

## RANCANGAN ALAT UJI KEBOCORAN KAPSUL FPM DI REAKTOR SERBA GUNA G.A. SIWABESSY

Djaruddin Hasibuan

### ABSTRAK

**RANCANGAN ALAT UJI KEBOCORAN KAPSUL FPM DI REAKTOR SERBA GUNA G.A. SIWABESSY.** Untuk menghindari terjadinya kebocoran kapsul iradiasi FPM sebelum di iradiasi maka perlu dilakukan berbagai pengujian yang dapat memastikan kondisi kapsul dalam keadaan baik. Salah satu pengujian yang harus dilakukan adalah pengujian kebocoran kapsul dengan metode uji celup tekan. Agar pengujian kebocoran kapsul dengan metode ini dapat dilakukan, maka telah dilakukan perancangan alat uji kebocoran kapsul FPM di Pusbang Teknologi Reaktor Riset. Dengan rancangan tersebut, kondisi kapsul dapat dipastikan tidak mengalami kebocoran dan siap untuk diiradiasi. Dari hasil analisis yang dilakukan, diperoleh bahwa rancangan alat uji kebocoran yang diajukan mampu terhadap tegangan yang timbul pada saat pengoperasiannya. Untuk merealisasikan rancangan tersebut dibutuhkan satu potong pipa SS304 dengan diameter 6 inci Schedule 40, satu unit regulator yang dilengkapi alat pengukur tekanan, 3 lembar plat SS304 dengan ukuran 300 x 300 x 10 mm. Dengan rancangan alat uji kebocoran kapsul FPM ini diharapkan proses iradiasi kapsul FPM dapat dilakukan dengan baik.

Kata kunci: Kebocoran, kapsul.

### ABSTRACT

**DESIGN OF "LEAKAGE TEST APPARATUS OF FPM CAPSULE INMULTY PURPOSE REACTOR G.A. SIWABESSY.** To protect the leakage even of the irradiation FPM capsule before irradiated, some examination which can assured the capsule in good condition is needed. Once of the useful examination methode is pressure submerged testing method. In order that the leakage examination by this method can be done, the design of leakage test apparatus of FPM capsule in "Centre For Development of Research Reactor Technology" has been done. By the design propose, the capsule condition can be assure without leakage and ready to irradiated. By the calculation and analysis performed, the design of "Leakage Test apparatus of FPM capsule" proposed was capable to resist of the stresses during operation. For realizing the design, of a units of "Leakage test apparatus of FPM capsule" needs a peace SS 304 pipe sch 40 by 6" in diameter, a unit of regulator copleted with pressure gage, 3 peaces of SS 304 plate by 300 x 300 x 10 mm in dimension. By the "leakage test apparatus of FPM capsule" design, irradiation processes of FPM capsule can be done without worrying of capsule leakage ensure.

Key words: Leakage, capsule.

### I. PENDAHULUAN

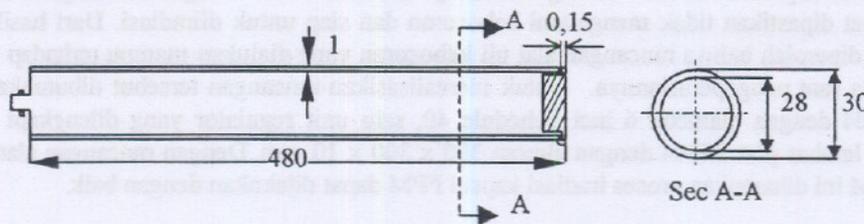
Kegiatan iradiasi kapsul FPM adalah salah satu kegiatan rutin yang dilaksanakan di Reaktor Serba Guna Serpong. Setelah berlangsung sebanyak 227 kali proses iradiasi yang dilaksanakan berlangsung tanpa gangguan yang berarti, pada proses iradiasi yang ke 228, tanggal 29 September 2000, telah terjadi gangguan yang menyebabkan rusaknya kapsul iradiasi FPM di dalam teras reaktor. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, kerusakan pada kapsul FPM tersebut disebabkan

oleh adanya kebocoran pada kapsul. Salah satu usaha untuk menghindari kejadian serupa maka perlu dilakukan pengujian kebocoran pada setiap kapsul yang akan diiradiasi. Oleh karena itu diperlukan suatu peralatan alat uji kebocoran yang dapat memastikan bahwa kapsul yang dimasukkan kedalam teras reaktor tidak dalam keadaan bocor. Peralatan uji kebocoran ini merupakan sebuah tabung tekan yang dilengkapi dengan penutup yang dapat dibuka pada saat memasukkan kapsul iradiasi FPM dan dapat ditutup dengan rapat pada saat pengujian dilakukan. Selain penutup yang

diuraikan diatas, peralatan pengujian kebocoran ini juga dilengkapi dengan sebuah pentil pengisian dan pengeluaran udara serta seperangkat peralatan regulator yang dapat digunakan untuk mengatur tekanan udara di dalam tabung. Agar proses pengujian kebocoran kapsul iradiasi FPM ini dapat terlaksana dengan baik, maka dilakukan perancangan dan pembuatan "Alat uji kebocoran kapsul iradiasi FPM di P2TRR. Diharapkan peralatan uji kebocoran kapsul iradiasi FPM yang dibuat, peristiwa kerusakan kapsul didalam teras reaktor pada saat diiradiasi dapat dihindarkan.

II. TEORI

Parameter yang dibutuhkan dalam perancangan ini adalah parameter dari kapsul itu sendiri berupa bentuk dan dimensinya yang ditunjukkan pada Gambar (1).



Gambar 1. Bentuk kapsul

Bahan kapsul yang digunakan adalah SS 304, sebelum diiradiasi kapsul iradiasi FPM terlebih dahulu diisi dengan gas Helium murni yang berfungsi sebagai bahan isolator dan sebagai bahan pendingin. Untuk mendapatkan kemurnian gas He di dalam kapsul, pengisian dilakukan 3 kali secara berulang dengan (tekanan 3 x 9 psi)<sup>[1]</sup>, hal ini berarti bahwa tekanan dalam kapsul ( $P_{ik}$ ) = 9 psi = 0,6122 bar dan tekanan luar yang bekerja pada kapsul ( $P_{ok}$ ), dihitung dengan persamaan (1) berikut.

$$P_{ok} = P_a - P_{ik} \text{ psi, .....(1)}$$

Dengan

$P_a$  = tekanan udara luar (atmosfer) = 14,7 psi

Dengan perbedaan tekanan ini kapsul mengalami desakan dari luar menuju ke dalam kapsul sebesar ( $P_{ok}$ ) psi.

Sebelum diiradiasi, kapsul dimasukkan ke dalam posisi iradiasi (posisi E-7), dan diparkir selama ± 8 jam. Pada saat diparkir, kapsul menerima beban tambahan berupa tekanan kolom air yang besarnya dihitung dengan persamaan (2) berikut.

$$P_{Ha} = H/10,03 \text{ bar .....(2)}$$

$H$  = ketinggian kolom air di atas kapsul = 12,5 m.

Tekanan total yang bekerja pada kapsul sebelum diiradiasi ( $P_{ktot}$ ) dihitung dengan persamaan (3) berikut.

$$P_{ktot} = P_{ok} + P_{Ha} \text{ .....(3)}$$

Dalam melakukan pengujian kebocoran kapsul iradiasi FPM ini, kapsul dimasukkan ke dalam tabung uji yang berisi air, sedangkan pada bagian atas diisi udara yang berfungsi sebagai medium pengatur tekanan. Agar kebocoran kapsul dapat terdeteksi dengan cepat, tekanan udara yang diberikan direncanakan lebih besar dari tekanan total yang diterima kapsul, dalam hal ini tekanan yang timbul pada tabung ( $P_{ktab}$ ) ditentukan dengan persamaan (4).

$$P_{ktab} = (P_{ktot} + 1atm) \text{ .....(4)}$$

Dalam perancangan ini tebal tabung yang diperlukan dihitung dengan persamaan (5) berikut.

$$t = M \left( \frac{P \cdot D}{2 \cdot S} + C \right) \text{ .....(5)}$$

dimana:

M = Toleransi pembuatan  
= 1, 125 untuk pipa baja.  
t = tebal pipa  
p = tekanan yang direncanakan ( $P_{tab}$ )

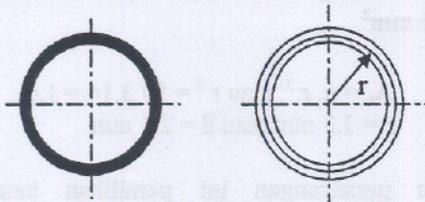
D = diameter luar pipa.  
S = tegangan maksimum yang diijinkan untuk pipa SS 304.  
Harga S dapat dilihat pada Tabel 1<sup>[2]</sup>.

Tabel 1. Tegangan ijin maksimum SS 304

Suhu (°F)	-20 ÷ 100	200	300	400	500	600	650	700	750	800
Teg. ijin (psi)	18750	16650	15000	13650	12500	11600	11200	10800	10400	10000

C = Faktor pembangkitan karat yang diijinkan.  
= 0,05 in untuk pipa berdiameter ≤ 1 in dan 0,065 untuk pipa berdiameter di atas 1 in.

Sedangkan untuk mewujudkan bentuk konstruksi yang sesuai dengan alat uji kebocoran kapsul iradiasi FPM, ini digunakan sistem penyambungan las dan baut mur. Untuk bahan pipa SS-304 bahan kawat las yang digunakan adalah sama dengan bahan yang akan disambung yaitu SS-304, dilakukan dengan proses "Gas Metal Arc Welding" (GMAW). Bentuk konstruksi kampuh las yang digunakan disesuaikan dengan bentuk bahan yang disambungkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 berikut



Gambar 2. Bentuk kampuh las

Panjang kampuh las dihitung dengan persamaan (6)

$$S = 2\pi r \dots\dots\dots(6)$$

Dengan  
 $r = D_o / 2$

Data-data lain yang masih dibutuhkan dalam perancangan ini adalah jumlah kapsul FPM yang akan diuji bocor, yang disesuaikan dengan kemampuan fasilitas iradiasi yang tersedia yaitu memuat minimum tiga kapsul iradiasi dalam satu kali proses iradiasi.

### III. METODE PERANCANGAN

Dalam melakukan perancangan alat uji kebocoran ini dilakukan tahapan-tahapan sebagai berikut:

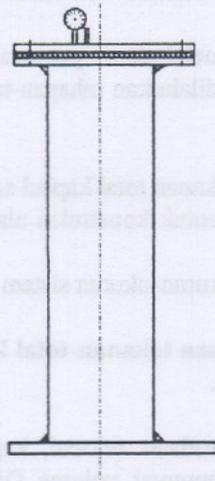
1. Penentuan tekanan total kapsul sebelum iradiasi.
2. Penentuan bentuk konstruksi alat uji kebocoran kapsul.
3. Penentuan ukuran-ukuran sistem sambungan.

#### III-1 Penentuan tekanan total kapsul sebelum iradiasi.

Dalam keadaan normal, kapsul yang siap diiradiasi mempunyai volume ( $V$ ) = 18 inci<sup>3</sup> = 295,5 cm<sup>3</sup>, tekanan dalam kapsul ( $P_{ik}$ ) = 9 psi dan suhu sebelum diiradiasi ( $T_1$ ) = suhu udara bebas di dalam gedung reaktor = 68°F = 20°C. Sebelum proses iradiasi kapsul diparkir diposisi E-7, kapsul mengalami beban tambahan berupa tekanan kolom air yang besarnya ditentukan dengan menggunakan persamaan (2), diperoleh ( $P_{H_2O}$ ) = 1,146 bar = 16,85 psi. Beban total yang diterima kapsul di posisi parkir sebelum proses iradiasi, dihitung dengan menggunakan persamaan (3),  $P_{ktot} = 22,55$  psi, dengan arah gaya menuju ke dalam kapsul. Tekanan kerja tabung kapsul ( $P_{ktab}$ ) dihitung dengan persamaan (4), diperoleh  $P_{ktab} = 37,25$  psi. Untuk dapat menampung minimum 3 kapsul, dalam perancangan ini direncanakan menggunakan pipa SS 304 dengan diameter nominal  $D = 6$  inci. Tebal pipa ditentukan dengan persamaan (5), diperoleh  $t = 0,07$  inci. Untuk menyesuaikan dengan pipa SS 304 yang ada di pasaran dipilih pipa SS 304, diameter nominal 6 inci, sch 40, dengan ketebalan  $t=0,280$  inci.

### III-2 PENENTUAN BENTUK KONSTRUKSI ALAT UJI KEBOCORAN KAPSUL.

Bentuk alat uji kebocoran ditentukan berdasarkan dimensi dari kapsul iradiasi FPM itu sendiri, dimana pada saat pengujian kebocoran dilakukan, seluruh kapsul harus terbenam di dalam air. Sedangkan pada bagian atas air diisi udara yang berfungsi sebagai medium penekan pada saat pengujian berlangsung. Bentuk konstruksi alat uji tersebut ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Bentuk alat uji kebocoran kapsul iradiasi FPM

### III. 3 Penentuan ukuran-ukuran sistem sambungan

Mengacu pada Gambar 2 di atas, sistem sambungan yang digunakan pada perancangan alat uji kebocoran kapsul iradiasi FPM ini adalah sistem sambungan las dan baut mur. Dalam pengoperasian alat uji kebocoran tersebut di atas kedua sistem sambungan ini harus mampu terhadap tegangan yang timbul. Besarnya gaya tarik yang timbul pada kedudukan maupun tutup adalah

$$F = P_{\text{tab}} \times A,$$

Dimana

$$A = \pi \cdot r^2 = 3,14 \times (6,065)^2 = 115,5 \text{ in}^2.$$

$$F = 37,25 \text{ lb/in}^2 \times 115,5 \text{ in}^2 = 4302,375 \text{ lb}$$

#### III.3.a . Sistem sambungan las

Luas penampang kampuh las ( $A$ ) =  $2 \pi \cdot r \cdot a$ , dengan  $a$  = tebal kampuh las.

Supaya konstruksi aman harus dipenuhi persamaan berikut.

$$\bar{\sigma} \geq \sigma, \text{ dimana } \bar{\sigma} = 18750 \text{ psi}$$

$$\text{Sehingga } 18750 \geq \frac{4302,375}{2,3,14,3,3225 \cdot a} \text{ atau}$$

$$a \geq \frac{4302,375}{2,3,14,3,3225 \cdot 18750} = 0,01 \text{ inchi}$$

Mengacu pada standar pengelasan yang sudah mapan (AWS), tebal kampuh las minimum  $a = 1/8$  inchi, oleh karena itu dalam perancangan ini dipilih  $a = 1/8$  inchi.

#### III.3.b . Sistem sambungan baut mur

Dalam menjamin pemerataan tekanan kunci pada sambungan tutup dan badan tabung, direncanakan menggunakan 8 buah baut mur pada sekeliling tabung. Besar gaya yang bekerja pada tutup  $F = 4302,375 \text{ lb}$ , maka untuk satu baut mur bekerja gaya sebesar  $F' = 538 \text{ lb}$ . Untuk menahan gaya  $F'$  dipilih baut mur dari tipe "Hexagon set bolt-nut" (DIN 933) A4 - 70, produksi HILTI<sup>[3]</sup>, bahan stainless Steel, dengan Ultimate Tensile Strength (UTS) =  $500 \text{ N/mm}^2 = 51 \text{ kg/mm}^2 = 112,2 \text{ lb/mm}^2$ . Luas penampang batang baut yang dibutuhkan ( $A_b$ ) =  $538/112,2 = 4,749 \text{ mm}^2$ , diambil  $A_b = 5 \text{ mm}^2$ .

$$A_b = \pi \cdot r^2 \text{ atau } r^2 = 5 / 3,14 = 1,6$$

$$r = 1,3 \text{ mm atau } d = 2,6 \text{ mm}$$

Dalam perancangan ini pemilihan baut-mur didasarkan pada standar dan keadaan penggunaan. Dimana kebutuhan baut harus lebih panjang dari ketebalan bagian yang diikat, oleh karena itu dipilih penggunaan baut - mur dengan  $d = 8 \text{ mm}$  dengan panjang  $L = 35 \text{ mm}$ , sesuai dengan ketebalan bagian yang diikat.

### IV. Cara kerja alat uji kebocoran kapsul iradiasi FPM

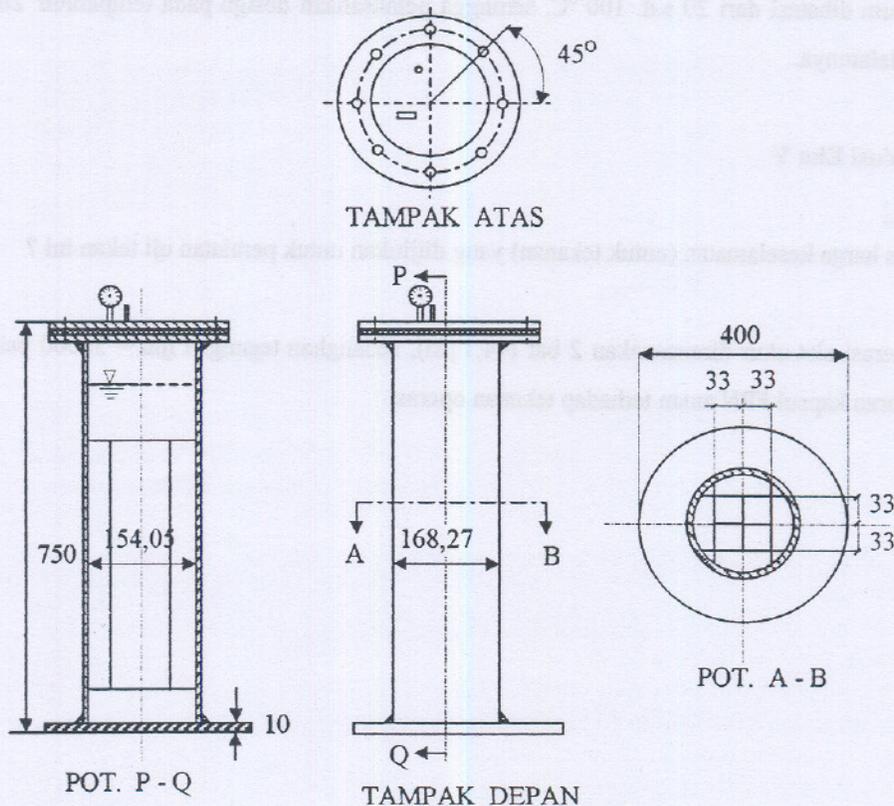
Untuk melakukan pengujian kebocoran kapsul iradiasi FPM dilakukan tahapan-tahapan pengujian sebagai berikut.

- 1). Bersihkan bagian dalam tabung uji dengan cara melakukan pencucian dengan acetone.
- 2). Isi air bersih kedalam tabung uji hingga mencapai batas yang ditentukan (kedalaman  $\pm 60 \text{ cm}$  dari dasar).

- 3). Masukkan kapsul iradiasi yang akan diuji kedalam tabung uji hingga seluruhnya terbenam.
- 4). Tutup alat uji kebocoran dengan penutup yang tersedia dengan cara mengencangkan baut-mur pengikat.
- 5). Melalui pentil udara naikkkan tekanan dalam tabung hingga mencapai 37,25 psi.
- 6). Biarkan selama 8 jam dengan tekanan 37,25 psi.
- 7). Keluarkan kapsul iradiasi FPM dari dalam dengan cara membuka penutup.
- 8). Dengan perlahan kucek kapsul iradiasi tewrsebut dengan tangan sambil dengarkan apakah ada bunyi air yang bergoyang didalam kapsul tersebut
- 9). Jika ada bunyi, berarti air ada yang masuk ke dalam kapsul, iradiasi dibatalkan.
- 10). Jika tidak terdengar ada bunyi, maka kapsul tersebut tidak mengalami kebocoran dan siap diiradiasi.

## V. HASIL

Dengan berpedoman pada uraian-uraian tersebut di atas, maka rancangan alat uji kebocoran kapsul iradiasi FPM ini, diwujudkan dalam bentuk gambar desain seperti diperlihatkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Konstruksi alat uji kebocoran kapsul iradiasi FPM

## VI. KESIMPULAN

Dari perancangan alat uji kebocoran kapsul iradiasi FPM yang telah dilakukan diperoleh bahwa alat tersebut bekerja pada tekanan yang

lebih besar dari tekanan operasi kapsul iradiasi FPM. Bentuknya bersifat sederhana, sehingga dapat dibuat di bengkel RSG-GAS. Dari hasil perancangan ini diharapkan kebocoran kapsul iradiasi FPM dapat diketahui lebih dini.

**VI. Daftar Pustaka**

1. Anonimous, Sertifikat Analisis Dan Spesifikasi Kapsul Uranium, No FPMr Kapsul: U-263.
2. HOWARD. F. RASE and JAMES. R. Holmes, Piping Design for Proses Plants, John Wiley and sons, New York
3. Anonimous, HILTI, Aplication and products 1991/1992

**Penanya : AT. Sitompul**

Pertanyaan :

Apakah faktor temperatur dan tekanan dalam kapsul tidak berpengaruh pada pengujian kapsul ini ?

Jawaban :

Faktor temperatur tidak diperhitungkan, karena alat bekerja pada temperatur kamar, sement ara tegangan ijin maksimum dibatasi dari 20 s.d. 100 °C, sehingga pelaksanaan design pada temperatur 28°C sudah tercover di dalamnya.

**Penanya : Yusi Eko Y**

Pertanyaan :

Berapa batas harga keselamatan (untuk tekanan) yang diijinkan untuk peralatan uji tekan ini ?

Jawaban :

Tekanan operasi alat ukur direncanakan 2 bar (44,1 psi), sedangkan tegangan ijin = 36000 psi, jadi alat ukur kebocoran kapsul FPN aman terhadap tekanan operasi

