

ANALISIS KESELAMATAN FASILITAS UJI CREEP CHOUCA

Muhammad Zamzani, E. Rukmanda, Sunarko, Udi Marludin

ABSTRAK

ANALISIS KESELAMATAN FASILITAS UJI CREEP CHOUCA. Telah dilakukan analisis kekuatan bahan pendukung mekanik terhadap tegangan dan analisis kestabilan aliran pendingin tungku fasilitas uji *creep* Chouca. Hasil dari kedua analisis tersebut disajikan dalam bentuk *safety factor* dan dibandingkan dengan batas-batas keamanan yang ada. Dari analisis tersebut terbukti bahwa disain mekanik dan termo-hidrolik dari fasilitas uji tersebut cukup memenuhi syarat keamanan terhadap batas keamanan yang lazim dipergunakan.

ABSTRACT

SAFETY ANALYSIS OF "CHOUCA" CREEP IRRADIATION DEVICE. The calculation of coolant flow stability in the furnace channel and stress analysis of mechanical support of "CHOUCA" creep irradiation device was performed. The result of the analysis are presented in the manner of safety factors and compared to commonly used safety margins for each analysis. From those analysis it can be concluded that the thermal-hydraulics and mechanical desain of "CHOUCA" creep device have enough safety margin.



PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan teknologi reaktor nuklir, dibutuhkan suatu perangkat uji ketahanan bahan terhadap lingkungan teras reaktor daya. Chouca adalah salah satu jenis alat uji tersebut.

Fasilitas ini dirancang untuk percobaan *creep* karena tarikan pada bahan struktur reaktor di RSG GAS. Bahan struktur yang akan diuji tersebut ditempatkan dalam lingkungan dengan suhu tinggi dan radiasi neutron yang intensip untuk jangka waktu tertentu.

Di dalam penelitian ini dilakukan peninjauan aspek termohidrolika dari tungku fasilitas uji dan tinjauan mekanik terhadap sistem pendukungnya.

Diskripsi Fasilitas Uji Creep

Ada tiga bagian utama dari fasilitas ini yaitu :

1. Perangkat iradiasi, yang terpasang pada salah satu stringer (*water box*) di dalam teras reaktor beserta pendukung mekaniknya (*irradiation rig*).
2. Peralatan pengukur dan kontrol yang berupa dua buah almari dan ditempatkan di lantai level 13 m (*reactor hall*).
3. Penghubung diantara kedua bagian tersebut, yang berupa saluran-saluran listrik dan gas bertekanan.

Dalam hal ini bagian 2 dan 3 tidak akan dibicarakan, kecuali bagiannya yang di dalam perangkat iradiasi. Bagian perangkat iradiasi dapat dipisahkan menjadi dua bagian yaitu bagian pendukung dan bagian tungku.

Bagian Pendukung

Bagian ini berupa sebuah kerangka U yang terbuat dari Aluminium dengan ukuran 141x15x5 cm³ setebal 5 mm. Disamping berfungsi sebagai alat pendukung mekanik bagi tungku (penggantung) juga sebagai jalur untuk saluran listrik dan pneumatik. Bagian ini mempunyai kedudukan pada jemabatan tetap (*fixed bridge*). Pada ujung bawahnya ditempatkan micro wave box dan pengarah gelombang (*wave guide*) di dalam kotak dari stainless steel yang kedap air. Di dalam kotak ini terdapat sambungan-sambungan pneumatik dan fasilitas untuk pengisian Na-K. Pada bagian atas perangkat pendukung ini ditempatkan pengukur tekanan dan sambungan-sambungan di dalam sebuah kotak terbuat dari baja tahan karat.

Bagian Tungku

Adalah bagian utama dari fasilitas ini dimana ditempatkan bahan struktur yang akan diuji dalam kondisi suhu tinggi dan fluks neutron yang intensip. Merupakan sebuah kapsul berdinding ganda

Harga σ dihitung dengan persamaan 2, dengan M adalah momen maksimum dan S adalah modulus tampang. Modulus ini dihitung dengan membagi momen inersia I dengan jarak sumbu axial ke permukaan bahan c_1 atau c_2

$$\sigma = \frac{M}{S} \tag{2}$$

$$S = \frac{I}{c} \tag{3}$$

Thermohidrolika

Sebagai parameter keselamatan dipergunakan *safety factor* sesuai dengan SAR-MPR-30 hal 4-72¹¹ dengan harga batas keantanan adalah $SF = 1,48$:

$$SF = \frac{\eta}{\eta_c} \tag{4}$$

η adalah parameter pembentakan gelembung diberikan oleh pers. 5, dengan T_{sat} dan T_b masing-masing adalah suhu saturasi dan suhu bulk, v adalah kecepatan aliran dan q'' adalah heat flux.

$$\eta = \frac{[T_{sat} - T_b] v}{q''} \tag{5}$$

Critical heat flux η_c dihitung dengan pers. 6, konstanta-konstanta dalam persamaan tersebut dapat dilihat pada referensi.

$$\eta_c = a + b_1 \cdot v + b_2 \cdot v^2 + b_3 \cdot v^3 + b_4 \cdot v^4 \tag{6}$$

Kecepatan aliran air dihitung berdasarkan penurunan tekanan sepanjang kanal sebesar 0,5 bar. Dalam hal ini digunakan rumus darcy untuk penurunan tekanan di dalam pipa, ekspansi dan kontraksi yang masing-masing disajikan dalam pers 7, 8, 9. Dengan menjumlahkan semua unsur penurunan tekanan diperoleh persamaan penurunan tekanan sebagai fungsi kecepatan aliran.

$$\Delta P_1 = \frac{\rho \cdot K \cdot v^2}{2}; K = 0,5 \rightarrow \Delta P_1 = \frac{\rho \cdot v^2}{4} \tag{7}$$

$$\Delta P_3 = \frac{\rho \cdot K \cdot v^2}{2}; K = 1 \rightarrow \Delta P_3 = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \tag{8}$$

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 = \left[\frac{3 \cdot \rho}{4} + \frac{\rho \cdot f \cdot L}{2 De} \right] v^2 = 0,5 \text{ bar} \tag{9}$$

Sedangkan untuk peninjauan perangkat saat berada di luar teras dipergunakan model seperti gambar 3, dengan data sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram kerapatan beban untuk perhitungan momen perangkat di luar teras.

	Bentuk	Berat	Panjang	Kapat
1. Frequency counter	Box	9 N	0.425 m	21.18 N/m
2. Upper part	U 150x50x5 mm ³	80 N	11.90 m	6.72 N/m
3. Microwave Box	Box	8 N	0.25 m	32.00 N/m
4. Furnace	Pipa pejal	8 N	2.20 m	3.64 N/m

Tungku Iradiasi

Dalam perhitungan ini di ambil asumsi :

1. Produksi panas karena sinar gamma untuk semua jenis bahan 7.5 W/gram
2. Dalam keadaan tunak panas yang diproduksi di dalam tungku iradiasi, baik karena sinar gamma maupun panas dari heater, seluruhnya diambil oleh pendingin.

Data-data yang dipergunakan dalam perhitungan disajikan dalam tabel berikut,

1. Diameter dalam water box	D_1	0.038 m
2. Diameter kapsul	D_2	0.034 m
3. Panjang kanal	L	0.791 m
4. Tekanan inlet	P_i	1.997 bar
5. Penurunan tekanan	dP	0.5 bar
6. Suhu inlet	T_i	40.5 C
7. Penampang water box (Al-Mg)	A	0.004879 m ²
8. Berat Jenis Al-Mg	ρ	2707 kg/m ³
9. Berat test section (SS)	A	4.5 kg

Iterasi juga dilakukan dalam perhitungan suhu dinding T_c . Iterasi ini bertujuan untuk menentukan sifat air (sebagai fungsi suhu bulk T_b) yang sesuai.

Hasil perhitungan disajikan dalam tabel di bawah ini.

1. Produksi panas total	Q	145.8 KW
2. Produksi panas Test Sec.	Q_s	67.5 KW
3. Luas tampang PP	A_s	0.08 m ²
4. Heat flux total	q''	798.9 KW/m ²
5. Flow rate	v	5.3 m/s
6. Mass flow rate	mf	1.2 kg/s
7. Suhu outlet	T_{out}	70.4 °C
8. Suhu permukaan tabung	T_c	102.5 °C
9. Suhu bulk	T_b	79.0 °C
10. Koefisien PP konveksi	h	34.2 MW/m ² .°C
11. Safety Factor	SF	5.4

KESIMPULAN

1. Dari hasil perhitungan diperoleh harga *safety factor* sebesar 944 untuk tegangan pendukung mekanik, dan untuk bagian atas sistem pendukung sebesar 23.1 dan 7.2 masing-masing untuk tekan (permukaan bagian atas) dan tegangan tarik (permukaan bagian bawah). Ketiga harga tersebut cukup jauh diatas harga batas *safety factor* yang biasa dipergunakan yaitu 2.8. Jadi dapat disimpulkan perangkat tersebut cukup aman dari segi mekanik.
2. Harga *safety factor* untuk kanal pendingin diperoleh 5.4 yang jauh diatas batas yang ditetapkan oleh SAR-RSG GAS sebesar 1.54. Jadi sistem pendingin perangkat ini sangat aman.

DAFTAR PUSTAKA

1. Reactor Safety Case, Badan Tenaga Atom Nasional, G.A. Siwabessy, Rev. 7, Chp. 4.