

PERANCANGAN MEKANIK FASILITAS IRADIASI BATU TOPAZ DI TERAS REAKTOR

A.T. Sitompul,
S. Suroso, Hari Sudirdjo, Pranto Busono, Hendra Prasetya

ABSTRAK

PERANCANGAN MEKANIK FASILITAS IRADIASI BATU TOPAZ DI TERAS REAKTOR. Dalam rangka peningkatan mutu pelayanan jasa iradiasi di Reaktor Serba Guna G.A.Siwabessy (RSG-GAS) telah dilakukan perancangan fasilitas iradiasi batu topaz yang akan dipasang di dalam teras Reaktor. Fasilitas batu topaz yang dirancang adalah fasilitas baru di RSG-GAS, dirancang meliputi kapsul iradiasi dan batang pengarah. Dengan instalasi yang direncanakan, maka pelayanan iradiasi batu topaz secara berkesinambungan dapat dilakukan dengan mudah tanpa reaktor di *shut down*. Fasilitas yang direncanakan membutuhkan satu lembar plat Al dengan ukuran 500 x 500 x 2 mm dan 2 batang profil C, bahan Al dengan ukuran 4" x 2" x 3/16" panjang 6 m untuk pembuatan kapsul dan batang pengarah. Mengingat rancangan ini bentuknya sangat sederhana dan dapat dibuat dengan mudah, maka rancangan ini perlu direalisasikan.

ABSTRACT

MECHANICAL DESIGN OF TOPAZ STONE IRRADIATION FACILITY IN REACTOR CORE. Base on the planning to increas of the irradiation service quality in "Multy Purpose Reactor (RSG-GAS)", the mecanical design of topaz stone irradiation facility has been done. The design of topaz stone irradiation facility is a new facility in Multy purpose Reactor, the design includ irradiation capsule and guide bar. By the design installation, the continuous irradiation service of the topaz stone will be easy to be done without reactor shut down. The design of the facility needed a peace Al plate by 500 x 500 x 2 mm in dimention and 2 peaces canal profil with Al material by 4" x 2" x 3/16", 6 m in length for the capsule and guide bar manufacturing. According to the simple shape of this design and easy to be done, this design needed to be realized.

PENDAHULUAN

Dalam rangka untuk meningkatkan mutu pelayanan iradiasi batu topaz di Reaktor Serba Guna G.A Siwabessy (RSG-GAS), telah dirancang suatu fasilitas iradiasi batu topaz yang akan dipasang di dalam teras reaktor. Perancangan fasilitas iradiasi batu topaz ini meliputi perancangan kapsul iradiasi dan perancangan batang pengarah yang berfungsi sebagai peralatan peluncur kapsul hingga masuk kedalam teras reaktor. Untuk mengiradiasi batu topaz di dalam teras reaktor yang dibutuhkan adalah neutron cepat, sedangkan neutron termalnya harus ditahan/di serap dengan material yang sifat serap neutron termalnya cukup baik,

dalam rancangan ini digunakan boral, namun demikian penggunaan boral di teras reaktor harus diperhitungkan, sehingga reaktivitas negatif yang ditimbulkannya masih dalam batas aman untuk operasi reaktor. Agar kriteria-kriteria di atas dapat dipenuhi diperlukan desain mekanik yang akurat, sehingga bagian utama dari kapsul iradiasi (wadah target) dapat masuk ke dalam stringer (pengarah yang ada). Sisi bagian dalam kapsul iradiasi ini dilapisi dengan boral dengan berat maksimum 1 Kg. Kapsul iradiasi ini di buat dari bahan Aluminium murni, dan dirancang kedap air agar neutron cepat yang menembus kapsul iradiasi tidak mengalami penurunan energi lagi. Batang pengarah pada bagian atas dibuat dari profil C 4" x 2" x 3/16" dan pada

bagian tengah dari pipa Al dengan diameter nominal 76 mm, sedangkan pada bagian bawah batang pengarah ini di pasang dummy stringer. Agar fasilitas ini dapat berfungsi dengan aman, maka besaran-besaran yang perlu diperhitungkan dalam rancangan ini adalah:

- Beban total maksimum yang bekerja pada pengarah
- Kemampuan bahan yang dipilih terhadap beban yang timbul.

Perancangan yang dibahas mencakup seluruh aspek mekanis dari sistem yang diusulkan. sebagai acuan standard digunakan ANSI B31.1 dan ASTM.

TEORI

Parameter yang dibutuhkan dalam perancangan ini adalah: jarak ketinggian (L) dari grid reaktor ke jembatan statis (*handling bridge*) sebagai dasar untuk menentukan panjang batang pengarah yang diperlukan, dan massa jenis air pendingin reaktor (ρ) untuk menentukan besarnya gaya apung kapsul di dalam kolam reaktor. Gaya yang bekerja pada profil pengarah sebagai akibat adanya gesekan aliran pendingin dapat dihitung dengan rumus (1) berikut^[1]:

$$P_f = \frac{\rho \cdot f \cdot L V^2}{2 \cdot D} \dots\dots\dots(1)$$

dimana ρ = massa jenis air (998 kg/m³)^[2]

f = faktor gesekan, diperoleh dari diagram moody (0,04), untuk plat Al.

L = panjang pengarah, (13 m)

V = kecepatan aliran di dalam kolam reaktor 0,56 m/detik.

D = diameter ekivalent profil pengarah (62 mm).

Beban yang timbul akibat berat mati batang pengarah kapsul dan target iradiasi (batu topaz) dihitung dengan menggunakan rumus (2) berikut^[4]:

$$D_{wk} = V \times \rho \dots\dots\dots(2)$$

dimana V adalah volume dari masing-masing Al pengarah, kapsul dan batu topaz.

ρ adalah massa jenis (untuk Al, $\rho = 2,7$ kg/dm³)^[3]

Gaya total yang bekerja pada kapsul adalah penjumlahan gaya berat akibat bobot mati dari kapsul itu sendiri ditambah gaya yang timbul akibat gesekan air pendingin pada profil batang pengarah yang dapat dihitung dengan rumus (3) berikut^[3]:

$$P_{tot} = D_{wk} + P_f \dots\dots\dots(3)$$

dimana P_{tot} = Beban total yang bekerja pada kapsul dan pengarah.

D_{wk} = Bobot mati kapsul, target dan pengarah (hasil penimbangan berat target yang dilakukan untuk Volume ± 230 cm³ adalah 350 gr)

Besarnya beban tarik (St) yang bekerja pada batang pengarah dihitung dengan menggunakan rumus (4) berikut^[4]:

$$St = P_{tot} / A \dots\dots\dots(4)$$

dimana P_{tot} = Beban total yang bekerja pada pengarah.

A = luas penampang metal profil pengarah.

Bahan yang digunakan untuk membuat pengarah, direncanakan menggunakan Al profil dengan bentuk C dan pipa Al. Mengacu pada Tabel Allowable stress untuk material Al, diperoleh bahwa allowable stress (Sy) untuk bahan Al (ASTM B-241) pada jangkauan temperatur -20 s/d 200^o F adalah 210 psi (145 Mpa = 14.5 kg/cm²). Pada prinsipnya jika $Sy > P/A$, konstruksi dinyatakan aman.

METODE PERANCANGAN

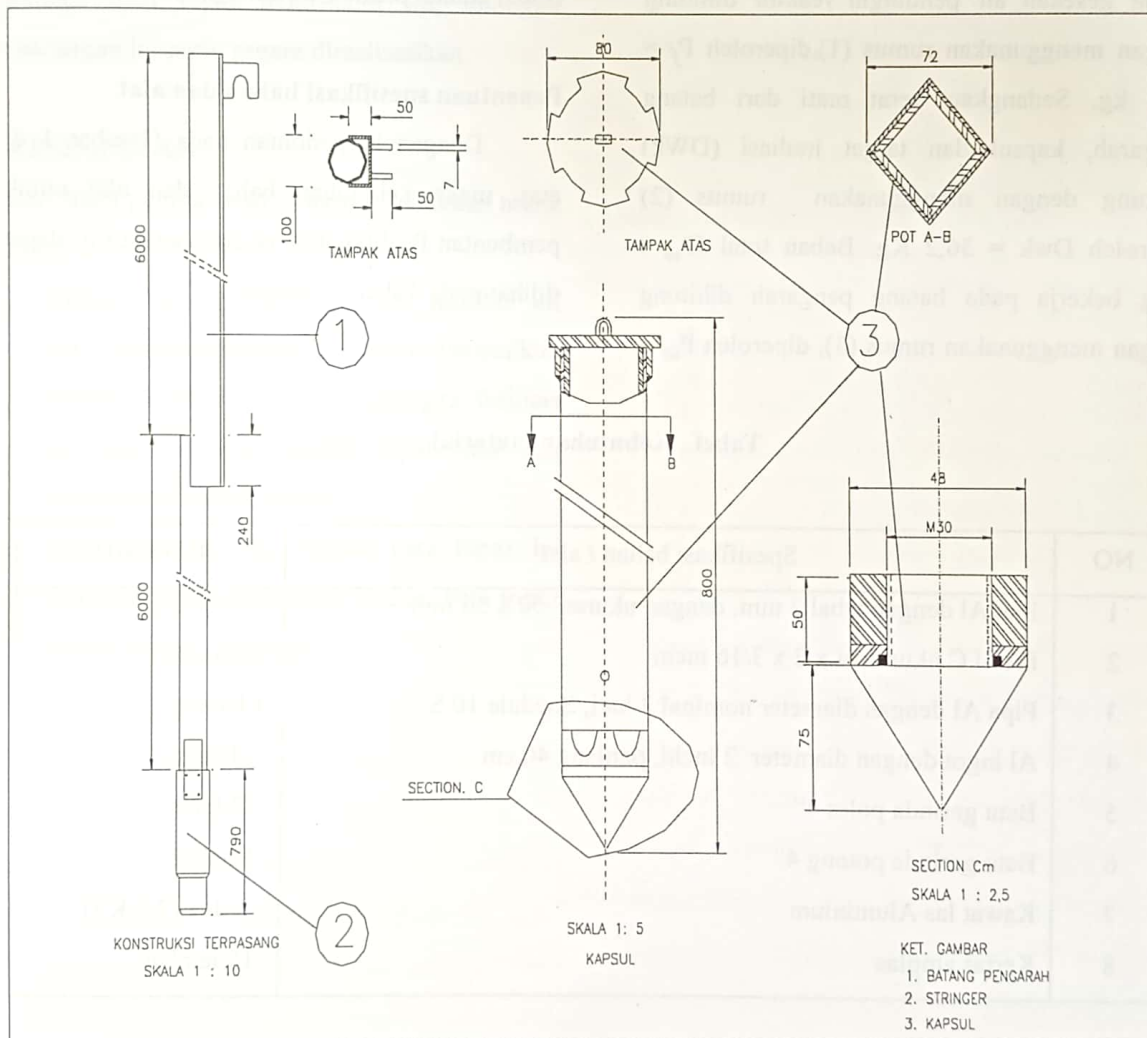
Metode perancangan fasilitas iradiasi batu topaz ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Perancangan kapsul iradiasi batu topaz.
2. Perancangan batang pengarah kapsul.
3. Penentuan kebutuhan bahan.

Perancangan kapsul iradiasi topaz

Kapsul iradiasi batu topaz ini dirancang sedemikian rupa sehingga tahan

terhadap beban maksimum yang timbul, disesuaikan dengan dimensi lobang (*hole*) striner, mudah dipasang dan dioperasikan tanpa ada gangguan terhadap peralatan-peralatan lain di sekitarnya. Pada bagian luar kapsul iradiasi batu topaz ini terbuat dari bahan plat Al dengan tebal 2 mm, sedangkan pada sisi bagian dalam dilapisi dengan plat boral dengan ketebalan 6,7 mm seperti terlihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Bentuk Konstruksi

Perancangan batang pengarah kapsul

Batang pengarah kapsul iradiasi ini berfungsi sebagai alat untuk pemasukan dan pengeluaran kapsul ke dan dari dalam teras reaktor. Bentuk dari batang pengarah kapsul iradiasi ini disesuaikan dengan kondisi lapangan dan dirancang sedemikian rupa agar dalam pelaksanaan pemasukan/pengeluaran dapat dilakukan dengan mudah dan aman pada kondisi reaktor operasi. Bentuk batang pengarah kapsul iradiasi ini dapat dilihat pada Gambar 1 di atas. Besar beban yang bekerja pada batang pengarah akibat gesekan air pendingin reaktor dihitung dengan menggunakan rumus (1), diperoleh $P_f = 1,32$ kg. Sedangkan berat mati dari batang pengarah, kapsul dan target iradiasi (Dwk) dihitung dengan menggunakan rumus (2) diperoleh $Dwk = 36,2$ Kg. Beban total (P_{tot}) yang bekerja pada batang pengarah dihitung dengan menggunakan rumus (3), diperoleh $P_{tot} =$

$36,2 + 1,32 = 37,52$ kg. Untuk menghindari pengarah dari beban tak terduga, maka harga P_{tot} di atas digandakan dengan suatu faktor (k) yang disebut faktor keselamatan, dimana untuk konstruksi nuklir grade $k = 1,6^{[4]}$ sehingga harga P_{tot} menjadi $62,3$ kg = $137,1$ lb. Beban tarik yang bekerja pada batang pengarah dihitung dengan menggunakan rumus (4), diperoleh harga $St = 137,1/A$. Dengan memasukkan harga $St = 137,1/A$ pada persamaan $Sy > St$, diperoleh $A > 1,5$ in-sq. Maka dengan menggunakan tabel *properties of shape* ^[4] diperoleh profil yang sesuai adalah profil C 4 x 2 x 3/16 inci.

Penentuan spesifikasi bahan dan alat

Dengan berpedoman pada Gambar 1 di atas, maka kebutuhan bahan dan alat untuk pembuatan fasilitas iradiasi batu topaz ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel . Kebutuhan material

NO	Spesifikasi bahan / alat	JUMLAH
1	Plat Al dengan tebal 2 mm, dengan ukuran 50 x 50 mm	1 lembar
2	Profil C ukuran 4 x 2 x 3/16 inci	2 batang
3	Pipa Al dengan diameter nominal 3 inci, Shedule 10 S	1 batang
4	Al ingot dengan diameter 2 inci, panjang 40 cm	1 batang
5	Batu gerinda poles 4"	12 buah
6	Batu gerinda potong 4"	12 buah
7	Kawat las Aluminium	1 duz (2,5 Kg)
8	Kertas amplas	10 lembar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis rancangan yang dilakukan diperoleh bahwa rancangan batang pengarah yang dibuat dari profil C dengan bahan Al dapat menahan beban yang timbul akibat gaya gesek air pendingin dan berat mati perangkat fasilitas iradiasi batu topaz tersebut. Instalasi yang direncanakan yang perancangannya telah disesuaikan dengan kondisi lapangan dapat dengan mudah dipasang dan dibongkar dalam keadaan reaktor operasi. Mengingat banyaknya permintaan pelayanan iradiasi batu topaz akhir-akhir ini, sehingga rancangan ini perlu segera direalisasikan.

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan yang dikemukakan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dilihat dari bentuk konstruksi fasilitas ini yang sangat sederhana dan telah disesuaikan dengan kondisi lapangan, sehingga fasilitas ini dapat dengan mudah dipabrikasi dan dipasang di dalam reaktor.
2. Rancangan fasilitas iradiasi batu topaz ini akan menjamin pelayanan iradiasi batu topaz secara berkesinambungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. CRANE. CO, Flow of Fluids Through Valve, Fitting and Pipe, London 1983.
2. Reactor Safety Case, Badan Tenaga Atom Nasional GA. Siwabessy-MPR 30, Rev 7.
3. INTERATOM, Vereinigte Aluminium-Werke Aktiengesellchaff, Berlin - Bon 1986 Anonymous, "Manual of Steel Construction, Allowable Stress Design", 9th edition, Chicago (1992).