

## ANALISIS TEGANGAN PENGGANTUNG KAPSUL CYRANO

Djaruddin Hasibuan

### ABSTRAK

**ANALISIS TEGANGAN PENGGANTUNG KAPSUL CYRANO.** Didasarkan pada kriteria yang berlaku pada instalasi nuklir, dan untuk melengkapi dokumen fasilitas kapsul cyrano, telah dilakukan analisis tegangan penggantung kapsul tersebut. Penggantung kapsul cyrano yang dipasang overhang pada gelagar pendukung utama jembatan tetap, merupakan gantungan utama seluruh bagian kapsul cyrano dan krangkanya. Dengan penggunaan baja profil W 4 x 13 sebagai penggantung utama kapsul cyrano, tegangan maksimum yang diijinkan akan lebih besar dari tegangan yang timbul. Dari analisis yang dilakukan diperoleh bahwa tegangan ijin maksimum > dari tegangan yang timbul akibat pembebanan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penggantung kapsul cyrano aman terhadap beban yang timbul pada saat pengoperasiannya.

### ABSTRACT

**STRESS ANALYSIS OF CYRANO CAPSULE HANGER.** Base on the requirement criteria on nuclear installation, and to complete the document of the cyrano capsule facility the analysis of the cyrano capsule hanger has been done. The cyrano capsule hanger by the overhang installation on the main support of fixed bridge is a main support of whole of the cyrano capsule and frame. By using W 4 x 13 shave as main hanger of cyrano capsule, the maximum allowable stress was found to be bigger than the actual stress. From the final analysis it can be concluded that the hanger of the cyrano capsule is in safe condition.

### PENDAHULUAN

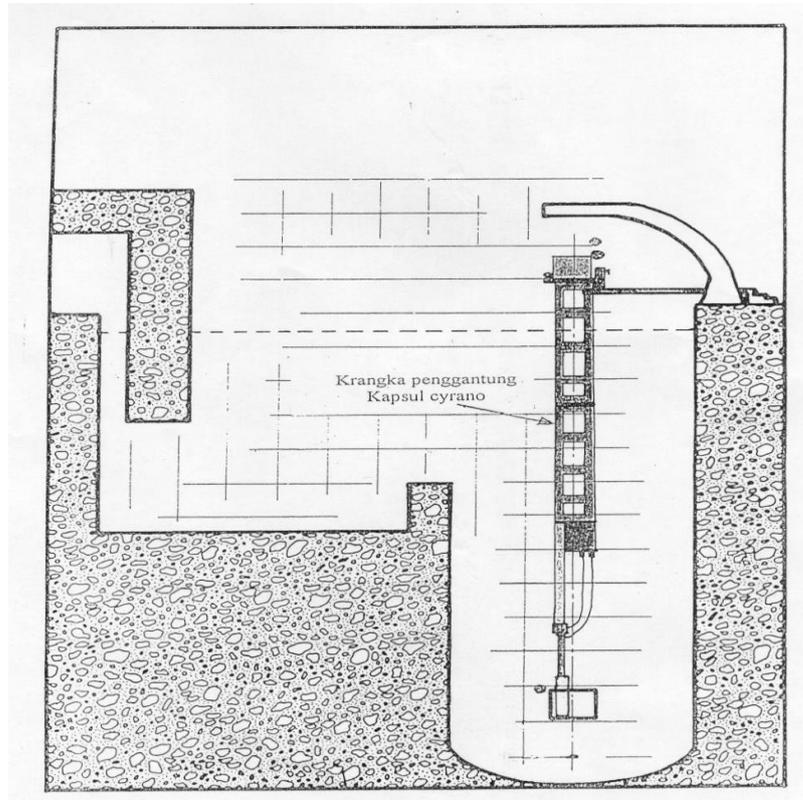
Keterbatasan dokumentasi yang memuat karakteristik penggantung kapsul cyrano, menimbulkan keraguan atas kemampuan penggantung tersebut terhadap beban yang timbul sebagai akibat adanya tarikan oleh aliran air pendingin. Dalam rangka melengkapi laporan analisis keselamatan fasilitas kapsul cyrano, maka perlu dilakukan analisis terhadap kemampuan penggantung kapsul cyrano tersebut sehingga diperoleh keyakinan atas kemampuan terhadap beban yang timbul pada saat dioperasikan. Kapsul cyrano adalah salah satu dari fasilitas eksperimen uji elemen bakar nuklir yang dipasang di dalam kolam reaktor dengan jalan menggantungkan fasilitas tersebut pada jembatan tetap (*fixed bridge*). Mengingat posisi instalasi krangka kapsul cyrano ini sebagian besar berada di dalam air kolam yang bergerak, maka harus dapat diyakinkan bahwa kekuatan penggantung kapsul

mampu mengimbangi beban yang timbul. Untuk mengetahui hal tersebut, dilakukan analisis kemampuan penggantung kapsul cyrano, dengan cara melakukan perhitungan kekuatan terhadap penggantung utama kapsul cyrano tersebut diatas sehingga diketahui karakteristik kemampuan penggantung terhadap beban yang timbul.

### TEORI

Parameter yang dibutuhkan dalam analisis ini adalah parameter dari kolam reaktor itu sendiri, berupa diameter dalam kolam reaktor ( $d_{kr} = 5 \text{ m}$ )<sup>[1]</sup>, luas penampang aliran pada teras reaktor ( $A_t = 0,160 \text{ m}^2$ )<sup>[1]</sup>, kerapatan air pendingin ( $\rho_{air}$ ) pada temperatur ( $40,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ) =  $992,3 \text{ kg/m}^3$ ,  $\mu_{air} = 0,676 \times 10^{-4} \text{ kg.s/m}^2$ <sup>[2]</sup>.

Data lain adalah data konstruksi terpasang kapsul cyrano yang dapat dilihat pada Gambar 1.

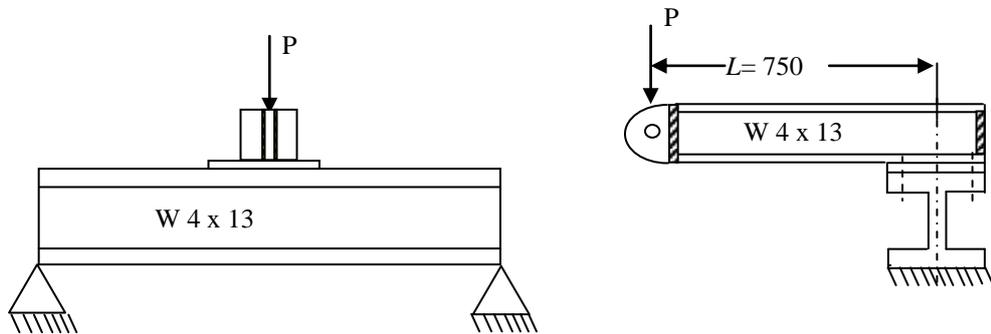


Gambar 1. Gambar konstruksi terpasang kapsul cyrano

Dari hasil pengamatan dilapangan, diketahui bahwa bahan penggantung utama terbuat dari baja profil W 4 x 13, ASTM A36 dengan yield stress ( $F_y$ ) 36 ksi. Untuk bahan ASTM A36, tegangan ijin maksimum (allowable stress) ( $A_s$ ) dihitung dengan menggunakan rumus (1)

$$A_s = 0,60 F_y \dots \dots \dots (1)^{[3]}$$

Sedangkan distribusi pembebanan yang terjadi pada penggantung kapsul dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Distribusi Pembebanan

Beban yang bekerja pada penggantung merupakan beban terpusat yang terdiri dari beban berat penggantung dan kapsul itu sendiri ( $D_w$ ), beban yang timbul sebagai akibat aliran pendingin reaktor ( $D_{Ap}$ ). Untuk mengetahui besarnya beban yang bekerja pada penggantung dan kapsul cyrano digunakan rumus (2)<sup>[3]</sup> berikut:

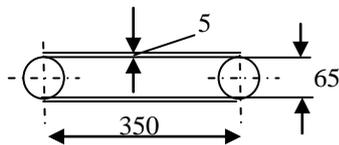
$$D_w = D_{w_p} + D_{w_k} + D_{Ap} \dots \dots \dots (2)$$

dimana  $D_{w_p}$  = berat mati penggantung.

$D_{w_k}$  = berat mati krangka dan kapsul cyrano =  $\pm 100 \text{ kg}^{[2]}$ .

$D_{Ap}$  = beban yang timbul akibat aliran pendingin pada krangka dan kapsul cyrano.

Untuk menentukan besarnya beban yang timbul akibat aliran pendingin ( $D_{Ap}$ ) pada penggantung dihitung dengan memperhatikan Gambar 1 dan Gambar 3



Gambar 3 Penampang krangka

Dengan memperhatikan Gambar 1 dan Gambar 3 di atas, maka beban yang timbul akibat aliran air pendingin pada krangka dan kapsul dapat dibagi menjadi dua bagian:

1. Beban gesek pada pipa krangka utama, dihitung dengan rumus (3) berikut:

$$F_g = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V_2^2}{2g} \dots \dots \dots (3)^{[4]}$$

Dengan  $f$  = koefisien gesek antara air dengan pipa krangka utama, ditentukan dengan menggunakan diagram moody<sup>[streter]</sup>, setelah terlebih dahulu menghitung *Reynold number* dari aliran air pendingin didalam kolam reaktor dengan rumus (4) berikut.

$$R = \frac{V_2 \cdot D}{\nu} \dots \dots \dots (4)^{[4]}$$

dengan  $\nu$  = viscositas air pendingin, dihitung dengan rumus (5)<sup>[4]</sup>.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \dots \dots \dots (5)$$

$\mu$  air pendingin pada temperatur 40°C = 0,676 x 10<sup>-4</sup> kg.s/m<sup>2</sup>

$\rho$  air pendingin pada temperatur 40°C = 992,3 kg/m<sup>3</sup>

$L$  = panjang pipa krangka utama ( $\pm 11 \text{ m}$ )

$D$  = Diameter luar pipa krangka utama (65 mm)

$V_2$  = kecepatan aliran pendingin di dalam kolam reaktor, dihitung dengan menggunakan

rumus (6) berikut:

$$V_2 = \frac{V_1 A_1}{A_2} \dots \dots \dots (6)$$

Dengan

$V_1$  = kecepatan aliran melalui teras reaktor (3,7 m/det)<sup>[sar,vol2]</sup>

$A_1$  = Luas penampang aliran melalui teras reaktor (0,160 m<sup>2</sup>)<sup>[sar,vol2]</sup>

2. Beban akibat tahanan bagian krangka yang tertutup (kotak instrumentasi) terhadap aliran air (*drag force*) dihitung dengan rumus 7<sup>[4]</sup> berikut.

$$F_d = \rho \cdot V \cdot A \dots \dots \dots (7)$$

Dengan  $A$  = luas penampang kotak instrumentasi kapsul cyrano. Sebagai akibat dari pembebanan yang timbul pada ujung penggantung, maka penggantung kapsul cyrano mengalami momen lentur yang dapat dihitung dengan rumus (8)<sup>[5]</sup>

$$M_l = P_{tot} L \dots \dots \dots (8)$$

dengan  $L$  = panjang aktif gelagar penggantung. Tegangan lengkung yang timbul ( $\tau_{lk}$ ) akibat momen lentur yang terjadi dihitung dengan rumus (9)<sup>[3]</sup>.

$$\tau_{lk} = \frac{M_l}{S_{x-x}} \dots \dots \dots (9)$$

dengan  $S_{x-x}$  = *modulus section*

Jika tegangan lengkung yang timbul  $\tau_{lk} \geq \tau_{lk \text{ ijin}}$ , maka konstruksi penggantung aman dalam pengoperasiannya. Dengan menggunakan persamaan (1) s/d (9) maka seluruh permasalahan analisis dapat diselesaikan

## METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan analisis penggantung kapsul cyrano ini dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Penentuan arah dan besar gaya yang bekerja pada penggantung.
2. Pemeriksaan kekuatan.

## TATA KERJA

### 1. Penentuan arah dan besar gaya yang bekerja pada penggantung.

Jenis beban yang timbul pada penggantung kapsul cyrano adalah beban berat dan tarikan air pendingin dengan arah ke bawah sehingga arah kerja gaya selalu menuju ke arah bawah. Mengacu pada gambar konstruksi terpasang dan dengan menggunakan rumus-rumus yang dikemukakan di atas, maka dapat dibuat tabel pembebanan seperti ditunjukkan pada Tabel 1:

**Tabel 1. Pembebanan**

No	Sumber tegangan	Arah tegangan	Besar tegangan (Kgf)
1	Berat mati penggantung	Vertikal ke bawah	19,8
2	Berat krangka dan kapsul	Vertikal ke bawah	100
3	Dorongan +gesekan air pendingin	Vertikal ke bawah	0,008
Beban tital ( $P_{tot}$ )			120,0088 $\cong$ 120

Dari Tabel.1 di atas terlihat bahwa total beban yang timbul pada penggantung kapsul cyrano pada saat dioperasikan adalah  $P_{tot} = 120$  kgf

Sedangkan *allowable stress* ( $A_s$ ) =  $0,6 \times 36 = 21,5$  ksi

Untuk mengantisipasi beban dinamik tak terduga, maka beban yang timbul dikalikan dengan suatu faktor pergandaan ( $k$ ), dimana untuk penggantung yang tergolong *Non Safety Class* harga  $k = 1,33$ , sedangkan untuk penggantung yang tergolong *Safety class*  $k = 1,666$ . Berdasarkan letak dan keterkaitannya dengan pengoperasian reaktor, penggantung kapsul cyrano termasuk dalam kategori *safety class*, oleh karena itu faktor pergandaan  $k$  yang digunakan dalam perhitungan ini adalah  $k = 1,666$ , sehingga beban aktual ( $P_a$ ) yang bekerja pada penggantung adalah  $P_a = 199,2$  kgf, dibulatkan menjadi 200 kgf dengan arah

vertikal kebawah.

## 2. Pemeriksaan kekuatan

Pada konstruksi penggantung kapsul cyrano ini, bagian yang perlu diperiksa kekuatannya adalah bagian yang langsung dikenai beban dan dianggap paling lemah, dalam hal ini adalah :

- Gelagar penggantung utama.
- Sambungan las dudukan gantungan.

### a. Pemeriksaan kekuatan gelagar penggantung utama

Beban yang bekerja pada gelagar penggantung utama adalah beban aktual  $P_a = 200$  kgf. seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 di atas. Bahan gelagar pendukung utama yang digunakan adalah W 4 x 13, dengan spesifikasi teknik seperti terlihat pada tabel 2<sup>[3]</sup> berikut :

Tabel. 2  
Spesifikasi teknik baja profil W 4 x 13.

Bentuk profil	Luas penampang ( $in^2$ )	Berat per feet (lb)	Tinggi profil (in)	Section modulus ( $x-x$ ), ( $in^3$ )
W 4 x 13	3,83	13	4,16	5,46

Besarnya momen lentung yang timbul sebagai akibat dari beban aktual ( $P_a$ ), dihitung dengan menggunakan rumus (8),  $M_p = 12,98$  kip.

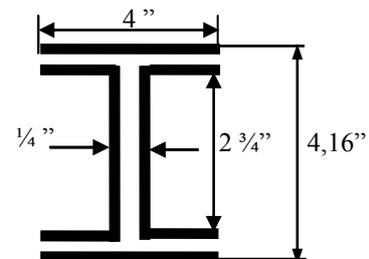
Tegangan lentung yang terjadi pada penggantung dihitung dengan menggunakan rumus (9),  $\tau_{lk} = 2,38$  ksi.

Jika tegangan lentung yang timbul ( $\tau_{lk}$ ) dibandingkan dengan *allowable stress* ( $A_s$ ), diperoleh bahwa  $21,5$  ksi  $\geq 2,8$  ksi, dengan demikian bahan penggantung utama aman terhadap beban yang timbul.

### b. Pemeriksaan kekuatan kampuh las dudukan penggantung.

Sistem sambungan las yang perlu diperiksa kekuatannya adalah sistem sambungan las pada ujung penggantung dimana krangka kapsul

digantungkan. Mengacu pada gambar konstruksi terpasang (terlampir), diperoleh bahwa bentuk penampang kampuh las adalah seperti terlihat pada Gambar 4. berikut :



Gambar 4. Bentuk penampang kampuh las dudukan penggantung tegak.

Dari Gambar 4 di atas diperoleh panjang kampuh las untuk dudukan kupingan penggantung = 21 in. Dari hasil pengukuran yang dilakukan diperoleh lebar kampuh las rata-rata = 3/16 in, maka tinggi kampuh las =  $0,707 \times 3/16 \text{ in} = 0,1325 \text{ in}$ . Berdasarkan Tabel 5.13.2 Allowable resistance of filled welds<sup>[6]</sup>, diperoleh untuk E60 dengan tebal filler metal 1/8 " panjang 1 " *allowable shears stress* = 1,59 kips, maka untuk panjang filler metal 21 inch *allowable shears stress* = 33,39 kips. Beban aktual yang timbul ( $P_a$ ) = 200 kgf = 440 lbs, jika dibandingkan besarnya beban aktual yang timbul dengan beban ijin maksimum pada kampuh las 33,39 > 0,440 kips hal ini berarti bahwa kampuh las aman terhadap beban yang timbul.

## PEMBAHASAN

Besarnya beban lengkung yang terjadi pada profil pendukung utama = 2, 8 kips kips < dari beban ijin maksimum 21,5 ksi, hal ini berarti bahwa profil penggantung utama yang terbuat dari baja profil W 4 x aman terhadap beban lengkung

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonimous, Safety Analisis Report Vol 1, copy 8, Multipurpose Research Reactor G.A. Siwabessy, Badan Tenaga Atom Nasional, Jakarta 1989
2. KAMINAGA, Coled Neutron, a computer code for the analisis of steady state thermal hydraulic in plate type research reactor.
3. Anonimous, Manual of Steel Construction, Allowable Stress Design, ninth edition, chicago 1992.
4. VICTOR L. STREETER, E. BENJAMIN WYLIE, Fluid Mechanics, seventh edition, McGraw-Hill Book Company, New York 1979.
5. S.TIMOSHENKO, STRENGTH OF MATERIAL, D.Van Nostrad Company Inc New York 1966.
6. Charles. G. Salmon and John .E. Johnson, Steel Structures, Design and Behavior, second edition.

## DISKUSI

**Pertanyaan** (Pudjijanto MS.)

Mengapa anda dalam perhitungan disain menggunakan satuan Britis dan buku SI ?

**Jawaban** (Dj. Hasibuan)

Karena kurangnya buku-buku acuan yang tersedia dalam satuan SI. Sedangkan acuan dalam satuan British tersedia banyak misalnya : ASTM, ASME dan buku-buku lain yang penulisnya dari Amerika.

yang timbul. Beban geser yang timbul pada sambungan las kupingan gantungan (0,440 kips < dari beban ijin maksimum yang diijinkan 33,39 kips pada kampuh las, maka penggunaan sambungan las dengan ketebalan 0,1325 aman terhadap beban geser yang timbul

## KESIMPULAN

Dengan selesainya analisis ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Tegangan ijin maksimum lebih kecil daripada tegangan yang timbul, hal ini berarti bahwa konstruksi penggantung kapsul cyrano aman terhadap pembebanan yang terjadi.
2. Keyakinan akan kemampuan pengantung kapsul cyrano yang didasarkan pada hasil analisis dapat menghilangkan keraguan atas keselamatan reaktor serta peralatan-peralatan lain yang ada di dalam kolam reaktor.

