

ANALISIS DAN PENGUKURAN LAJU DOSIS RADIASI KAPSUL AI-1050 PADA FASILITAS SISTEM *RABBIT*

Sarwani, Sutrisno, Saleh H., Rohidi, Kawkab M.

ABSTRAK

ANALISIS DAN PENGUKURAN LAJU DOSIS RADIASI KAPSUL AI-1050 PADA FASILITAS SISTEM *RABBIT*. Aluminium adalah sejenis logam ringan dengan berat jenis sebesar $2,7 \text{ gram/cm}^3$, mudah difabrikasi, tahan terhadap panas akibat radiasi, tahan terhadap korosi dan mudah diperoleh. Dengan kelebihan tersebut maka aluminium dapat digunakan sebagai bahan kapsul *Rabbit* untuk iradiasi sampel dengan fluence neutron tinggi. Analisis menggunakan metode pengaktifan neutron (APN) dan pengujian kapsul AI-1050 telah dilakukan. Iradiasi terhadap kapsul AI-1050 dilakukan menggunakan fluence neutron tinggi dan mengukur laju dosis radiasinya. Hasil analisis menunjukkan bahwa unsur pengotor yang terkandung dalam AI-1050 adalah Fe, Cu, Mg, Sb, Zn dan Mn. Setelah diiradiasi pada 15 MW selama 6 jam dengan fluence neutron sebesar $2,8 \times 10^{17} \text{ n/cm}^2$ dan setelah mengalami peluruhan selama 24 jam, diperoleh hasil pengukuran laju dosis radiasi sebesar 220 mrad/jam pada jarak 0 m dan 60 mrad/jam pada jarak 1 m. Hasil analisis dan pengujian tersebut menunjukkan bahwa kapsul AI-1050 tidak mengandung unsur penyerap neutron yang besar dan tahan untuk diiradiasi pada daya 15 MW hingga 6 jam secara terus menerus. Untuk keselamatan pekerja maka penanganan kapsul AI-1050 harus dilakukan di dalam sel panas (*Hot Cell*).

ABSTRACT

ANALYSIS AND RADIATION DOSE RATE MEASUREMENT OF THE AI-1050 CAPSULE ON THE RABBIT SYSTEM FACILITY. Aluminum is a kind of light metal with density of 2.7 gram/cm^3 , regarding to the aluminium characteristic such as easy to fabricated, has a good corrosion resistant and radiation heat resistant, therefore aluminum is selected to be used as a material for sample irradiation capsule with high neutron fluency. Analysis using neutron activation method and capsule irradiation by using high neutron fluency and dose radiation rate measurement was done. The analysis results show that impurities in the AI-1050 capsule are Fe, Cu, Mg, Sb, Zn and Mn. The capsule irradiated at 15 MW during 6 Hours with neutron fluency of $2,8 \times 10^{17} \text{ n/cm}^2$. The radiation doses rate after 24 hours decay is 220 mrad/h at 0-meter distance and 60 mrad/h at 1-meter distance, respectively. From the analysis results and measurement show that the AI-1050 capsule has no high neutron absorption element and available to get continuing irradiation at 15 MW as far as 6 Hours. Due to the personal safety, therefore the capsule handling could be carried out in the hot cell.

PENDAHULUAN

Reaktor Serba Guna - GA. Siwabessy mempunyai beberapa fasilitas iradiasi yang dipergunakan untuk melakukan penelitian/pengujian dan produksi radioisotop. Salah satu fasilitas iradiasi yang terdapat di RSG-GA. Siwabessy adalah fasilitas iradiasi sistem *rabbit* yang dapat digunakan untuk iradiasi sampel dengan waktu singkat (beberapa detik) sampai waktu relatif panjang (3-4 jam). Untuk melaksanakan iradiasi suatu sampel di dalam sistem *rabbit* ini diperlukan suatu wadah yang disebut kapsul dengan ukuran berat dan dimensi tertentu. Kapsul tersebut harus memenuhi persyaratan tertentu agar kapsul aman terhadap

personil maupun reaktor yang secara garis besar dapat disebutkan sebagai berikut : bahan kapsul yang digunakan tidak rusak akibat radiasi, kualitas bahan tidak berubah akibat suhu yang tinggi, tidak mengganggu operasi reaktor, tidak terjadi reaksi kimia pada kapsul selama iradiasi, bagian kapsul yang berhubungan langsung dengan pendingin tidak mengalami korosi dan kompaktilitas bahan harus memuaskan.

Selama ini bahan kapsul yang digunakan di fasilitas sistem *rabbit* adalah kapsul jenis Polyethylene yang hanya digunakan untuk iradiasi sampel dengan fluence neutron rendah (lama iradiasi maks. 40 menit). Untuk iradiasi sampel dengan fluence neutron besar maka dibutuhkan

kapsul yang tahan terhadap pemanasan akibat radiasi dan cepat meluruh.

Polyethylene Naphthalene adalah bahan jenis plastik yang dapat digunakan sebagai kapsul *rabbit* yang tahan *fluence* neutron besar ($2,81 \times 10^{17} \text{ n/cm}^2$), tetapi Polyethylene Naphthalene ini sulit diperoleh (impur) sehingga mahal dan hanya satu kali pakai sehingga tidak efisien.

Aluminium adalah sejenis logam yang ringan (berat jenis = $2,7 \text{ gram/cm}^3$), mudah difabrikasi, tahan terhadap panas akibat radiasi, tahan terhadap korosi dan mudah diperoleh sehingga aluminium dapat digunakan sebagai bahan kapsul *rabbit* untuk iradiasi sampel dengan *fluence* neutron besar.

Dalam penelitian ini akan dianalisis jenis aluminium yang akan digunakan sebagai kapsul, dimensi kapsul, batasan berat sampel yang diijinkan dan akan dilakukan pengujian ketahanan kapsul aluminium terhadap radiasi serta aspek radiologinya.

TEORI

Energi neutron meliputi jangkauan neutron cepat (energi rata-rata 2,5 Mev), neutron pada daerah resonansi (1 ev – 1 kev), neutron epitermal (0,1 ev – 1 ev) dan neutron termal (0,025 ev – 0,04 ev). Dengan memilih penempatan sampel pada posisi tertentu, maka sampel dapat diiradiasi dengan neutron yang tenaganya tertentu. Inti atom di dalam sampel yang diiradiasi akan bereaksi dengan neutron sehingga terjadi suatu proses aktivasi yang menghasilkan radionuklida tertentu. Radionuklida yang terbentuk akan menghasilkan pancaran sinar- γ dan mungkin juga sekaligus akan menghasilkan sinar- β . Sinar- γ dan sinar- β yang dipancarkan mempunyai tenaga yang spesifik dan mencirikan nuklida pemancarnya. Aktivasi dari sinar- γ dan sinar- β yang dihasilkan akan sebanding dengan jumlah radionuklida yang terbentuk. Jumlah radionuklida yang terbentuk akan tergantung dengan kelimpahan isotop alamiahnya, serta sebanding pula dengan massa unsur yang ada di dalam target tersebut. Dengan melakukan pengukuran terhadap energi sinar- γ yang terbentuk maka dapat ditetapkan unsur yang terkandung di dalam sampel. Prinsip dasar tersebut di atas dapat dipergunakan untuk mengetahui unsur pengotor yang terkandung di dalam kapsul Al-1050 yaitu dengan metoda spektrometer sinar- γ konvensional.

Untuk menjaga keselamatan pekerja terhadap bahaya radiasi pada saat penanganan kapsul Al-1050 setelah iradiasi, maka perlu diketahui besarnya laju dosis radiasi kapsul

tersebut. Besarnya laju dosis radiasi suatu sampel dapat dihitung dengan pendekatan rumus :

$$D = \frac{M \times E}{6R^2}$$

Keterangan :

D = laju dosis	($\mu\text{Sv/jam}$)
M = aktivitas sumber	(MBq)
E = energi	(Mev)
R = jarak	(meter)

Dalam pelaksanaannya laju dosis radiasi kapsul Al1050 diukur dengan menggunakan alat survey meter.

TATA KERJA

Untuk menganalisis unsur pengotor yang terkandung dalam aluminium-1050 dengan metoda spektrometer sinar- γ konvensional, maka Al-1050 dengan berat 10 gram diiradiasi di dalam fasilitas sistem *rabbit* pada daya 5 MW selama 1 jam. Selanjutnya Al-1050 teraktivasi tersebut dicacah dengan menggunakan detektor HpGe pada 4096 kanal MCA dengan lama pencacahan 200-1200 detik setelah mengalami peluruhan yang sesuai (2 – 10 hari).

Untuk mengetahui laju dosis radiasi Al-1050, maka Al-1050 yang telah berbentuk kapsul dengan ukuran diameter luar 32 mm, panjang 69 mm dan berat 40 gram diiradiasi di dalam fasilitas sistem *rabbit* pada daya 15 MW ($\phi = 1,3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$) dengan *fluence* neutron bervariasi mulai dari $0,9 \times 10^{17} \text{ n/cm}^2$ s/d $2,8 \times 10^{17} \text{ n/cm}^2$ (waktu iradiasi 2 s/d 6 jam). Setelah kapsul diiradiasi pada setiap *fluence* tersebut di atas, langsung dilakukan pengukuran laju dosis radiasinya pada jarak 0 meter (menempel) dan jarak 1 meter menggunakan alat survey meter.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis sampel Al-1050 yang dilakukan dengan metoda spektrometer sinar- γ dengan menggunakan detektor HpGe terlihat bahwa unsur pengotor yang terkandung di dalam Al-1050 adalah Mg, Fe, Cu, Zn, Sb dan Mn (Tabel 1.). Unsur Mg yang terkandung di dalam Al-1050 sengaja ditambahkan untuk menambah kekuatan mekanik logam aluminium. Sedangkan unsur-unsur pengotor lainnya kemungkinan berasal pada saat pembentukan paduan aluminium-1050. Besarnya tampang lintang serapan makroskopis dari unsur pengotor tersebut diatas relatif sangat kecil sehingga bila Al-1050 digunakan sebagai

bahan kapsul *rabbit* tidak mengganggu operasi reaktor.

Pembuatan kapsul *rabbit* menggunakan bahan Al-1050 telah dilakukan dengan ukuran panjang 69 mm, diameter luar 32 mm dan tebal 2 mm (Gambar 2). Ukuran tersebut lebih kecil dibandingkan dengan kapsul Polyethylene. Hal tersebut dilakukan agar diperoleh berat kapsul Al-1050 yang ringan (40 gram) sehingga berat sampel+pembungkus akan besar. Berdasarkan persyaratan berat kapsul+sampel yang diperbolehkan masuk ke dalam fasilitas sistem *rabbit* (berat kapsul+sampel ≤ 100 gram)¹⁾, maka berat maksimum sampel+pembungkus yang dapat diiradiasi sebesar 60 gram.

Dari grafik peluruhan kapsul Al-1050 (Gambar 1) yang diiradiasi pada fluence neutron $0,9 \times 10^{17}$ n/cm², $1,9 \times 10^{17}$ n/cm² dan $2,8 \times 10^{17}$ n/cm² (lama iradiasi 2 jam, 4 jam dan 6 jam) terlihat bahwa kapsul Al-1050 mempunyai harga laju dosis radiasi yang besar yaitu 200 mrad/jam s/d 600 mrad/jam, tetapi setelah mengalami peluruhan

selama 4 hari maka laju dosis menurun menjadi 3 s/d 5 mrad/jam. Hal tersebut dimungkinkan karena kapsul Al-1050 mengandung unsur pengotor yang mempunyai waktu paro yang panjang seperti Fe dan Zn (Tabel 1).

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa aluminium-1050 dapat digunakan sebagai bahan kapsul *rabbit* dan tahan diiradiasi sampai 6 jam secara terus menerus dan dapat dipakai berulang kali sehingga lebih efisien.

Untuk keselamatan pekerja dari bahaya radiasi, maka pengeluaran sampel dari kapsul Al-1050 harus dilakukan di dalam Hot Cell.

Untuk mempermudah pengeluaran sampel dari dalam kapsul Al-1050, diperlukan alat pembuka tutup kapsul yang dapat dioperasikan dengan manipulator Hot-cell.

DAFTAR PUSTAKA

1. INTERATOM GMBH, "System Description Rabbit System", Ident. No. 49.00432.1
2. JAMES F.S, "Material Science and Engineering Hand Book", CRC Press Inc., 1994
3. M. RIDWAN dkk., "Pengantar Ilmu dan Teknologi Nuklir", BATAN, Jakarta - 1978.
4. SALEH H. dkk, "Prosedur Pengoperasian dan Penanganan Sampel Pasca Iradiasi di Fasilitas Iradiasi *Rabbit System* (JBB 01-05)", Ident. TRR.OR.03.01.41.99
5. SARWANI dkk, "Karakterisasi Kapsul *Rabbit* Jenis Polyethylene Naphthalene", Prosiding Seminar Hasil Penelitian PRSG Tahun 1998/1999, ISSN 0854 -5278.
6. SRI WARDHANI dkk, "Penentuan Unsur Kelumit dalam Cuplikan Batuan dengan Metoda APN", Prosiding Hasil Penelitian 1995-1996, PRSG-BATAN, ISSN 0854-5278.

DISKUSI

Pertanyaan (Suroso)

1. Seharusnya penulisan karakteristik adalah spesifikasi teknis
2. Secara fisis bagaimana bisa jelaskan bahwa iradiasi mampu sampai 6 jam
3. Perlakuan penanganan tidak dijelaskan/tidak ada, sementara disimpulkan perlakuan di dalam hot cell lebih aman

Jawaban (Sarwani)

1. Terimakasih koreksinya.
2. Dari pengamatan visual, Al1050 setelah diiradiasi 6 jam, masih terlihat kuat, tetapi seal tutup kapsul sudah terlihat rapuh.

Pernyataan (Endiah PH)

1. Berapa waktu iradiasi maksimal di rabbit system ?
2. Bagaimana hasil pengujian fisik sesuai batasan-batasan yang ada, jika ada hasil pengujian dengan spesifikasi yang sama, mohon dapat digunakan untuk melengkapi data yang ada.

Jawaban (Sarwani)

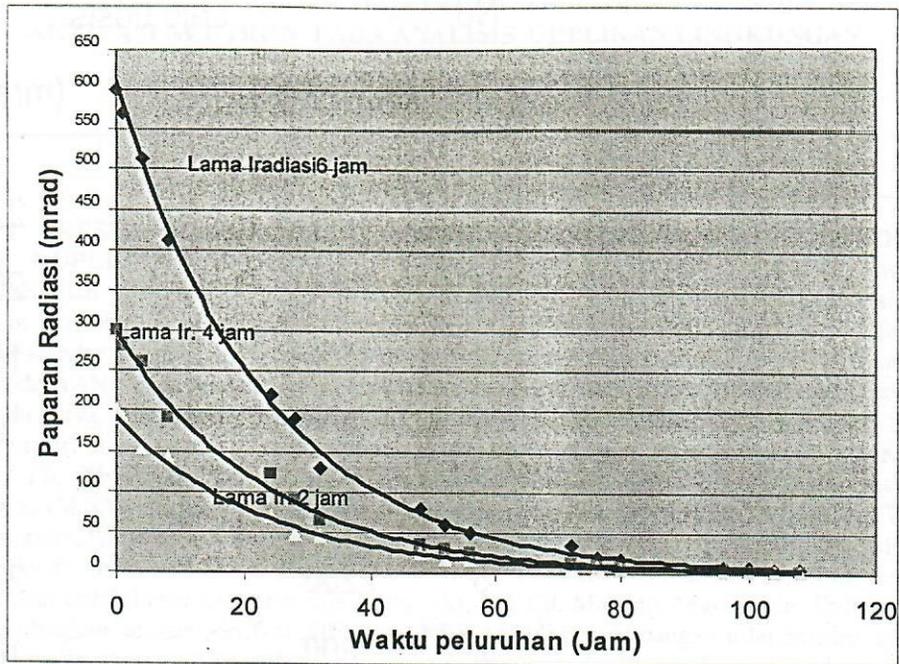
- Tergantung pada jenis kapsulnya
 - untuk polyethylene : 40 menit (maksimum)
 - untuk kapsul Al 1050 : 6 jam (maksimum).
- Pengujian fisik kapsul, tidak dilakukan, mengingat peralatannya yang tidak ada, tetapi kita bisa mengacu pada referensi tentang sifat-sifat kekuatan mekanik dari Al-1050.

Tabel 1. Hasil Analisis Kualitatif Aluminium-1050

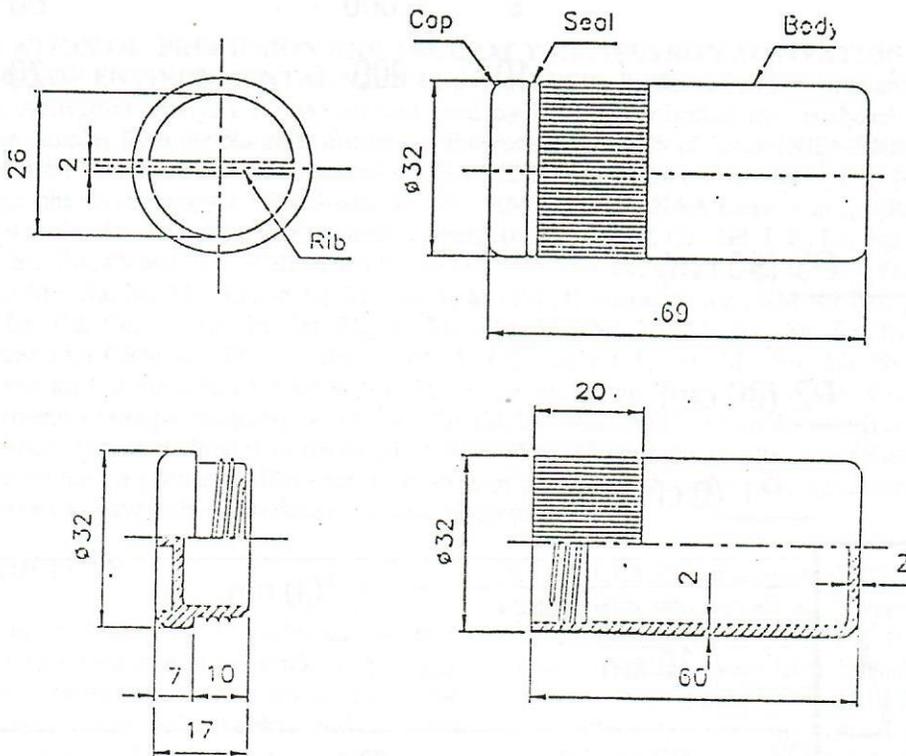
Sampel	Unsur Pengotor pada Kapsul Al-1050	Waktu Paro (T ½)	Tampang Lintang (barn)
Polyethylene	Mn	2,58 jam	13,20
	Cr	27,70 hari	15,20
	Cu	12,70 jam	4,28
	P	14,28 hari	0,18
Aluminium-1050	Fe	44,50 hari	1,31
	Cu	12,70 jam	4,28
	Mg	9,46 menit	0,037
	Sb	2,70 hari	6,33
	Zn	243,9 hari	0,726
	Mn	2,58 jam	13,2

Tabel 2. Karakteristik Kapsul Al-1050 dan Polyethylene

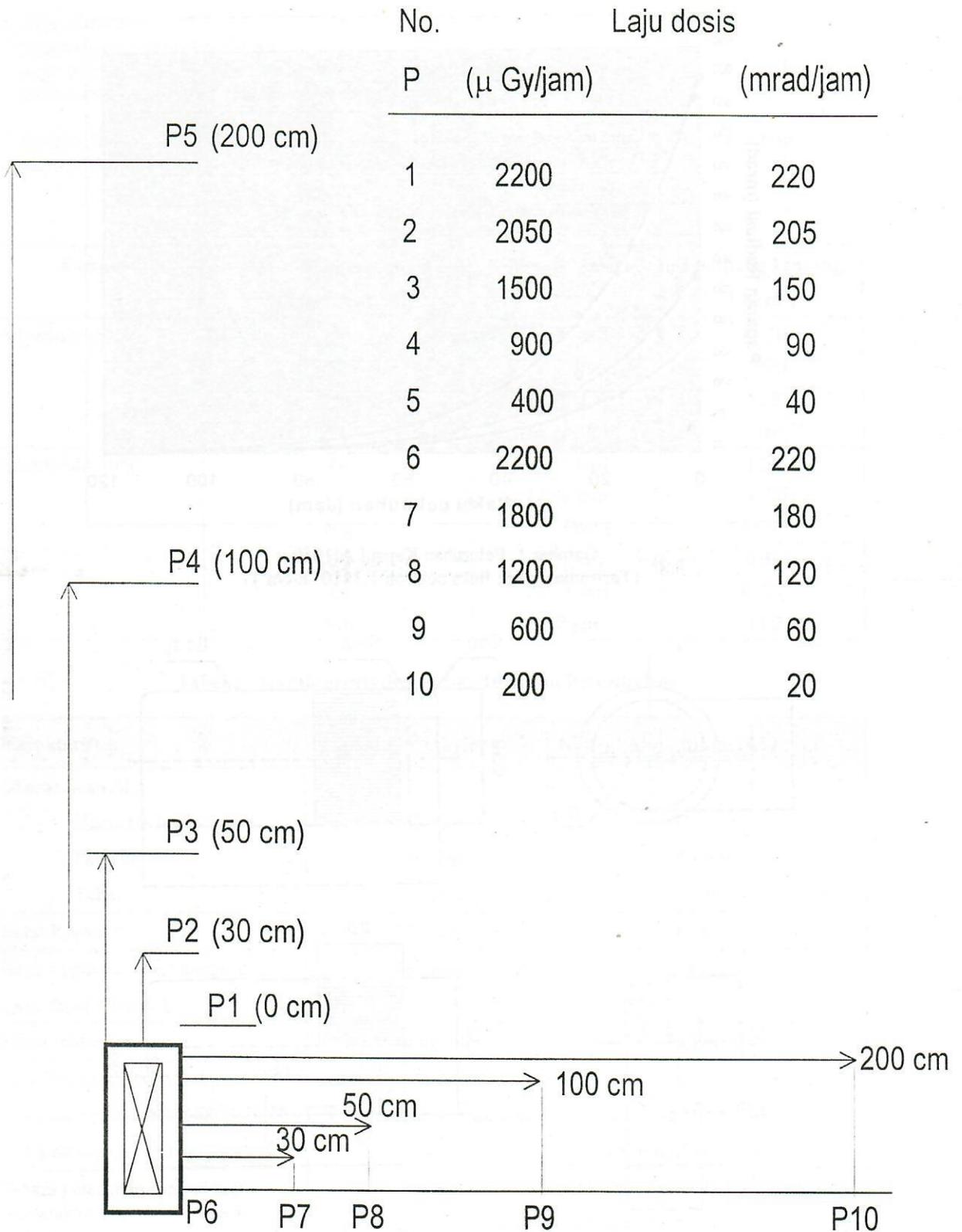
Karakteristik	Kapsul Polyethylene	Kapsul Aluminium-1050
Ukuran Kapsul :		
- Diameter luar	33 mm	32 mm
- Panjang	96 mm	69 mm
- Tebal	2 mm	2 mm
Berat Kapsul	27 gram	40 gram
Berat cuplikan + pembungkus yang dapat diiradiasi	63 gram	60 gram
Lama iradiasi	40 menit	360 menit
Laju dosis radiasi kapsul bila :		
- Lama iradiasi 40 menit	30 mrad/jam (jarak 0 m)	80 mrad/jam (jarak 0 m)
- Lama iradiasi 360 menit	-	600 mrad/jam (jarak 0 m)
Waktu peluruhan sampai kapsul dinyatakan aman dari paparan radiasi	20 jam (lama iradiasi 40 menit)	24 jam (lama iradiasi 40 menit) 108 jam (lama iradiasi 360 menit)



Gambar 1. Peluruhan Kapsul Al1050
(Teriradiasi pada fluks neutron $1.3 \times 10^{13} \text{ n/cm}^2$)



Gambar 2. Kapsul Al1050



Gambar 3. Laju dosis Radiasi Kapsul Al 1050 setelah diiradiasi 6 jam dan setelah peluruhan 24 jam