

## PENGENDALIAN LIMBAH RESIN DI REAKTOR SERBA GUNA GA. SIWABESSY

Subiharto, Unggul Hartoyo, Irwan

### ABSTRAK

**PENGENDALIAN LIMBAH RESIN DI REAKTOR SERBA GUNA GA. SIWABESSY (RSG-GAS).** Telah dilakukan Pengelolaan dan Pengendalian limbah resin di RSG-GAS, dengan tujuan untuk membatasi dosis radiasi yang diterima oleh para pekerja. Resin adalah suatu polimer hasil sintesa bahan organik yang mengandung gugus fungsional dan berfungsi sebagai penukar ion serta mengambil unsur pengotor yang ada di dalam air pendingin, sehingga air pendingin reaktor akan selalu terjaga kemurniannya. Resin yang telah jenuh tidak bisa digunakan lagi dan diperlakukan sebagai limbah. Limbah resin tersebut berasal dari sistem pemurnian air primer (KBE01), sistem pemurnian lapisan air hangat (KBE01) dan sistem pemurnian kolam penyimpanan bahan bakar bekas (FAK01). Limbah resin yang dihasilkan selama reaktor beroperasi selain mempunyai volume yang besar juga radioaktif. Pengelolaan limbah resin dilakukan dengan cara mengumpulkan kedalam sistem KBK01. Setelah paparan radiasinya diluruhkan selama 6 bulan, resin tersebut dimasukkan kedalam drum-drum dengan kapasitas 100 liter untuk dikirim ke pusat instalasi pengolahan limbah radioaktif. Pengedaliannya dilakukan dengan mengukur paparan radiasi dan tingkat kontaminasinya, kemudian diberi label. Dari pengukuran yang dilakukan diketahui bahwa paparan limbah berkisar antara 14 mR/jam – 70 mR/jam pada permukaan, sedang pada jarak satu meter dari permukaan paparannya berkisar 1 mR/jam – 12 mR/jam. Setelah melalui pengendalian dapat diketahui paparan operator forklift dengan drum limbah resin 0,3 mR/jam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pengelolaan limbah resin di RSG-GAS telah sesuai dengan Ketentuan Keselamatan Pengelolaan Limbah Radioaktif.

Kata kunci : Limbah resin dan Pengendalian

### ABSTRACT

**CONTROL OF RESIN WASTE IN MULTY PURPOSE REACTOR GA. SIWABESSY (RSG-GAS).** Control of resin waste at RSG-GAS have been done, in order to limit radiation dose received by workers. Resin is a polymer resulted from organic substance having material functional cluster as ion exchanger at which its function is to absorbs impurities present in the primary cooling water. Therefore purity of primary coolant can be kept properly. Saturated resin can not be used any longer and it is regarded as waste. Resin waste comes from the cooling water purification system (KBE01), warm water layer purification system (KBE02) and spent fuel storage pool purification system (FAK01). Resin waste produced during reactor operation is huge and radioactive. Control of resin waste is done by collecting into the KBK01 system. After 6 month decaying of its radioactive substance, resin waste is poured into drums with capacity of 100 liters. Before shipped to the radioactive and waste management Installation, radiation exposure of drums containing resin waste are measured at different distance from its surface. It is known that radiation exposure at drums surface are vary from 14 to 70 mR/h while radiation exposure at 1 meter from drum surface are fluctuate from 1 to 12 mR/h. To avoid excessive by forklift operator, radiation shielding should be dressed and

*more distance of 1,5 meter from drum surface is determined. It is recognized that radiation dose received by forklift operator is then the permissible level of 0,3 mR/h. It can be concluded that the management and controlling activities of resin waste in RSG-GAS has been appropriate with the safety guidance of radioactive waste management.*

*Key word : Waste resin and Controlling*

## **PENDAHULUAN**

Pusat Reaktor Serba Guna adalah merupakan reaktor terbesar di Asia Tenggara, yang mempunyai tugas mengembangkan teknologi reaktor riset dan mengoperasikannya secara efektif dan efisien. Dengan semakin banyaknya eksperimen yang dilakukan para peneliti dan para pengguna yang memanfaatkan daya reaktor, maka produk limbah radioaktif semakin lama akan semakin bertambah banyak.

Masalah limbah adalah merupakan masalah yang serius, tidak hanya bagi negara maju tetapi juga bagi negara yang sedang berkembang seperti Indonesia. Limbah bisa bermacam-macam tergantung dari asalnya, misalnya limbah industri, limbah rumah tangga, limbah rumah sakit, limbah radioaktif. Berdasarkan dari resiko yang di timbulkan maka, limbah radioaktif adalah limbah yang berbahaya, jika tidak dikelola dengan benar terutama limbah radioaktif yang berumur paruh panjang berbahaya bagi masyarakat dan lingkungan.

Salah satu limbah yang dihasilkan di RSG-GAS adalah limbah resin yang bersifat radioaktif dan mempunyai volume sangat banyak. Resin adalah suatu polimer hasil sintesa bahan organik yang mengandung gugus fungsional dan berfungsi sebagai penukar ion atau mengambil unsur pengotor yang ada di dalam air pendingin, sehingga air pendingin reaktor akan selalu terjaga kemurniannya. Identifikasi penggantian resin ditunjukkan oleh tiga (3) parameter yaitu konduktivitas, tekanan, dan kontrol radiasi. Jika salah satu dari tiga parameter ini melebihi harga batas yang ditentukan maka resin tersebut dinyatakan telah jenuh dan harus

diganti. Resin bekas yang telah diganti tersebut diperlakukan sebagai limbah radioaktif.

Pengelolaan limbah resin dilakukan dengan cara meluruhkan resin tersebut di tangki limbah resin KBK 01 selama 6 bulan, sedangkan pengendalian dilakukan dengan cara mengukur paparan radiasi dan tingkat kontaminasinya pada saat akan dikirim ke instalasi pengolahan limbah radioaktif. Dengan pengelolaan dan pengendalian yang memadai maka limbah resin tersebut diharapkan tidak lagi membahayakan bagi keselamatan pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup termasuk juga generasi mendatang.

## **PENGGUNAAN RESIN UNTUK OPERASI REAKTOR**

Didalam pengoperasian suatu reaktor nuklir, resin merupakan salah satu bahan yang digunakan pada sistem pemurnian air pendingin primer. Sistem pemurnian air primer terdiri dari filter-filter penukar ion dan mekanik, yang dirancang untuk laju alir  $40\text{m}^3/\text{jam}$ , satu penampang mewakili kira-kira 12 % dari persediaan air primer  $330\text{m}^3$  dan menjaga konduktivitas elektrik air kolam pada nilai tidak lebih dari 0,8 ms/m, dan PH antara 5,8–7,0. Pengotor yang disebabkan oleh  $\text{Cl}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  harus kurang dari 0,0049, 0,0528, 0,0115, 0,0232 ppm berturut-turut untuk menjaga batas-batas tertentu terhadap efek korosi.

Penukar ion mixed-bed diisi dengan campuran resin-resin penukar anion dan kation dalam bentuk  $\text{H}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Kotoran-kotoran yang terionisasi baik yang teraktivasi maupun tidak teraktivasi dipindahkan dari aliran pemurnian oleh pertukaran ion, yang

berarti menurunkan konduktivitas dan aktivitas aliran air. Konduktivitas aliran keluaran ditentukan dari sampel air yang diambil dari *upstream mixed-bed filter*, dengan menggunakan sistem pemurnian air primer katup KBE 01 AA 66. Konduktivitas aliran masuk ditentukan dari sampel yang diambil dari katup KBE 01 AA07. Secara umum *mixed-bed filter* dinyatakan jenuh ketika faktor pemurnian (didefinisikan sebagai konduktivitas *inlet* dan *outlet*) berada dibawah nilai yang ditentukan. Lebih jauh kenaikan aktivitas yang cepat dari aliran keluaran menunjukkan kondisi filter yang dapat diterobos oleh ion. Resin harus diganti dengan resin yang segar. Resin bebas dibilas di *mixed-bed filter* dengan menggunakan sistem pembilas resin KBK 01 dan diganti dengan resin baru, yang diisi ke dalam filter penampung dengan menggunakan tangan.

Suatu filter jalur tunggal (filter pertukaran ion *mixed-bed* dan trap resin mekanik) dirancang untuk mampu menampung sebanyak 20m<sup>3</sup>/jam tersedia untuk menjaga mutu air kolam penampungan bahan bakar pada nilai-nilai yang disyaratkan untuk mutu air kolam primer. Sistem ini dioperasikan dari RKU. Komponen-komponen dari sistem pemurnian dan pendingin kolam penampungan bahan bakar terletak di -6,5 m gedung reaktor yang terbuat dari *stainless steel*.

Aliran pemurnian mengalir menuju penukar ion *mixed-bed* dimana kotoran-kotoran terionisasi yang teraktivasi dan tidak teraktivasi dipindahkan dari aliran pemurnian oleh penukar ion, dengan demikian berarti penurunan aktivitas dan konduktivitas elektrik dari aliran air resin di dalam *mixed-bed filter* diperbaharui ketika reaktor *shut-down* (padam). Resin yang jenuh dibilas diluar *mixed-bed filter* dengan menggunakan sistem pembilas resin dan diisi (ditambahi) dengan menggunakan resin baru, yang diisi ke dalam tangki filter dengan menggunakan tangan. Resin yang digunakan adalah resin anion dan kation mutu nuklir dalam bentuk H<sup>+</sup> dan OH<sup>-</sup>. Setelah

meninggalkan *mixed-bed filter*, aliran pemurnian melalui resin trap sistem pemurnian kolam penyimpanan bahan bakar bekas FAK 01 BT 04, sebelum dikembalikan menuju kolam penampungan bahan bakar. Resin trap adalah filter keranjang kuningan dengan kawat halus berdiameter (10µm) yang fungsinya menahan biji-biji resin dan kotoran mekanik yang halus lainnya yang dilepas dari *mixed bed filter*.

Total laju alir pemurnian diukur dengan menggunakan sebuah penunjuk aliran dan dapat disesuaikan dengan katup keseimbangan tangan. Konduktivitas dan aliran keluaran dari filter-filter ditentukan dari sampel air yang diambil sisi hilir *mixed-bed filter* menggunakan katup pencuplik sampel sistem lapisan air hangat FAK 01 AA27, konduktivitas dari aliran masuk ditentukan dari sampel yang diambil lewat katup FAK 01 AA05. Pengukuran-pengukuran ini dilaksanakan di laboratorium selama reaktor beroperasi. Jalan balik FAK 01 BR09 (DN 65) dari pendingin kolam penampungan bahan bakar dan sistem pemurnian menghubungkan dengan jalur JAA02 BR 01 melalui dua katup isolasi FAK 01 AA 23/AA24.

## PENGELOLAAN DAN PENGENDALIAN LIMBAH RESIN DI RSG-GAS

Pengelolaan limbah resin di RSG-GAS dilakukan dengan bantuan sistem pembuangan resin yang berlokasi di level -6,5m gedung reaktor. Sistem tersebut terdiri dari pompa flushing, tangki limbah resin, pemipaan *mixed bed filter*, instrumentasi dan konektor ke tangki pengangkut.

Kapasitas resin di dalam *mixed bed filter* adalah cukup untuk operasi reaktor selama 3 bulan. Efisiensi dari *mixed bed filter* dipantau dengan pengukuran konduktivitas (k) dari filter. Harga ini akan naik apabila ion dari zat pengotor yang diganti oleh ion resin. Apabila resin masih baru harga k = 0,02-0,05 mS/m. Pada harga k = 1 mS/m dipertimbang-

kan resin telah jenuh sehingga resin harus dikeluarkan dan diganti dengan yang baru. Demikian juga dengan para meter beda tekanan. Resin harus diganti apabila beda tekanan di dalam filter melebihi 1,5 bar.

Resin yang sudah jenuh dikeluarkan dari *mixed bed filter* dengan menggunakan pompa flushing dan diperlakukan sebagai limbah. Resin tersebut berasal dari :

- a. Sistem pemurnian pendingin primer (KBE01) = 1,54 m<sup>3</sup>
- b. Sistem pemurnian lapisan air hangat (KBE02) = 0,42 m<sup>3</sup>
- c. Sistem pemurnian kolam penyimpanan bahan bakar bekas (FAK01) = 0,70 m<sup>3</sup>

Sehingga jumlah resin setiap operasi flushing adalah 2,66 m<sup>3</sup>

Dua tangki dengan kapasitas 3 m<sup>3</sup> tersedia untuk menampung limbah resin. Dalam situasi tangki pertama penuh dengan resin yang sedang mengalami peluruhan, tangki kedua bertindak sebagai tangki cadangan.

Rangkaian pengelolaan limbah resin di RSG-GAS dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- a. Resin yang sudah jenuh yang berasal dari sistem KBE 01, KBE 02 dan FAK 01 dikumpulkan kedalam sistem KBK 01
- b. Di dalam sistem KBK 01 resin tersebut kemudian ditunda selama 6 bulan untuk meluruhkan paparan radiasinya
- c. Dari sistem KBK 01 resin dikeluarkan dan ditampung kedalam drum besar yang berkapasitas 5 m<sup>3</sup> untuk ditiriskan
- d. Setelah ditiriskan resin tersebut kemudian dimasukkan kedalam drum-drum kecil dengan kapasitas 100 liter

Ketika limbah resin dikeluarkan dari Tujuan utama dari *mixed bed filter*, masih mempunyai aktivitas radiasi yang cukup tinggi yaitu sekitar 10 Ci/ m<sup>3</sup> (0,37 TBq/ m<sup>3</sup>), sehingga limbah resin perlu diluruhkan dengan tujuan untuk membatasi paparan

radiasi yang diterima oleh pekerja radiasi. Dengan mengacu kepada peraturan keselamatan radiasi dari badan pengawas (BAPETEN), harga batas paparan radiasi yang boleh diterima oleh pekerja radiasi adalah 2,5 mR/jam atau 5000mR/tahun.

Pengendalian limbah resin dilakukan sebagai berikut :

1. Resin yang sudah dimasukkan ke dalam drum diukur paparan radiasi pada permukaan dan pada jarak 1 meter.
2. Selain diukur paparan radiasinya juga diukur tingkat kontaminasinya.
3. Setelah diukur paparan radiasi dan tingkat kontaminasinya, drum-drum tersebut diberi label.
4. Setelah diberi label drum-drum wadah resin tersebut siap dikirim ke Pusat Instalasi pengolahan limbah radioaktif.

Sebelum dikirim ke Pusat Instalasi pengolahan Limbah Radioaktif, terlebih dahulu limbah resin dimasukkan kedalam drum-drum. Untuk memudahkan dalam pengangkutan dipilih drum-drum dengan volume 100 liter.. Gambar drum wadah limbah resin tersebut disajikan pada gambar 1. Setiap drum diberi label tanda zat radioaktif untuk menunjukkan berapa besar paparan radiasi yang akan diangkut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melalui management pengelolaan limbah yaitu dengan cara meniriskan, maka resin di RSG-GAS dari ketiga sistem KBE 01, KBE 02 dan FAK 01 SELAMA 2 (dua) siklus berjumlah kurang lebih 7000 liter, limbah tersebut kemudian dimasukkan ke dalam drum-drum yang berjumlah 70 drum, hasilnya disajikan pada gambar 1 dibawah ini :



Gambar 1. Drum-drum wadah limbah resin

Sebelum dilakukan pengiriman limbah resin ke Pusat Instalasi Pengolahan Limbah Radioaktif dilakukan pemantauan tingkat radiasi terhadap drum-drum limbah resin yaitu dengan cara mengukur paparan radiasi permukaan dan pada jarak 1 meter dari permukaan. Data hasil pengendalian disajikan pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel.1. Paparan radiasi permukaan dan pada jarak 1 meter tiap drum resin

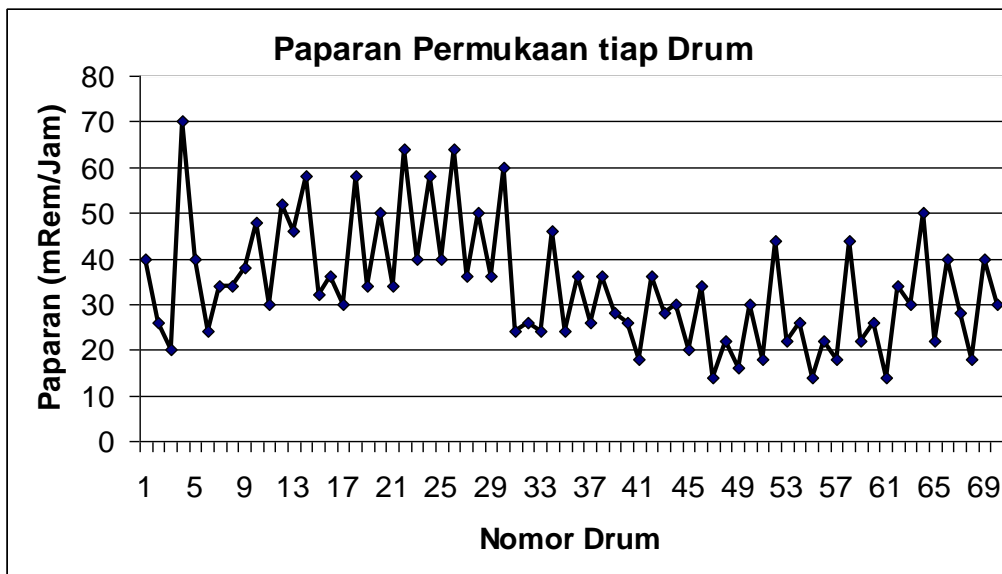
NO	Wadah Limbah	Paparan Permukaan (mRem/jam)	Paparan Jarak 1 meter (mRem/jam)	Volume (liter)
1	Drum ke-1	40	6	100
2	Drum ke-2	26	5,8	100
3	Drum ke-3	20	5,8	100
4	Drum ke-4	70	12	100
5	Drum ke-5	40	6	100
6	Drum ke-6	24	5,6	100
7	Drum ke-7	34	5,8	100
8	Drum ke-8	34	5,8	100
9	Drum ke-9	38	6,4	100
10	Drum ke-10	48	6,6	100
11	Drum ke-11	30	5,4	100
12	Drum ke-12	52	9,4	100
13	Drum ke-13	46	9	100
14	Drum ke-14	58	1,2	100
15	Drum ke-15	32	7	100

Tabel 1. lanjutan

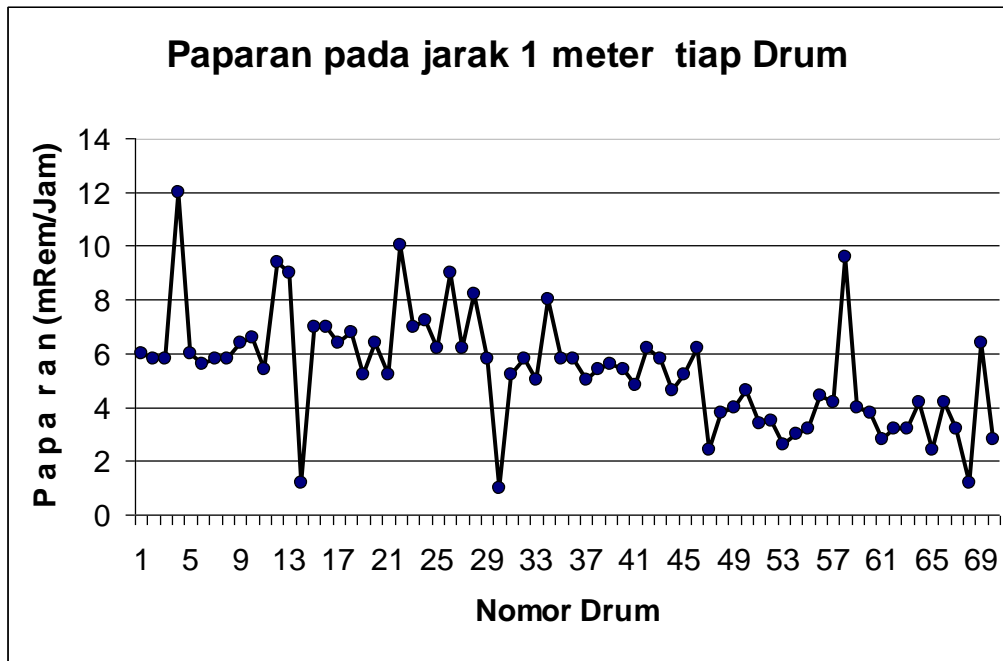
NO	Wadah Limbah	Paparan Permukaan (mRem/jam)	Paparan Jarak 1 meter (mRem/jam)	Volume (liter)
16	Drum ke-16	36	7	100
17	Drum ke-17	30	6,4	100
18	Drum ke-18	58	6,8	100
19	Drum ke-19	34	5,2	100
20	Drum ke-20	50	6,4	100
21	Drum ke-21	34	5,2	100
22	Drum ke-22	64	10	100
23	Drum ke-23	40	7	100
24	Drum ke-24	58	7,2	100
25	Drum ke-25	40	6,2	100
26	Drum ke-26	64	9	100
27	Drum ke-27	36	6,2	100
28	Drum ke-28	50	8,2	100
29	Drum ke-29	36	5,8	100
30	Drum ke-30	60	1	100
31	Drum ke-31	24	5,2	100
32	Drum ke-32	26	5,8	100
33	Drum ke-33	24	5	100
34	Drum ke-34	46	8	100
35	Drum ke-35	24	5,8	100
36	Drum ke-36	36	5,8	100
37	Drum ke-37	26	5	100
38	Drum ke-38	36	5,4	100
39	Drum ke-39	28	5,6	100
40	Drum ke-40	26	5,4	100
41	Drum ke-41	18	4,8	100
42	Drum ke-42	36	6,2	100
43	Drum ke-43	28	5,8	100
44	Drum ke-44	30	4,6	100
45	Drum ke-45	20	5,2	100
46	Drum ke-46	34	6,2	100
47	Drum ke-47	14	2,4	100
48	Drum ke-48	22	3,8	100
49	Drum ke-49	16	4	100
50	Drum ke-50	30	4,6	100
51	Drum ke-51	18	3,4	100
52	Drum ke-52	44	3,5	100
53	Drum ke-53	22	2,6	100
54	Drum ke-54	26	3	100
55	Drum ke-55	14	3,2	100

Tabel 1. lanjutan

NO	Wadah Limbah	Paparan Permukaan (mRem/jam)	Paparan Jarak 1 meter (mRem/jam)	Volume (liter)
56	Drum ke-56	22	4,4	100
57	Drum ke-57	18	4,2	100
58	Drum ke-58	44	9,6	100
59	Drum ke-59	22	4	100
60	Drum ke-60	26	3,8	100
61	Drum ke-61	14	2,8	100
62	Drum ke-62	34	3,2	100
63	Drum ke-63	30	3,2	100
64	Drum ke-64	50	4,2	100
65	Drum ke-65	22	2,4	100
66	Drum ke-66	40	4,2	100
67	Drum ke-67	28	3,2	100
68	Drum ke-68	18	1,2	100
69	Drum ke-69	40	6,4	100
70	Drum ke-70	30	2,8	100



Gambar 2. Grafik Paparan radiasi pada permukaan drum



Gambar 3. Grafik Paparan radiasi pada permukaan drum

**PEMBAHASAN**

Dari data yang di sajikan pada tabel 1 diketahui bahwa resin-resin tersebut ditempatkan di dalam 70 drum, dengan kapasitas per drum 100 liter, jadi jumlah seluruhnya 7000 liter atau 7 m<sup>3</sup>. Jumlah ini cukup besar dan memakan tempat, Oleh karena itu tidak bisa disimpan di tempat penyimpanan limbah sementara, melainkan harus segera dilakukan pengiriman ke Pusat Instalasi pengolahan Limbah.

Berdasarkan paparan radiasinya seperti yang di sajikan pada tabel 1 dan Gambar 2 (dua) diketahui bahwa, paparan radiasi permukaan berkisar antara 14 mRem/jam sampai dengan 70 mRem/jam. Harga ini masih cukup tinggi sehingga limbah resin perlu diluruhkan sampai mendapat tingkat yang tidak membahayakan. Setiap drum mempunyai paparan yang berbeda-beda. Perbedaan paparan radiasi ini disebabkan karena limbah radioaktif berasal dari tiga

sistem yang berbeda yaitu : sistem KBE 01, KBE 02 dan FAK 01, jadi tidak bisa diketahui resin-resin di dalam drum tersebut berasal dari sistem yang mana, karena pada saat pengelolaan ditampung di sistem KBK 01 resin-resin dari ketiga sistem tersebut dicampur di dalam satu wadah. Berdasarkan Tabel 1 dan Gamabr 3, untuk paparan pada jarak 1 meter, berkisar antara 1 mRem/jam sampai dengan 12 mRem/jam. Untuk menghindari penerimaan paparan yang berlebih, pengendalian dilakukan dengan cara mengatur jarak drum 1,5m dari operator *forklift* ditambah dengan perisai sehingga paparan menjadi 0,25 mR/jam.

**KESIMPULAN**

Dari hasil Pengelolaan dan Pengendalian limbah resin di PRSG dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pengelelolaan limbah dimaksudkan untuk memperkecil volume limbah resin.



2. Penundaan limbah resin di KBK 01 selama 6 bulan, dimaksudkan untuk meluruhkan radionuklida yang berumur paruh pendek, sehingga tidak membahayakan bagi pekerja radiasi yang menanganinya.
3. Pengelolaan dan pengendalian limbah resin di PRSG sesuai dengan ketentuan pengelolaan dan pengendalian limbah radioaktif yang berlaku.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia, PP Nomor 27 tahun 2002 tentang “Pengelolaan Limbah Radioaktif”
2. Keputusan Kepala BAPETEN No. 03/Ka-BAPETEN /V-99 tentang “Ketentuan Keselamatan Pengelolaan Limbah Radioaktif”
3. Subiharto, “Prosedur Pengelolaan Limbah Padat di RSG-GAS” 2006
4. Sudiyono, “Evaluasi Pengelolaan limbah padat RSG-GAS, PRSG-BATAN, 2006”
5. Subiharto, “Pengelolaan Limbah Padat di RSG-GAS” 2006