017	0.25	0.16	2482, 2481, 2001
62.	1151	30-8-2017	0.32	0.16	2476, 2477, 1996
63.	1152	30-8-2017	0.32	0.29	2486, 1989, 2000, 2005
64.	1153	31-8-2017	0.18	0.16	2496, 2006, 2498, 1990

Dari Tabel 1 terlihat bahwa limbah yang dikompaksi sejumlah 233 drum 100 liter dan setelah diolah menjadi 64 drum 200 liter. Satu drum 200 liter mampu menampung 3 - 6 drum 100 liter limbah terkompaksi, tergantung pada kepadatan masing-masing paket limbah dalam drum 100 liter. Semakin padat limbah dalam drum 100 liter, maka jumlah limbah yang terkompaksi dalam drum 200 liter semakin sedikit. Dari hasil pengolahan sejumlah 64 drum 200 liter sudah aman untuk dilakukan penyimpanan di *Interim Storage*. Limbah radioaktif padat yang diterima oleh PTLR pada tahun 2017 sejumlah 91 drum 100 liter. Sedangkan limbah yang berhasil diolah pada tahun 2017 sejumlah 233 drum 100 liter. Dengan demikian, selama tahun 2017 jumlah limbah yang diolah lebih banyak dari yang diterima dengan selisih 142 drum 100 liter. Artinya, pada pengolahan limbah tahun 2017 berhasil mengurangi stok limbah belum diolah yang tersimpan di gudang penyimpanan. Diharapkan pada pengolahan limbah di tahun-tahun yang akan datang, jumlah limbah yang diolah juga lebih banyak dari yang diterima PTLR, sehingga jumlah limbah di gudang penyimpanan yang belum terolah semakin sedikit. Sampai saat ini jumlah limbah padat material terkontaminasi di gudang penyimpanan yang belum terolah sejumlah 558 drum 100 liter.

#### FOTO KEGIATAN



**Gambar 1.** Kegiatan Preparasi Limbah Padat



**Gambar 2.** Kegiatan Proses Kompaksi Limbah Padat



## KESIMPULAN

Pengolahan limbah radioaktif padat dilakukan dengan proses reduksi volume menggunakan kompaktor dengan gaya tekan 600 kN dan diimmobilisasi dengan matrik semen. Limbah yang dikompaksi sejumlah 233 drum 100 liter dan setelah diolah menjadi 64 drum 200 liter. Volume limbah terkompaksi menjadi lebih kecil dengan faktor reduksi volume 54,94 % Pada tahun 2017, limbah radioaktif padat yang diterima PTLR sejumlah 91 drum 100 liter, sedangkan yang berhasil diolah sejumlah 233 drum 100 liter sehingga mengurangi stok limbah radioaktif padat belum terolah pada tahun 2016.

Terima kasih kami ucapkan kepada Bapak Hendro, Bapak Purwantara, , Miswanto, M. Ramdan, dan Sugianto atas masukan, saran, dan diskusi dalam penyusunan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. *Undang- Undang No.10 Tahun 1997 Tentang Ketenaganukliran (1997).*
2. *Undang-Undang No. 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*
3. *Peraturan Pemerintah No.61 Tahun 2013 Tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif*
4. WASITO, "Pengolahan Limbah Radioaktif Padat" Diktat Diklat Pengelolaan Limbah Radioaktif PTPLR Tahun 1998
5. Anonim "Prosedur Tetap Unit Kompaksi, PLR/6/COM/II/001/06/2006"
6. Anonim "Petunjuk Pelaksanaan Pembuatan Luluhan Semen (cementslurry) PLR/6/COM/II/003/06/2006"
7. Anonim "Petunjuk Pelaksanaan Proses Immobilisasi PLR/6/COM/II/002/06/2006"