

## PENGENDALIAN PASCA IRADIASI TERHADAP KAPSUL SISTEM RABBIT DI RSG-GAS

Anto Setiawanto, Rohidi, Unggul Hartoyo

### ABSTRAK

**PENGENDALIAN PASCA IRADIASI TERHADAP KAPSUL SISTEM RABBIT DI RSG-GAS.** Kapsul sistem rabbit berfungsi sebagai wadah sampel yang akan diiradiasi. Ada dua jenis kapsul meliputi kapsul aluminium untuk wadah sampel dengan waktu paroh panjang dan kapsul polyethylene untuk wadah sampel dengan waktu paroh pendek. Pasca iradiasi, kapsul tersebut masih dapat digunakan untuk wadah sampel berikutnya dengan syarat bahwa paparan radiasi kapsul harus dalam batas harga yang diijinkan sehingga tidak membahayakan bagi para pekerja yang menanganinya. Makalah ini membahas tentang perlakuan/ pengendalian kapsul pasca iradiasi di fasilitas sistem rabbit. Pada prinsipnya pengendalian pasca iradiasi kapsul meliputi proses dekontaminasi untuk menghilangkan kontaminan aktif yang terbentuk selama proses iradiasi sampel, dilanjutkan dengan pendinginan untuk meluruhkan aktivitas radiasinya. Dari hasil pengendalian. didapat bahwa untuk kapsul aluminium, nilai rata-rata paparan radiasi gamma sebelum dan sesudah pengendalian masing-masing adalah 8,06 mR/jam dan 0,29 mR/ jam. Kontaminasi permukaan sebelum dan sesudah pengendalian masing-masing adalah 70,83Bq/ cm<sup>2</sup> dan 1,35 Bq/ cm<sup>2</sup>. Untuk kapsul polyethylene nilai rata-rata paparan radiasi gamma sebelum dan sesudah pengendalian masing-masing adalah 2,26 mR/ jam dan 0,23 mR/ jam. Kontaminasi permukaan sebelum dan sesudah pengendalian masing-masing adalah 10,17 Bq/ cm<sup>2</sup> dan 0,57 Bq/ cm<sup>2</sup>. Terbukti bahwa paparan radiasi dan nilai kontaminasi kedua jenis kapsul berkurang sangat berarti

### ABSTRACT

**CONTROL OF THE RABBIT SYSTEM USED-CAPSULE AT THE GA. SIWABESSY REACTOR.** Rabbit system's capsule act as a sample container having been irradiated at the reactor. There are 2 types of capsules consisting of aluminum for a sample having a long decay and polyethylene's capsule for a sample having a short decay. After irradiated, a used-capsule will be re-irradiated. To protect the worker from excessive exposure, radiation exposure of the used-capsule should fulfill radiation protection requirement. The aim of this paper is to introduce a process control of the rabbit system used-capsule covering decontamination process and cooling process. It is known that radiation exposure of aluminum capsule before and after controlling are 8.06 mR/jam and 0.29 mR/jam. While surface contamination before and after controlling are 7.08 Bq/ cm<sup>2</sup> and 1.35 B/ cm<sup>2</sup>. For polyethylene capsule radiation exposure before and after controlling are 2,26 mR/jam and 0.23 mR/jam respectively while surface contamination before and after controlling are 10.17 Bq/ cm<sup>2</sup> and 0.57 B/ cm<sup>2</sup>. It means radiation exposure and contamination can be significantly reduced by proper controlling.

## PENDAHULUAN

Pemantauan dan pengendalian radiasi di fasilitas nuklir adalah suatu keharusan dengan tujuan untuk menghindari bahaya radiasi yang berpotensi mengganggu kesehatan dan keselamatan pekerja serta lingkungan. Pekerja radiasi harus mempunyai kesadaran dan pengetahuan akan potensi resiko yang dihasilkan dari paparan radiasi yang diterima sewaktu menjalankan pekerjaan karena radiasi pengion bersifat tidak dapat dilihat dan dirasakan oleh tubuh manusia. Pengendalian radiasi dibutuhkan untuk mendeteksi dan mengukur tingkat paparan dan menghindari paparan radiasi yang berlebihan. Tindakan pengendalian radiasi dapat dilakukan dengan pengukuran paparan radiasi terhadap sumber radiasi diikuti dengan langkah-langkah lanjut yang bertujuan untuk mengurangi paparan ke tingkat yang paling rendah.

Pekerja radiasi yang bekerja di *restricted area* (daerah yang dibatasi) biasanya menerima paparan radiasi yang cukup berarti. Fasilitas iradiasi dikategorikan sebagai daerah yang dibatasi sehingga pengendalian radiasi mutlak diperlukan. Tindakan pertama untuk mengendalikan paparan radiasi adalah mengurangi intensitas sumber pemancar radiasi. Kemudian dilanjutkan dengan tindakan penunjang lain sesuai dengan persyaratan/prosedur proteksi radiasi.

Sistem rabbit adalah salah satu fasilitas iradiasi di reaktor GA Siwabessy (RSG-GAS) yang digunakan untuk aktivasi neutron dan produksi radioisotop dengan waktu iradiasi yang relatif singkat. Pekerja radiasi yang menangani sistem rabbit berpotensi untuk menerima paparan radiasi tinggi. Salah satu tindakan pengendalian radiasi yang dilakukan adalah dengan mengendalikan paparan radiasi terhadap kapsul yang digunakan untuk mengiradiasi sampel.

Sampel yang akan diiradiasi diletakkan di dalam wadah/ kapsul yang terbuat dari aluminium atau polyethylene. Kapsul aluminium digunakan untuk iradiasi sampel

dengan waktu paroh panjang sedangkan kapsul polyethelene untuk iradiasi sampel yang mempunyai waktu paroh pendek.

Karena kapsul pasca iradiasi masih digunakan lagi untuk iradiasi sampel berikutnya, maka paparan iradisinya perlu dikendalikan agar tidak membahayakan bagi pekerja iradiasi yang menangani. Pengendalian iradiasi dilakukan dengan cara membersihkan kontaminan/ produk aktivasi yang menempel di permukaan kapsul dan dilanjutkan dengan pendinginan untuk meluruhkan aktivitasnya. Diharapkan setelah di dekontaminasi dan didinginkan, kapsul dapat digunakan lagi sebagai tempat/ wadah sampel yang akan diiradiasi di fasilitas rabbit tanpa mengancam keselamatan pekerja yang menanganinya.

## PRINSIP PROTEKSI RADIASI

Prinsip dasar yang di gunakan dalam proteksi radiasi yaitu ALARA (As Low AS Reasonably Achievable) yaitu upaya proteksi radiasi dalam menerapkan teknologi dan prosedur kerja untuk mengurangi penerimaan dosis radiasi sekecil mungkin pada para pekerja radiasi dan masyarakat umum. Unsur dari sistem proteksi radiasi harus memenuhi ketentuan / azas proteksi radiasi yaitu :

- a. Azas manfaat (justifikasi)
- b. Azas optimum (optimasi)
- c. Pembatasan dosis perorangan (limitasi)

### Radiasi internal

Paparan internal disebabkan oleh hirupan radioaktivitas melalui pernapasan, kulit. Hal yang paling penting untuk pencegahan internal adalah mengupayakan terjadinya kontaminasi dan masuknya zat radioaktif kedalam tubuh sekecil mungkin.

Pencegahan bahaya radiasi internal kedalam tubuh dengan cara :

- Membedakan daerah aktif dan non aktif bagi pekerja.
- mencegah terjadinya kontaminasi pada udara,air dan makanan yang masuk lewat pernafasan, pencernaan, kulit dan darah.

- Menggunakan pelindung diri jika bekerja dengan zat radioaktif seperti : jas lab, masker, sarung tangan dan kaki.
- Mengendalikan ventilasi ruangan kerja agar sirkulasi udara lancar dan mengurangi akumulasi kontaminasi radioaktif udara.
- Tidak makan dan minum di daerah radiasi.
- Melaksanakan pekerjaan sesuai prosedur kerja yang berlaku.

**Radiasi eksternal**

Paparan radiasi eksternal disebabkan oleh radiasi beta dan gamma dari permukaan yang terkontaminasi dan terjadi bila sumber radiasi berada di luar tubuh manusia.

Penerimaan dosis dari bahaya radiasi eksternal (radiasi dari luar tubuh) dapat dikendalikan dengan azas proteksi radiasi yaitu :

- Membatasi aktivitas sumber pada tingkat sekecil mungkin atau menggunakan berkas radiasi dengan intensitas yang rendah sesuai dengan pekerjaan yang akan dilaksanakan.
- Pembatasan jangka waktu bekerja, besarnya dosis radiasi yang di terima seseorang yang bekerja di medan radiasi dengan laju dosis tertentu berbanding lurus dengan lamanya waktu keberadaan pekerja radiasi di daerah tersebut. Penerimaan dosis radiasi dapat di

kendalikan dengan cara mengatur lama waktu bekerja.

Dosis = laju dosis X lama penyinaran

- Bekerja dalam jarak sejauh mungkin dari sumber radiasi.
- Menggunakan perisai radiasi di antara sumber radiasi dengan tempat kita bekerja.

**Ketentuan nilai batas dosis untuk pekerja radiasi**

- NBD untuk penyinaran seluruh tubuh ditetapkan 50 mSv (5000 mrem) per tahun.
- NBD untuk wanita usia subur tidak lebih dari 13 mSv (1300 mrem) dalam jangka waktu 13 minggu dan tidak melebihi NBD untuk pekerja radiasi.
- NBD untuk wanita hamil tidak boleh melebihi 10 mSv (1000 mrem) selama kehamilan.
- NBD untuk penyinaran lokal dalam setahun dosis rata-rata pada setiap organ atau bagian jaringan yang terkena tidak melebihi 500 mSv (50000 mrem) dalam setahun. Batas dosis untuk lensa mata adalah 150 mSv (15000 mrem) dalam setahun, batas dosis untuk kulit adalah 500 mSv (50000 mrem) dan batas dosis untuk tangan, lengan, kaki dan tungkai adalah 500 mSv (50000 mrem) dalam setahun.

Tabel 1. Klasifikasi daerah kontaminasi

Kontaminasi rendah	< 0,37 Bq/ cm <sup>2</sup> (alpha) < 3,7 Bq/ cm <sup>2</sup> (beta)
Kontaminasi sedang	0,37 Bq/ cm <sup>2</sup> - 3,7 Bq/ cm <sup>2</sup> (alpha) 3,7 Bq/ cm <sup>2</sup> - 37 Bq/ cm <sup>2</sup> (beta)
Kontaminasi tinggi	>3,7 Bq/ cm <sup>2</sup> (alpha) >3,7 Bq/ cm <sup>2</sup> (beta)
1 Bq = 2,7 . 10 <sup>-5</sup> µCi	

Tabel 2. Klasifikasi daerah radiasi

Daerah pengawasan	Sangat rendah : 0,05 mrem/ jam – 0,25 mrem/ jam Rendah : 0,25 mrem/ jam – 0,75 mrem/ jam
Daerah pengendalian	Sedang : 0,75 mrem/ jam – 2,5 mrem/ jam Tinggi : > 2,5 mrem/ jam
1 mrem = 10 $\mu$ Sv	

**FASILITAS SISTEM RABBIT**

Fasilitas sistem rabbit terletak di dalam gedung reaktor pada level + 8,00 m. Ada 2 jenis sistem rabbit yaitu : sistem rabbit hydraulic dan sistem rabbit pneumatic. Sistem rabbit hydraulic adalah sistem rabbit dimana air digunakan sebagai media pengangkut kapsul. Sistem rabbit pneumatic adalah sistem rabbit yang menggunakan gas nitrogen sebagai media pengangkut kapsul. Disamping sebagai media pengangkut, air dan gas nitrogen berfungsi sebagai pendingin kapsul selama berlangsungnya iradiasi. Untuk isotop yang mempunyai waktu paroh pendek, sistem yang digunakan adalah rabbit pneumatic karena pengiriman kapsul lebih cepat sedangkan untuk waktu paroh panjang menggunakan sistem rabbit hydraulic

Kapsul yang digunakan sebagai wadah untuk iradiasi sampel 1 ada 2 jenis yaitu kapsul dengan bahan polyethelin dan aluminium, masing-masing berbeda dalam penggunaannya. Kapsul polyethelin digunakan untuk iradiasi sampel dengan waktu paroh pendek sedangkan Aluminium untuk iradiasi sampel dengan waktu paroh panjang.

Setelah selesai iradiasi dan sampel dikeluarkan dari kapsul langkah selanjutnya adalah dekontaminasi dan pendinginan kapsul. Apabila paparan radiasi kapsul telah memenuhi persyaratan proteksi radiasi, kapsul dapat dipakai untuk iradiasi sampel berikutnya.

**METODE PENGENDALIAN KAPSUL BEKAS PAKAI PASCA IRADIASI**

Langkah-langkah pengendalian kapsul bekas pakai setelah digunakan untuk keperluan iradiasi bahan di RSG-GAS dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu :

- Kapsul yang telah selesai digunakan untuk keperluan iradiasi dan sampelnya telah dikeluarkan, kemudian dilakukan pengukuran paparan radiasi dan *smear test* dengan menggunakan alat ukur portabel yang telah terkalibrasi kemudian letakkan terpisah antara kapsul polyethelin dengan kapsul aluminium, kita ambil masing - masing 3 buah kapsul dan diletakkan dalam suatu wadah. Pada kapsul polyethelin dan kapsul aluminium masa peluruhannya berbeda sehingga cara penanganannya berbeda. Kapsul polyethelin dilakukan pendinginan (*cooling down*) pada suatu wadah selama jangka waktu  $\pm$  30 hari, sedangkan kapsul aluminium *cooling down* dilakukan selama jangka waktu  $\pm$  90 hari. Jika ada kapsul yang mengalami retak atau pecah maka kapsul tersebut sudah tidak layak untuk digunakan dan diperlakukan sebagai limbah padat.
- Proses dekontaminasi dilakukan dengan menggunakan alat pencuci ultrasonic dengan cara mengisi air pada wadah alat tersebut dan masukkan kapsul bekas pakai yang akan di dekontaminasi kedalam alat ultrasonic yang berlokasi di lantai  $\pm$  0,00 m, lamanya masa/ waktu pencucian  $\pm$  60 menit kemudian diletakkan dalam wadah sampai dalam keadaan kering.

- Melakukan pengukuran paparan radiasi (gamma) dan *smear test* (beta) terhadap masing – masing kapsul yang telah di dekontaminasi kemudian dicatat besarnya paparan radiasi sebelum dan setelah di dekontaminasi.
- Jika dari hasil pengukuran setelah di dekontaminasi nilai paparan radiasi tidak melebihi dari paparan radiasi yang diizinkan yaitu sebesar  $< 2,5 \text{ mR/ jam}$  dan kontaminasi permukaan tidak melebihi  $3,7 \text{ Bq/ cm}^2$  maka kapsul tersebut layak digunakan untuk keperluan iradiasi berikutnya. Tetapi jika dari hasil pengukuran setelah di dekontaminasi masih melebihi dari batas yang diizinkan maka harus dilanjutkan dengan melakukan pendinginan dan dekontaminasi. Hasil pengukuran sebelum dan sesudah di dekontaminasi dicatat dan dilaporkan ke Ka. Subbid Pengendalian daerah kerja.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat survey meter yang di gunakan yaitu :

NO	NAMA ALAT	JENIS PENGUKURAN	FAKTOR KALIBRASI
1.	Ludlum model 2241/ 139593 detektor : 44-9 PR. 143801	Kontaminasi Bq/ cm <sup>2</sup>	0,25 Bq/ cm <sup>2</sup>
2.	Smart Ion survey meter model 2100 R MFG 506 no seri. 379	Gamma mR/ jam	1,14 mR/ jam

Pengendalian kapsul bekas pakai jenis/ bahan polyethelene sebelum melalui proses dekontaminasi

SAMPEL/ KAPSUL	PAPARAN RADIASI PERMUKAAN	PAPARAN RADIASI JARAK 1 METER	KONTAMINASI
1	1,80 mR/ jam	0,22 mR/ jam	10,0 Bq/ cm <sup>2</sup>
2	2,20 mR/ jam	0,24 mR/ jam	9,50 Bq/ cm <sup>2</sup>
3	2,80 mR/ jam	0,24 mR/ jam	11,0 Bq/ cm <sup>2</sup>
RATA-RATA	2,26 mR/ jam	0,23 mR/ jam	10,16 Bq/ cm <sup>2</sup>

Pengendalian kapsul bekas pakai jenis/ bahan **aluminium** sebelum melalui proses dekontaminasi

SAMPEL/ KAPSUL	PAPARAN RADIASI PERMUKAAN	PAPARAN RADIASI JARAK 1 METER	KONTAMINASI
1	10,0 mR/ jam	0,42 mR/ jam	67,5 Bq/ cm <sup>2</sup>
2	7,20 mR/ jam	0,34 mR/ jam	71,25 Bq/ cm <sup>2</sup>
3	7,00 mR/ jam	0,26 mR/ jam	73,75 Bq/ cm <sup>2</sup>
RATA-RATA	8,06 mR/ jam	0,34 mR/ jam	70,83 Bq/ cm <sup>2</sup>

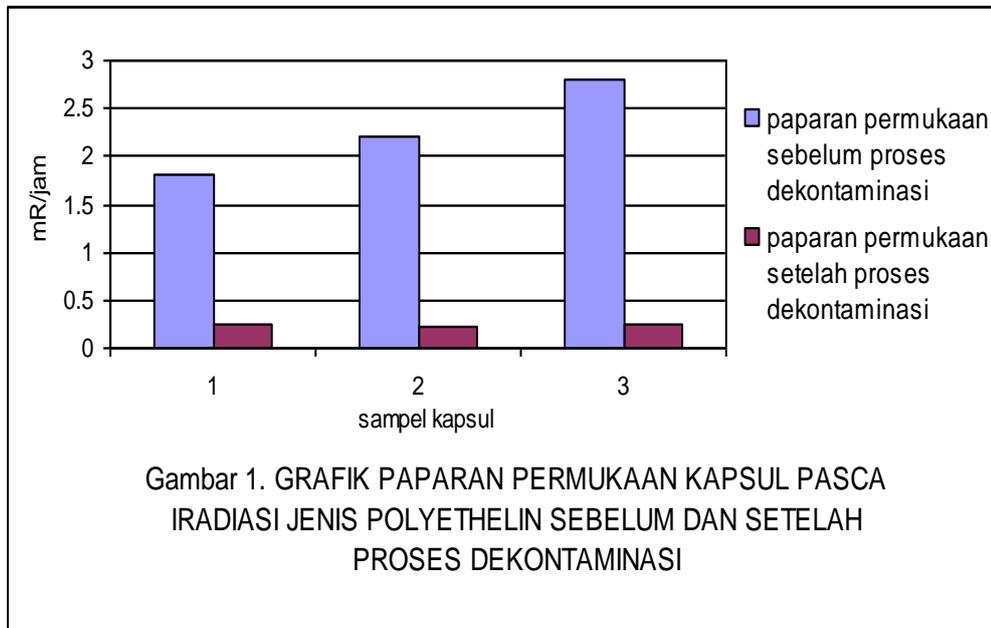
Setelah melalui proses peluruhan/ *cooling down* dan pencucian/ dekontaminasi dengan menggunakan alat ultrasonic maka hasilnya adalah sebagai berikut :

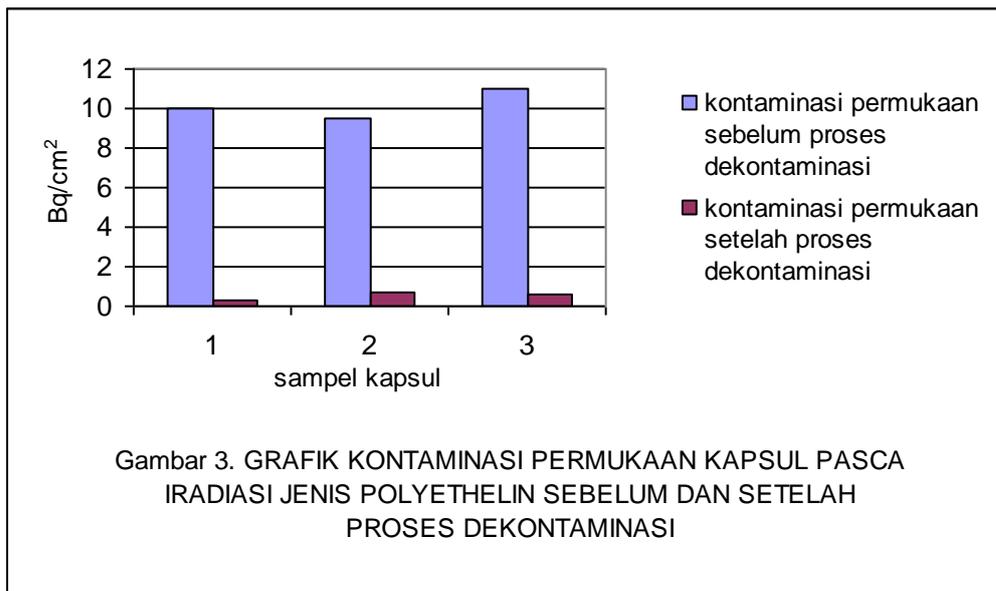
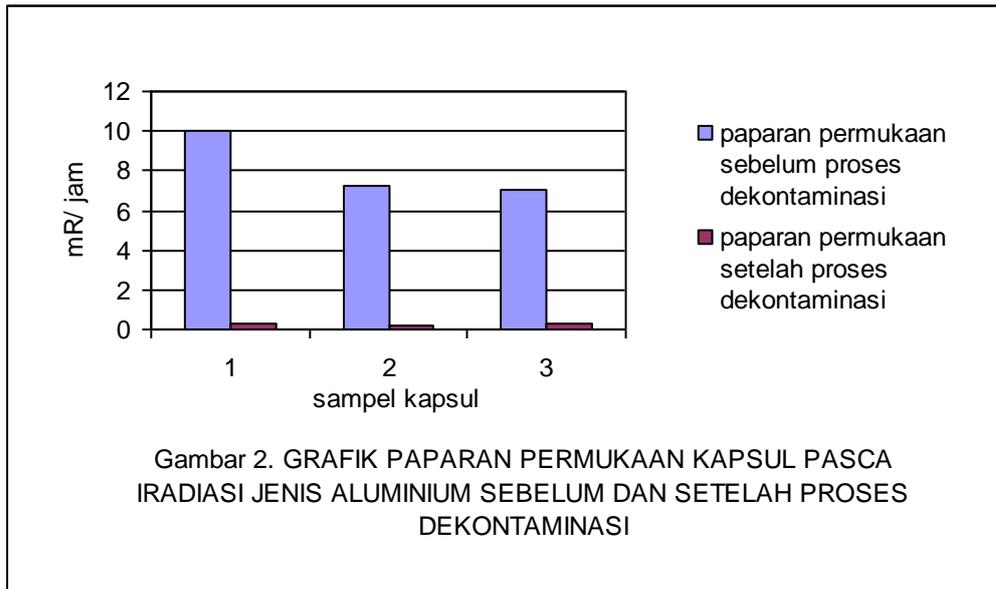
Pengendalian kapsul bekas pakai jenis/ bahan **polyethelin** setelah melalui proses dekontaminasi

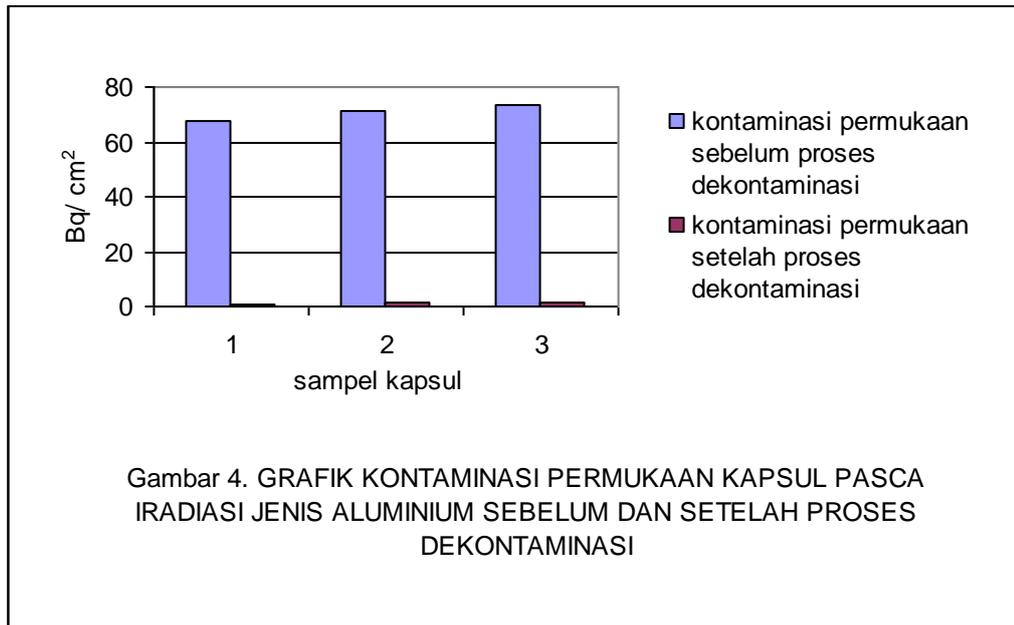
SAMPEL/ KAPSUL	PAPARAN RADIASI PERMUKAAN	PAPARAN RADIASI JARAK 1 METER	KONTAMINASI ( <i>SMEAR TEST</i> )
1	0,24 mR/ jam	0,12 mR/ jam	0,33 Bq/ cm <sup>2</sup>
2	0,22 mR/ jam	0,10 mR/ jam	0,75 Bq/ cm <sup>2</sup>
3	0,24 mR/ jam	0,20 mR/ jam	0,63 Bq/ cm <sup>2</sup>
RATA-RATA	0,23 mR/ jam	0,14 mR/ jam	0,57 Bq/ cm <sup>2</sup>

Pengendalian kapsul bekas pakai jenis/ bahan **aluminium** setelah melalui proses dekontaminasi

SAMPEL/ KAPSUL	PAPARAN RADIASI PERMUKAAN	PAPARAN RADIASI JARAK 1 METER	KONTAMINASI ( <i>SMEAR TEST</i> )
1	0,30 mR/ jam	0,12 mR/ jam	1,03 Bq/ cm <sup>2</sup>
2	0,24 mR/ jam	0,18 mR/ jam	1,28 Bq/ cm <sup>2</sup>
3	0,32 mR/ jam	0,20 mR/ jam	1,75 Bq/ cm <sup>2</sup>
RATA-RATA	0,29 mR/ jam	0,16 mR/ jam	1,35 Bq/ cm <sup>2</sup>







kapsul jenis/ bahan aluminium

kapsul jenis/ bahan polyethelin



Fasilitas sistem rabbit



Alat dekontaminasi ultrasonic

### KESIMPULAN

- Dari hasil proses pengendalian kapsul pasca iradiasi fasilitas sistem rabbit dapat disimpulkan bahwa besarnya paparan radiasi kapsul setelah proses pengendalian mengalami penurunan yang berarti. Untuk kapsule aluminium paparan radiasi turun dari 8,06 mR/ jam menjadi 0,29 mR/ jam. Sedang harga kontaminasi turun dari 10,83 Bq/ cm<sup>2</sup> menjadi 1,35 Bq/ cm<sup>2</sup>. Untuk kapsule polyethylene paparan radiasi turun dari 2,26 mR/ jam menjadi 0,23 mR/ jam. Kontaminasi permukaan turun dari 10,17 Bq/ cm<sup>2</sup> menjadi 0,57 Bq/ cm<sup>2</sup>.
- Pengendalian paparan radiasi dapat mencegah pekerja radiasi dari penerimaan dosis radiasi yang berlebihan sehingga ancaman gangguan kesehatan dan keselamatan dapat diperkecil.

- Kerja sama yang baik antara petugas proteksi radiasi dengan pekerja radiasi khususnya petugas pelayanan iradiasi akan sangat mendukung keberhasilan tindakan pengendalian.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Prosedur Pengendalian Daerah Kerja.
2. Keputusan kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir, nomor: 01/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi bagi Pekerja Radiasi.
3. LAK. RSG-GAS Rev. 9. Inter atom GmbH, "Operating Manual System Rabbit" (JBB 01 s.d 04). 1987