

KARAKTERISASI KAPSUL IRADIASI SILIKON

Sarwani,
Sutrisno, Hendro P., Rohidi

Abstrak

KARAKTERISASI KAPSUL IRADIASI SILIKON. Fasilitas silikon doping adalah salah satu fasilitas yang terdapat di RSG-GA. Siwabessy. Fasilitas ini dilengkapi dengan sebuah kapsul, panjang 400mm dan diameter 178 mm (7 inch) yang diputar bebas di dalam tabung penyangga kapsul dengan kecepatan 2 rpm. Tabung tersebut dilengkapi dengan filter stainless steel yang mempunyai ketebalan bervariasi sehingga distribusi neutron di dalam kristal silikon pada arah aksial maupun radial diharapkan homogen. Untuk meningkatkan produktivitas silikon maka dilakukan penambahan kapsul silikon sebagai wadah iradiasi silikon yang terbuat dari bahan Al 1050. Iradiasi silikon dan pengukuran fluks neutron telah dilakukan dengan menggunakan kapsul baru pada daya 20 MW selama 120 jam. Hasil iradiasi menunjukkan bahwa besarnya fluks neutron rata-rata pada arah aksial $7,92 \times 10^{12}$ n/cm²det. dengan deviasi 12% dan arah radialnya $8,1 \times 10^{12}$ n/cm²det. dengan deviasi 1%. Harga fluks neutron tersebut masih sebanding dengan harga fluks neutron bila menggunakan kapsul AlMg₃ (8×10^{12} n/cm²det.) sehingga kapsul baru layak digunakan untuk iradiasi silikon. Laju dosis kapsul silikon setelah peluruhan 3 hari pada jarak 1 meter adalah 62 mrem/jam dan pada jarak 2 meter adalah 17 mrem/jam. Dari harga laju dosis tersebut di atas maka penanganan kapsul silikon setelah iradiasi harus dilakukan di Hot Cell.

Abstract

CHARACTERITATION OF THE SILICON IRRADIATION CAPSULE. Silicon doping facility is one of irradiation facility at RSG-G.A. Siwabessy, Serpong. The silicon capsule with a total length 400 mm and 178 mm in diameter is rotated in the support tube at speed approximately 2 revolution per minute. The support tube is equipped by graded absorber of stainless steel for reach homogeneity radially and axially of the neutron fluxes. To improve the productivity, the number of the capsule is increase. The neutron flux measurement has been carried out by mean of a fresh capsule irradiated at 20 MW power for 120 hours. The result informed that the average axially neutron flux is 7.9×10^{12} n/cm².s with a deviation of 12%, and the averaged radial neutron flux is 8.1×10^{12} n/cm².s with a deviation of 1%. Those volume is equivalent to the measurement using an AlMg₃ capsule, i.e 8×10^{12} n/cm².s . Therefore Al 1050 capsule can be used in silicon irradiation. The dose rate of the capsule after 3 days of cooling down is 62 mrem/hr at one meter, and 17 mrem/hr at two meters. The handling of the capsule must be carried out in the hot cell.

PENDAHULUAN

Fasilitas silikon doping merupakan fasilitas yang dipergunakan untuk mengiradiasi kristal silikon agar terbentuk bahan semi konduktor tipe n. Fasilitas ini terpasang di kolam reaktor RSG-GA. Siwabessy (Gambar 1.) dan dilengkapi dengan sebuah kapsul yang terbuat dari bahan AlMg₃ berukuran panjang 400 mm dan diameter 178 mm yang diputar bebas di dalam tabung penyangga kapsul dengan kecepatan 2 rpm. Gerak putar ini dimaksudkan agar silikon yang sedang diiradiasi memperoleh distribusi neutron yang homogen pada arah

radial. Untuk menghomogenkan fluks neutron arah aksial maka pada dinding penyangga tabung kapsul (Support Tube) dilengkapi dengan filter stainless steel yang mempunyai ketebalan bervariasi sesuai dengan besarnya ketidak rataan fluks ditempat itu. Besarnya *fluence* neutron yang diterima oleh silikon selama iradiasi diukur oleh sebuah detektor neutron SPND (Self Power Neutron Detector) yang terpasang pada Support Tube dan dipantau oleh suatu Integrator yang dipasang pada sistem instrumentasi. Pengukuran ini akan memberikan tanda kepada operator apabila besaran yang dimaksud telah tercapai. Disamping itu pemantauan sistem listrik yang

menggerakkan motor pemutar kapsul juga dihubungkan ke sistem instrumentasi tersebut.

Dalam rangka peningkatan pelayanan iradiasi dan peningkatan produktivitas silikon maka dilakukan penambahan kapsul iradiasi silikon yang terbuat dari bahan Al 1050. Karena kapsul tersebut terbuat dari bahan Al 1050 maka perlu diketahui karakteristik dari kapsul tersebut. Untuk mengetahui karakteristik tersebut maka dilakukan pengujian kapsul Al 1050 dengan cara mengiradiasi kapsul Al 1050 di dalam fasilitas silikon doping. Dalam iradiasi tersebut dilakukan pengukuran fluks neutron baik secara aksial maupun radial dengan metode aktivasi untuk dibandingkan hasilnya dengan kapsul AlMg₃ dan pengukuran laju dosis radiasi kapsul silikon setelah peluruhan selama 3 hari.

TEORI

Silikon terdiri dari tiga jenis isotop yaitu ²⁸Si (92,2%), ²⁹Si (4,7%) dan ³⁰Si (3,09%). Dengan adanya hamburan neutron termal maka atom ³⁰Si akan tertransmutasi ke dalam isotop ³¹Si yang tidak stabil dan akan meluruh dengan waktu paruh 2,26 jam.

Oleh emisi partikel α akan membentuk isotop ³¹P yang stabil. Atom fosfor yang terbentuk akan berlarut sebagai atom dopant. Untuk mendapatkan hasil dopant yang merata maka diperlukan fluks neutron thermal yang homogen. Pengukuran fluks neutron dilakukan dengan metode aktivasi berdasarkan rumus

$$\Phi = \frac{A_o \cdot B_A}{G \cdot N_o \cdot \sigma (1 - e^{-\lambda t_i})} \quad (1)$$

$$\text{dimana: } A_o = \frac{A_t}{e^{-\lambda t_d}} \quad \text{dan} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

G = Berat keping yang diiradiasi

BA = Berat Atom

N_o = Bilangan Avogadro

σ = Tampang lintang mikroskopis

T_{1/2} = Waktu paruh

t_i = Waktu iradiasi

t_d = Waktu tunda

A_t = Aktivitas pada waktu t detik

Untuk menjaga keselamatan pekerja terhadap bahaya radiasi pada saat penanganan silikon setelah iradiasi, maka perlu diketahui besarnya laju dosis radiasi dari kapsul.

Besarnya laju dosis radiasi kapsul dapat dihitung dengan pendekatan rumus :

$$D = \frac{M \cdot E}{6r^2} \quad (2)$$

dimana :

D = Laju dosis (OSv/jam)

M = Aktivitas sumber (Mbq)

E = Energi per peluruhan (Mev)

r = Jarak (meter)

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

PELAKSANAAN IRADIASI

Kapsul Al 1050 (gambar 2) yang berukuran diameter 178 mm dan panjang 400 mm diisi dengan piringan aluminium murni sebanyak 8 buah dengan ukuran masing-masing diameter 178 mm dan tebal 50 mm. Pada setiap permukaan piringan aluminium tersebut diletakkan foil Cobalt sepanjang kapsul dengan jarak-jarak tertentu untuk mengukur besarnya fluks neutron pada arah aksial maupun radial. Foil Cobalt tersebut, dibungkus dengan Cadmium. Pelaksanaan iradiasi dilakukan mengikuti prosedur pengoperasian dan penanganan fasilitas silikon doping yang telah disahkan oleh panitia keselamatan RSG-GA. Siwabessy dan BPTA.

disahkan oleh panitia keselamatan RSG-GA.Siwabessy dan BPTA.

Pada pengujian ini, kapsul diiradiasi pada daya 20 MW selama 120 jam dan diputar dengan kecepatan 2 rpm untuk mendapatkan homogenitas fluks neutron secara radial.

Untuk dapat menentukan besarnya fluks neutron maka keping Cobalt yang diiradiasi dicacah dengan detektor Germanium. Dengan mengetahui besarnya aktivasi keping Cobalt, maka fluks neutron dapat dihitung berdasarkan persamaan (1) dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.

Untuk mengetahui laju dosis kapsul Al 1050 setelah iradiasi, maka dilakukan pengukuran laju dosis radiasi kapsul Al 1050 setelah peluruhan 3 hari pada jarak-jarak tertentu dengan menggunakan alat survey meter dan hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran fluks neutron dengan menggunakan keping Cobalt yang diletakkan pada beberapa posisi aksial menunjukkan bahwa besarnya fluks neutron termal rata-rata didalam kapsul pada arah aksial adalah $7,92 \times 10^{12}$ n/cm²det dengan deviasi 12%. Adanya deviasi yang cukup besar ini disebabkan karena pada saat iradiasi, posisi kapsul yang berada didalam filter stainless steel tidak pada posisi yang sesuai dengan distribusi fluks neutron dari teras reaktor sehingga besarnya fluks neutron yang masuk ke kapsul relatif tidak sama. Untuk mendapatkan distribusi fluks neutron yang homogen pada arah aksial, maka perlu dilakukan pengaturan posisi target terhadap distribusi fluks neutron dari teras reaktor.

Besarnya fluks neutron termal rata-rata pada arah radial adalah $8,1 \times 10^{12}$ n/cm²det dengan deviasi

1%. Pemerataan harga tersebut menunjukkan bahwa pemutaran kapsul dengan kecepatan 2 rpm telah berhasil dengan baik.

Hasil pengukuran laju dosis radiasi kapsul Al 1050 setelah peluruhan 3 hari menunjukkan bahwa pada jarak 1 meter laju dosis kapsul adalah 62 mrem/jam dan pada jarak 2 meter adalah 17 mrem/jam sedangkan laju dosis yang diijinkan untuk pekerja radiasi adalah 2,5 mrem/jam sehingga untuk keamanan pekerja radiasi maka penanganan kapsul silikon harus dilakukan di dalam Hot Cell.

KESIMPULAN

Hasil pengujian kapsul Al 1050 menunjukkan bahwa harga fluks neutron termal rata-rata di dalam kapsul masih sebanding dengan harga fluks neutron termal bila menggunakan kapsul AlMg₃ (8×10^{12} n/cm²det.), sehingga kapsul Al 1050 layak digunakan sebagai kapsul iradiasi silikon.

Untuk keselamatan pekerja maka penanganan kapsul silikon setelah iradiasi harus dilakukan di Hot Cell.

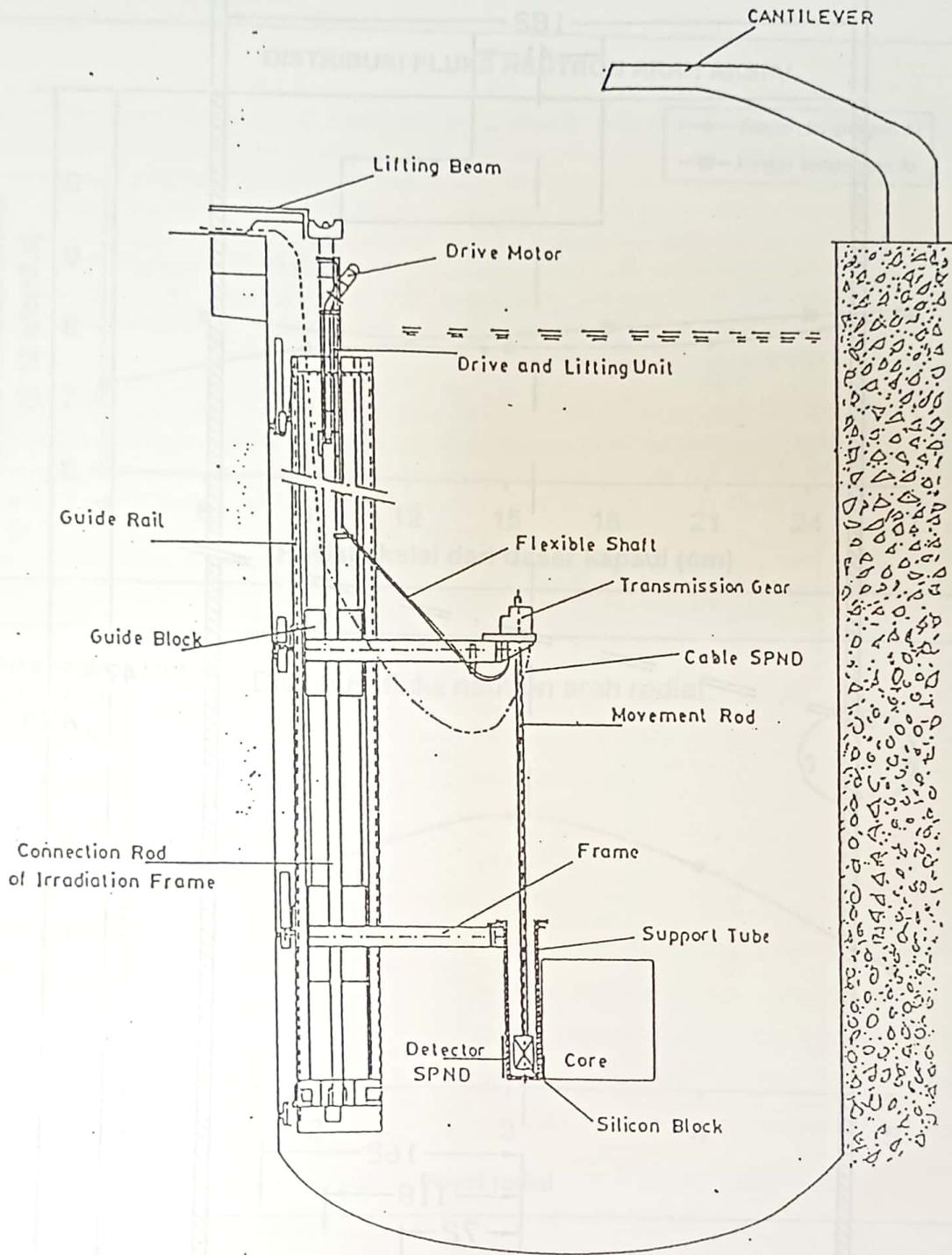
DAFTAR PUSTAKA

1. Hudi Hastowo dkk., (1987): Neutron Transmutation Doping dan pemanfaatannya pada RSG-GA.Siwabessy, Seminar Teknologi Daur Bahan Bakar dan Keselamatan Nuklir, Bandung, 2-3 Desember 1987.
2. Interatom GmbH., (1988): Neutron Physical Aspects of Design and Operation of the Silicon Doping Facility, 15 December 1988, Ident-No.54.07698.8
3. N.W. Crick, (1987) : Silicon Irradiation in The Harwell Reactor, International Symposium on The Utilization of Multi

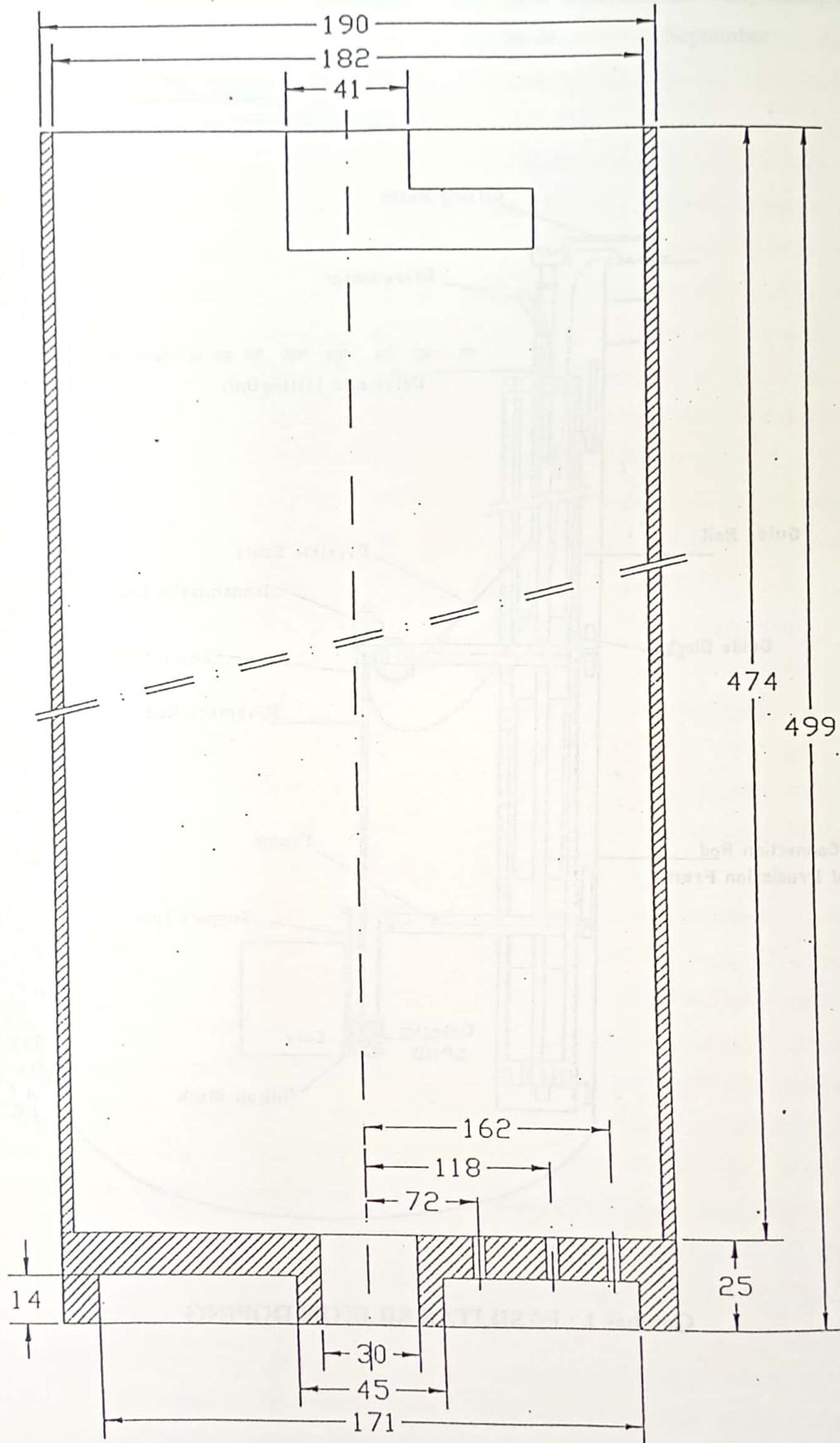
Purpose Research Reactors and Related
International Cooperation, Grenoble,
France, 19-22 Oct. 1987.

4. Sarwani dkk., (1990): Iradiasi Silikon Di
Reaktor Serba Guna-GA.Siwabessy,

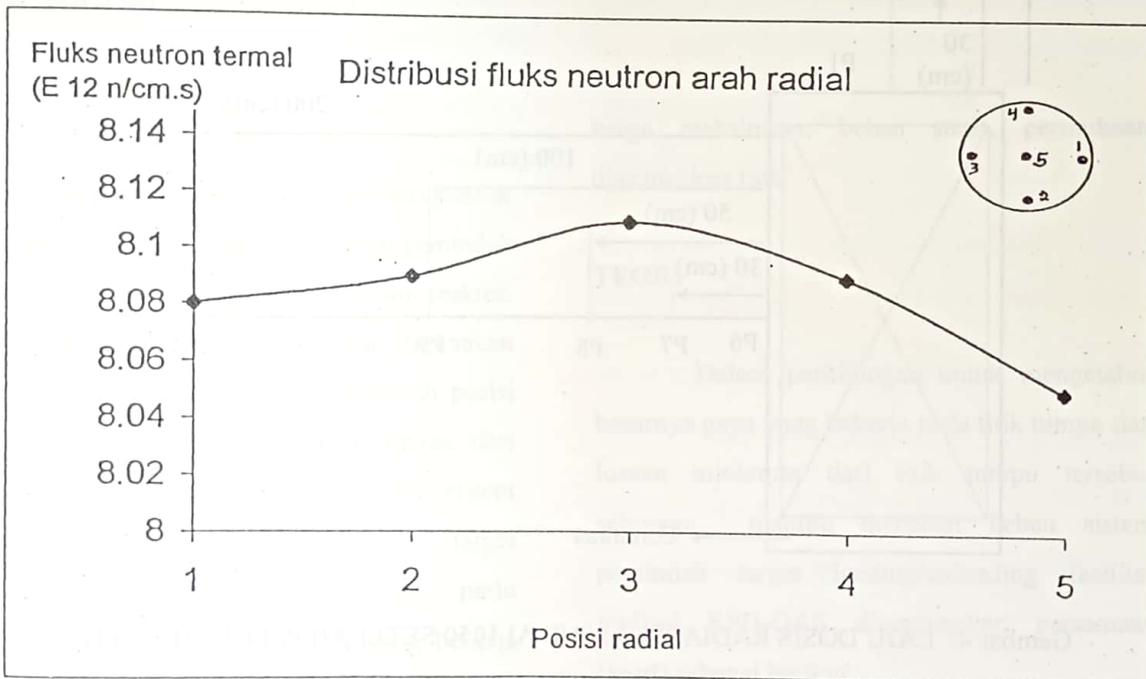
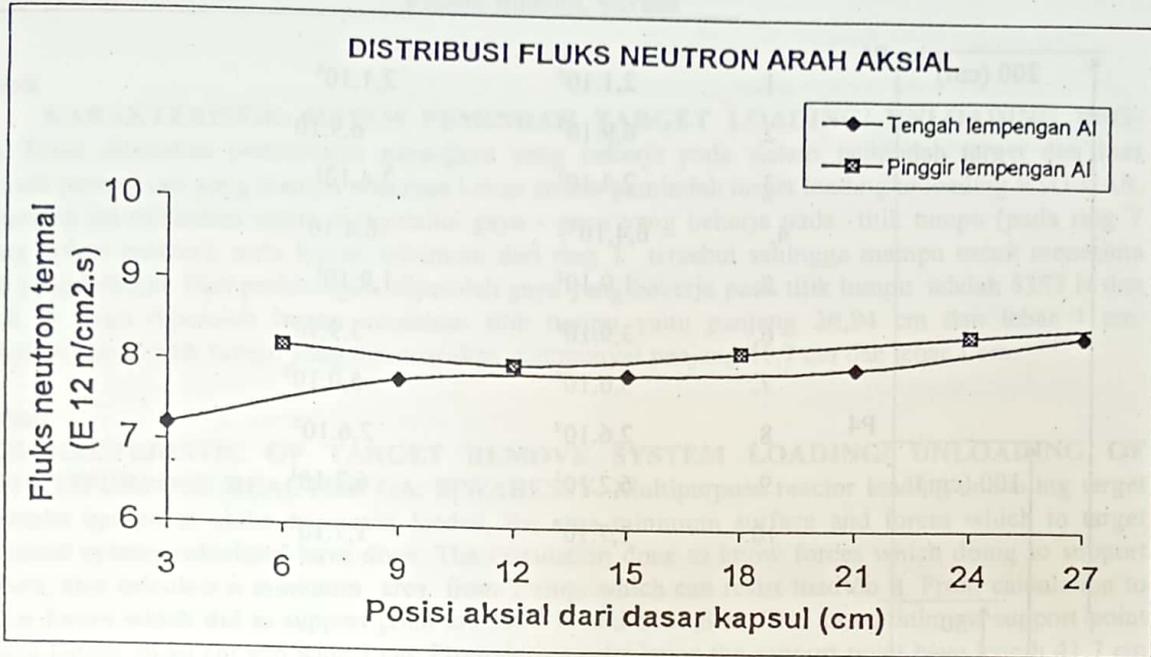
Seminar Pendayagunaan Reaktor Nuklir
untuk Kesejahteraan Masyarakat, Bandung,
26-27 September 1990.



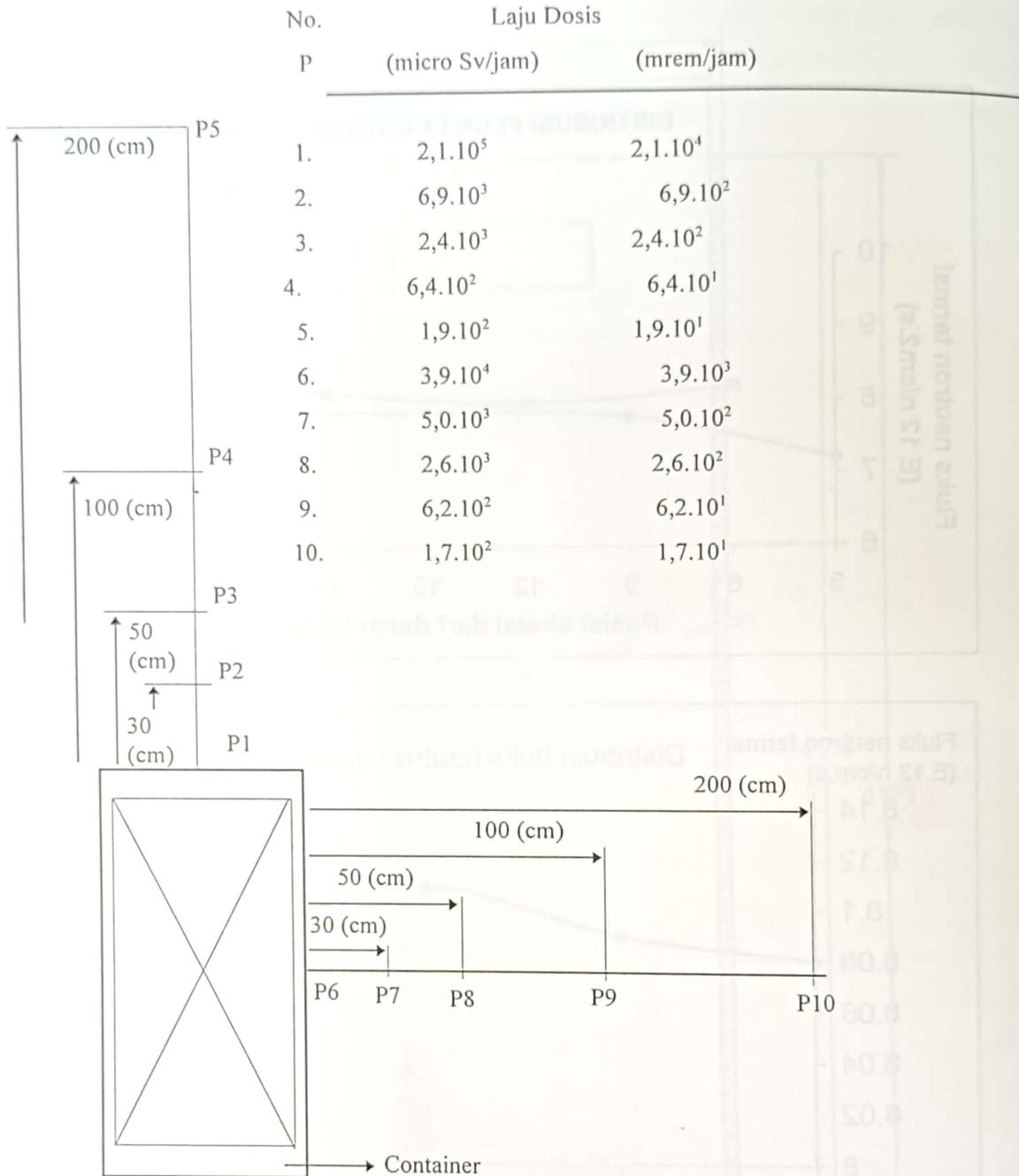
Gambar 1 : FASILITAS SILIKON DOPING



Gambar 2 : KAPSUL IRADIASI SILIKON INGOT



Gambar 3 : DISTRIBUSI FLUKS NEUTRON ARAH AKSIAL DAN RADIAL



Gambar 4: LAJU DOSIS RADIASI KAPSUL Al 1050 SETELAH PELURUHAN 3 HARI