

ANALISIS THERMAL IRADIASI TARGET GADOLINIUM DI CIP TERAS RSG-G.A SIWABESSY

Sutrisno, Alim Tarigan

ABSTRAK

ANALISIS THERMAL IRADIASI TARGET GADOLINIUM DI CIP TERAS RSG-G.A SIWABESSY. Radioisotop Gd-153 merupakan salah satu radioisotop yang dipergunakan dalam bidang kedokteran nuklir. Untuk menghasilkan radioisotop tersebut dapat dilakukan dengan cara mengiradiasi target Gd-152 di teras Reactor Serba Guna G.A Siwabessy. Sebelum dilakukan iradiasi perlu dilakukan beberapa perhitungan, antara lain besarnya aktivitas dan perpindahan panas dari target ke lingkungan. Perhitungan besarnya aktivitas target menggunakan paket program Origen-2 dan untuk perpindahan panas menggunakan paket program GENGTC. Dari hasil perhitungan untuk iradiasi target Gadolinium dengan berat 100 mgr, waktu iradiasi 10 hari pada daya 15 MW dengan fluks neutron 1×10^{14} n/(cm².detik) dan waktu peluruhan 6 jam diperoleh aktivitas Gd-153 = 73,38 mCi sedang besarnya suhu di pusat target adalah 263,8 °C.

ABSTRACT

Analysis thermal of irradiation Gadolinium target in CIP RSG-GA Siwabessy. Radioisotope Gd-153 is one of radioisotope which is used for nuclear medicine. This radioisotope can be produced through irradiation of isotope Gd-152 in the reactor core. Of GA. Siwabessy Multipurpose Reactor. Calculation of activity and heat transfer of target to the environment has done. The program Origen-2 is used to calculate activity and the program GENGTC is used to calculate heat transfer. Gadolinium with weight 100 mgr and 10 days irradiation, with power 15 MWD and flux neutron 1×10^{14} n/(cm².sec) and after decay 6 hours has activity of GD-153 73,38 mCi and temperature in center of target has 263,8 °C.

PENDAHULUAN.

Sifat radiasi nuklir yang sangat khusus memungkinkan pemanfaatannya dalam berbagai bidang, diantaranya adalah dipergunakan di bidang kedokteran nuklir. Salah satu radioisotop yang dipergunakan adalah Gadolinium.

Untuk mendapatkan radioisotop Gd-153 dapat diperoleh dari hasil iradiasi logam Gd di teras reaktor dengan reaksi $^{152}\text{Gd}(n,\gamma)^{153}\text{Gd}$. Logam Gd mempunyai bentuk kawat, dengan kelimpahan di alam 0,2%, massa jenis $7,9 \text{ gr/cm}^3$, titik leleh $1310 \text{ }^\circ\text{C}$ dan titik didih $3300 \text{ }^\circ\text{C}$. Target Gd dimasukkan ke dalam tabung aluminium setelah itu kedua ujung kapsul aluminium tersebut dilas. Untuk menguji kebocoran kapsul yang berisi target dilakukan dengan menggunakan metode *bubble test* dalam kondisi vakum. Selesai diuji kebocoran selanjutnya kapsul aluminium tersebut dimasukkan ke dalam tabung aluminium yang diberi lubang pada sisi-sisinya. Kemudian baru dilakukan iradiasi target di CIP teras RSG-GAS pada daya sekitar 15 MW dengan fluks neutron $1 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{detik}$ selama 10 hari. Setelah iradiasi selesai, kapsul yang berisi target dikeluarkan dari teras reaktor dan selanjutnya melalui *Hot Cell* kapsul tersebut ditempatkan pada kontainer yang mempunyai tebal = 30 cm dengan berat 7,8 ton, sehingga paparan radiasi diluar kontainer memenuhi syarat untuk pengiriman ke luar gedung reaktor.

Adanya iradiasi target Gd di RSG-GAS, perlu dilakukan perhitungan beberapa hal diantaranya adalah besarnya aktivitas dari target yang dihasilkan, perpindahan panas target ke pendingin primer kolam reaktor. Perhitungan besarnya aktivitas dari target Gd dilakukan dengan menggunakan paket program Origen-2 sedangkan untuk perhitungan perpindahan panas menggunakan program GENGTC.

TEORI

Perhitungan perpindahan panas

Panas gamma yang terbangkit pada target dan kapsul dibuang ke sistem pendingin reaktor, supaya tidak mengakibatkan pendidihan sehingga tidak membahayakan integritas target. Untuk mencegah kenaikan suhu target yang terlalu tinggi, target dimasukkan ke dalam kapsul berlapis dengan susunan dan ukuran seperti Gambar 1.

Profil suhu dari pusat target sampai dinding terluar dari kapsul selama iradiasi dapat dihitung dengan menggunakan paket program *GENGTC (Generalized Gap Temperature Calculation)*. Program *GENGTC* menghitung perpindahan panas secara konduksi dan radiasi dalam arah radial. Masukan dari program ini adalah jenis material, emisivitas, massa jenis,

konduktivitas, panas gamma dan panas fisi dari material, dimensi kapsul, suhu pendingin serta koefisien konveksi pendingin.

Harga koefisien konveksi pendingin (h_c) dihitung dengan menggunakan persamaan :

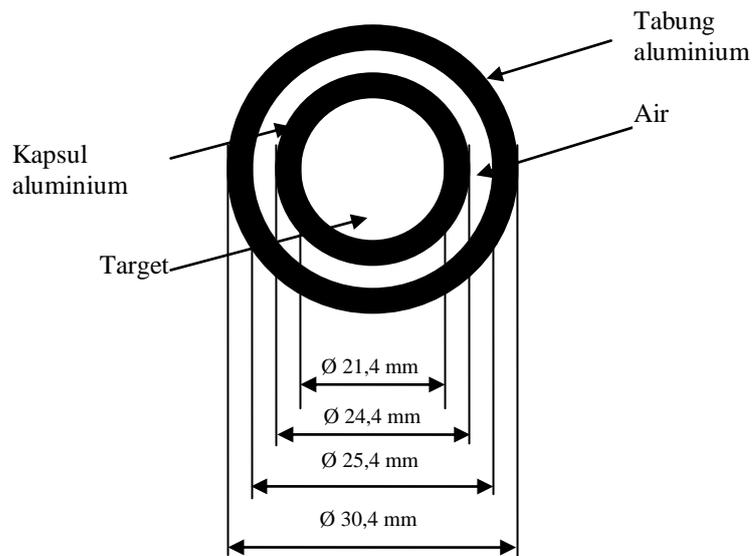
$$h_c = N_u \cdot k / D_e \dots\dots\dots(1)$$

di mana : h_c = koefisien konduksi panas fluida (W/m.°C)

D_e = diameter ekuivalen (m)

k = konduktifitas panas dari fluida (W/m² °C)

N_u = bilangan *Nusselt*



Gambar 1. Susunan target dan kapsul

Menurut Dittus Boetler, untuk menghitung besarnya bilangan Nuselt dipergunakan persamaan berikut:

$$Nu = 0,023 Re^{0,8} .Pr^{0,3} \dots\dots\dots(2)$$

Di mana:

Pr : bilangan Prandtl

Re : bilangan Reynold

Besarnya bilangan Reynold dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Re = v .De / \mu \dots\dots\dots(3)$$

Di mana:

- v : kecepatan fluida pendingin (m/det)
- De : diameter ekivalen (m)
- μ : kekentalan fluida (m²/det)

Perhitungan aktivitas

Besarnya aktivitas dari target dapat dihitung dengan menggunakan paket program Origen-2. Secara garis besar perhitungan aktivitas tersebut menggunakan rumus:

$$A = \frac{No.m.\sigma_1.\phi.\lambda_1.(e^{-\sigma_1.\phi.t} - e^{-(\lambda_1+\sigma_2.\phi)t})}{\lambda_1 + \sigma_2.\phi - \sigma_1.\phi} \text{ cps} \dots\dots\dots(4)$$

Di mana:

- A : Aktivitas (cps)
- No : nomor atom dari target (jumlah atom/gram)
- m : massa dari target (gram)
- σ_1 : tampang lintang target (barn)
- σ_2 : tampang lintang produk (barn)
- λ_1 : 0,693/umur paro (per detik)
- ϕ : fluks neutron (n/cm².detik)
- t : waktu iradiasi (detik)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan perpindahan panas kapsul dan target.

Perhitungan suhu pada target Gd dan kapsul dilakukan dengan menggunakan program GENGTC. Parameter penting yang menjadi input dalam perhitungan ini adalah:

1. Laju aliran pendingin yang melewati target di dalam kapsul.
2. Panas gamma pada target.
3. Suhu inlet air pendingin yang melewati target diambil harga rata-rata dari harga terendah dan tertinggi yang diperkenankan pada operasi reaktor.

Untuk kecepatan fluida pendingin 3150 m³/jam (0,875m/detik) dengan fluida pendingin berupa air pada suhu 40,5 °C dan diameter luar tabung aluminium = 0,0304 m, dengan menggunakan persamaan 1,2 dan 3 akan diperoleh harga koefisien konveksi pendingin, h_c= 5237,49 watt/m².°C.

Sedangkan data lain yang dipergunakan dalam perhitungan adalah sebagai berikut :
(dengan asumsi daya reaktor 15 MW dengan fluks neutron 1×10^{14} n/cm². detik).

- Dimensi kapsul : lihat Gambar 1
- Suhu fluida pendingin : 40,5 °C
- Koefisien konveksi pendingin : 5237,49 watt/m².°C.
- Panas gamma Al : 3,91 w/gr
- Panas gamma Gd : 11,3 w/gr
- Koefisien konduksi panas Al : 112,51 watt /m.°C
- Massa jenis Al : 2,70 gr/cm³
- Koefisien konduksi panas Gd : 13,06 watt /m.°C
- Massa jenis Gd : 7,90 gr/cm³

Dengan data masukan seperti tersebut di atas maka dengan menggunakan paket program GENGTC akan diperoleh suhu dalam arah radial sebagai berikut :

- Suhu di pusat target : 263,80 °C
- Suhu *inner capsule* Al dinding dalam : 79,80 °C
- Suhu *inner capsule* Al dinding luar : 76,60 °C
- Suhu *outer capsule* Al dinding dalam : 76,60 °C
- Suhu *outer capsule* Al dinding luar : 72,20 °C

Dari hasil perhitungan suhu tersebut di atas terlihat bahwa integritas target Gd dan kapsul Aluminium masih terjaga pada suhu tersebut, karena titik leleh Gd 1310 °C dan titik leleh Aluminium 660°C.

Perhitungan aktivitas

Hasil perhitungan aktivitas dari iradiasi Gadolinium dihitung dengan menggunakan paket program Origen-2. Berat target yang akan diiradiasi adalah 100 mgr dengan lama iradiasi 10 hari pada daya reaktor 15 MW dengan fluks neutron 1×10^{14} n/cm².detik pada posisi iradiasi di *Central Irradiation Position* (CIP). Setelah iradiasi target, dari hasil perhitungan dengan paket program Origen-2 diperoleh aktivitas Gd-153 adalah 0,07343 Ci, sedangkan aktivitas target setelah mengalami peluruhan selama 6 jam adalah 0,07338 Ci dan aktivitas target setelah mengalami peluruhan selama 12 jam adalah 0,07332 Ci.

KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Suhu pada pusat target maupun suhu pada kapsul lebih kecil dari titik lelehnya sehingga integritas target dan kapsul masih terjaga.
- Hasil iradiasi Gadolinium selama 10 hari pada daya 15 MW adalah 0,07343 Ci dan setelah mengalami peluruhan selama 6 jam akan diperoleh aktivitas Gd-153 sebesar 0,07338 Ci (73,38 mCi).

DAFTAR PUSTAKA

1. RIDWAN dkk, "Pengantar Teknik Nuklir", BATAN, Jakarta, 1978
2. HALL C. ROLLAND, "GENGTC, A ONE-DIMENSIONAL CEIR COMPUTER PROGRAM FOR CAPSULE TEMPERATURE CALCULATIONS IN CYLINDRICAL GEOMETRY", December 1967
3. WALKER FW, et.al. Nuclides and Isotopes, 14^{ed}, General Electric Company, USA, 1989