



RANCANG BANGUN UNTAI UJI SISTEM KENDALI REAKTOR RISET KAPASITAS 1 KW

Puji Santosa¹, Suwardiyono², Tukiman³

^{1,2,3} Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir, Kawasan PUSPIPTEK Serpong, Gedung 71, Tangerang Selatan, 15310

ABSTRAK

RANCANG BANGUN UNTAI UJI SISTEM KENDALI REAKTOR RISET KAPASITAS 1 kW. Telah dilakukan kegiatan menyusun proses uji untai kendali reaktor riset, neraca massa dan panas, menghitung sistem pemipaan, proses kerja uji untai ini yang merupakan miniatur untuk mempelajari proses pendinginan primer dan sekunder sebuah reaktor riset. Proses ini mengacu pada prinsip kerja reaktor yang sudah ada di kawasan Puspiptek Serpong yaitu Reaktor Serba Guna GA Siwabessy. Uji untai kendali reaktor riset ini merupakan uji pendinginan teras pasif dan uji pemindahan panas teras reaktor, merupakan uji efek terpisah yang berhubungan pembuangan panas pasif dari teras reaktor, disamping itu uji ini perlu untuk membangun sebuah reaktor riset maupun daya. Untuk kegiatan menyusun neraca massa dan panas uji untai kendali reaktor riset, didasarkan asumsi bahwa kapasitas uji untai kendali reaktor riset sebesar 1 kW, dari kapasitas ini didapat bahwa kapasitas uji untai ini sebesar 431 liter per jam, Untuk sistem penukar panas kapasitas sebesar 1 kW, dengan jumlah 2 buah dengan kapasitas beban operasional sebesar 50%. Decay tank kapasitasnya 6 liter (6000 cm³). Untuk dimensi tangki simulasi berdiameter 0,950 meter, Tinggi tangki = 1,217 meter, tebal tangki = 0,248 mm, tebal tutup bawah = 0,745 mm, material = SS 304.

Kata kunci : Untai Uji, Kendali, Reactor riset

ABSTRACT

DESIGN OF RESEARCH REACTOR LOOP CONTROL CAPACITY 1 kW. Arrange activities have been carried out test process control strand of research reactors, mass and heat balance, calculate piping system, the working process of this test which is a miniature to study the primary and secondary cooling process of a research reactor, this process refers to the working principle of the existing reactors at Serpong Puspiptek region namely GA Siwabessy. This miniature is a test of the passive core cooling and heat transfer test reactor core, is a separate test-related effect of passive heat removal from the reactor core, besides that this test is necessary to build a reactor research and resources. To account for the activities of mass and heat control strand test research reactor, based on the assumption that the capacity of the control strand test research reactor at 1 kW, the capacity is obtained that this strand test capacity of 431 liters per hour. For heat exchanger system capacity of 1 kW, with the number 2 pieces with a capacity of operating expenses by 50%. Decay tank capacity of 6 liters (6000 cm³). For the dimensions of the tank simulation is the diameter tank is 0.950 meters, Height tank = 1.217 meters, thick tank = 0.248 mm, bottom plate thick = 0.745 mm, material = SS 304.

Keywords : loop, control, research reactor

1. PENDAHULUAN

Persiapan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir sebagai salah satu alternatif mengatasi krisis energi di Indonesia memerlukan penguasaan teknologi desain reaktor nuklir. Dalam rangka penguasaan teknologi reaktor saat ini BATAN, sebagai satu-satunya institusi yang mengembangkan teknologi nuklir di Indonesia, telah mengoperasikan tiga reaktor riset. Ketiga reaktor penelitian tersebut sudah cukup tua dan didesain oleh pihak asing, oleh karena itu pada



masa mendatang dibutuhkan penguasaan teknologi desain reaktor nuklir. Penguasaan desain reaktor riset meliputi berbagai bidang seperti fisika teras, tehermohidrolik dan sistem kendali. Pengendalian sistem reaktor nuklir sangatlah unik karena karakteristik reaktor nuklir sangat kompleks dan harus mengantisipasi potensi bahaya radiasi. Dalam rangka penguasaan sistem kendali reaktor dibutuhkan sebuah untai uji yang merupakan miniatur sistem pendingin dan teras reaktor riset. Diharapkan dengan tersedianya sebuah untai uji sistem reaktor nuklir, dapat membantu penelitian bidang pengendalian sistem kompleks seperti PLTN dan reaktor riset inovatif. Meskipun untai uji ini dalam skala yang kecil, namun perancangannya harus memenuhi kaidah-kaidah engineering yang baku. Desain mekanik pemipaan, pemilihan jenis pompa, katup dan penempatan sensor membutuhkan perhitungan dan mengikuti standar yang digunakan dalam industri saat ini. Metode perancangan dilakukan dengan cara membuat kriteria desain dan melanjutkannya dengan desain rinci sistem mekanik dan perpipaan untai uji sistem kendali reaktor riset. Hasil yang diperoleh berupa dokumen desain rinci untai uji reaktor riset yang memuat diagram alir proses, deskripsi proses, daftar spesifikasi peralatan, diagram proses dan instrumentasi. Dokumen desain diharapkan siap digunakan untuk dibuat dan dimanfaatkan untuk dibangun dan digunakan untuk pengembangan sistem kendali reactor riset.

2. TEORI

Rancang bangun untai uji sistem kendali reaktor riset adalah proses desain miniatur untai sistem pengambilan panas pada reaktor riset yang akan digunakan untuk pengembangan sistem instrumentasi dan kendali reaktor nuklir. Proses desain ini meliputi penetapan desain dasar dan desain rinci untai uji dalam bentuk dokumen desain berupa dokumen desain rinci yang memuat diagram alir proses, deskripsi proses, daftar spesifikasi peralatan dan diagram proses dan instrumentasi, gambar rinci dan tata letak sistem pemipaan dan peralatan yang digunakan.

Acuan desain yang digunakan adalah penyederhanaan dari sistem pendingin RSG-GAS. Desain mekanik dan pemipaan disesuaikan dengan kebutuhan teknologi terkini pada sistem instrumentasi dan kendali yang akan dikembangkan.

Uji Untai Kendali Reaktor Riset, merupakan uji efek terpisah yang berhubungan pembuangan panas pasif dari teras reaktor, disamping itu uji ini perlu untuk membangun sebuah reaktor riset maupun daya. Uji efek terpisah dilaksanakan untuk melihat distribusi air dan pembentukan film, kondensasi pada berbagai permukaan pengungku dalam dan data perpindahan panas pada pengungku baik pada kondisi basah maupun kondisi kering. Uji ini juga dilakukan untuk menggambarkan kestabilan water film dari pengaruh hampasan angin pada permukaan luar pengungku (1). Untuk Uji untai kendali reaktor riset ini mengacu pada reaktor serbaguna RSG GAS Serpong. Sistem uji untai kendali reaktor riset ini terdiri dari 2 sistem yaitu sistem pendingin primer dan sekunder. sistem pendingin primer merupakan loop sistem dari tangki simulasi teras reaktor ke sistem penukar panas, sedangkan sistem pendingin sekunder rangkaian pengambilan panas dari alat penukar panas ke sistem *cooling tower*. dalam kegiatan ini kita akan melakukan kegiatan rancang bangun tangki simulasi teras reaktor, alat penukar panas, sistem menara pendingin (11).

3. METODE DAN RANCANGAN

Kegiatan penelitian ini difokuskan pada aspek rancang bangun untuk mengetahui dan menentukan spesifikasi peralatan yang digunakan untuk rangkaian sistem untai uji sistem kendali reaktor riset yang merupakan sistem pengambilan panas dari teras reaktor riset. Adapun rancangan riset sebagai berikut:

1. Menyusun sistem diagram alir proses untai uji sistem kendali reaktor riset yang merupakan rangkaian sistem pengambilan panas dari teras reaktor
2. Penyiapan dan penentuan neraca massa dan panas sistem diagram alir proses untai uji sistem kendali reaktor riset yang merupakan rangkaian sistem pengambilan panas dari teras reaktor.
3. Penentuan dan perhitungan peralatan yang meliputi :



- a. Perhitungan sistem alat penukar panas
- b. Perhitungan sistem kamar penunda
- c. Perhitungan sistem tangki simulasi teras reaktor
- d. Penyusunan spesifikasi peralatan

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam rancang bangun ini dilakukan perhitungan neraca massa dan panas dengan mengambil asumsi kapasitas 1kW, perhitungan peralatan proses utama yaitu : tangki simulasi teras reaktor, alat penukar panas, perhitungan sistem *cooling tower*, serta *consepstual plant lay out*.

4.1 Neraca Massa dan panas

Tabel.1. Neraca massa sistem pendingin primer uji untai kendali reaktor riset.
Basis perhitungan 1 jam , diasumsikan kehilangan air dianggap nol

No	Keterangan	Masuk	Keluar
1	Tangki Simulasi teras reaktor	431 Kg	431 kg
2	Tangki Tunda (<i>delay chamber</i>)	431 Kg	431 kg
3	Alat Penukar panas	431 Kg	431 kg

Tabel.2. Neraca Massa sistem pendingin sekunder

No	Keterangan	Masuk	Keluar
1	Menara pendingin (<i>cooling tower</i>)	172 kg	172 kg

Tabel.3. Neraca Panas sistem pendingin primer
Basis perhitungan 1 jam , diasumsikan kehilangan panas dianggap nol

No	Keterangan	Masuk	Keluar
1	Tangki Simulasi teras reaktor	1 kW (862 kCal)	1 kW (862 kCal)
2	Tangki Tunda (<i>delay chamber</i>)	1 kW (862 kCal)	1 kW (862 kCal)
3	Alat Penukar panas	1 kW (862 kCal)	1 kW (862 kCal)

Tabel.4. Neraca panas sistem pendingin sekunder
Basis perhitungan 1 jam , diasumsikan kehilangan panas dianggap nol

No	Keterangan	Masuk	Keluar
1	<i>cooling tower</i>	1 kW (862 kCal)	1 kW (862 kCal)



4.2. Spesifikasi Peralatan Uji Untai Kendali Reaktor Riset

Tabel.5. Spesifikasi Tangki Simulasi Teras Reaktor Riset (T-101)

1.	Fungsi	:	Membangkitkan panas sebagai simulasi panas yang diambil dari reaktor riset
2.	jumlah	:	1 unit
3.	Tekanan	:	Atmosfer
4.	Suhu desain	:	60 °C
5.	Kapasitas	:	0,862 m ³
6.	Bahan	:	<i>Stainless steel 304</i>
7.	Tebal plat	:	3 mm
8.	Diameter luar	:	956 mm
9.	Tinggi	:	1.582 mm
10.	Isolasi	:	<i>Silica board</i> , tebal 50 mm
11.	Jaket isolasi	:	Plat aluminium, tebal 0,2 mm
12.	Suhu inlet tangki simulasi teras (suhu udara luar 28 °C)	:	40 °C
13.	Suhu outlet tangki simulasi teras	:	42 °C
14.	Tipe heater yang digunakan	:	<i>Immertion heater</i> 1 kW, material SS 304 atau setara



Tabel.6. Spesifikasi . *Delay chamber* (T-102)

1.	Fungsi	:	sebagai ruangan tunda sesuai didalam reaktor riset
2.	Jumlah	:	1 buah
3.	Tekanan	:	2 bar
4.	Suhu desain	:	60 °C
5.	Kapasitas	:	0,009 m ³
6.	Bahan	:	Stainless steel 304
7.	Tebal plat	:	3 mm
8.	Lebar (sisi dalam)	:	100 mm
9.	Tinggi (sisi dalam)	:	100 mm
10.	Panjang (sisi dalam)	:	2 x 500 mm (2 <i>baffle</i> sistem)

Tabel.7. Spesifikasi Heat Exacher E -201 A/B

1.	Fungsi	:	Menurunkan panas dari fluida pendingin tangki reaktor riset simulasi
2.	jumlah	:	2 unit
3.	Kapasitas operasi	:	50%
4.	sistem operasi	:	2 dari 2
5.	Tekanan desain	:	9 bar
6.	Suhu desain	:	60 °C
7.	Tingkat kerapatan seal	:	10 ⁻³ mbar l/detik
8.	Jumlah penukar panas	:	2 x 50%
9.	Tipe	:	<i>Shell and tube</i>
10.	Material	:	<i>Stainless steel 304</i>
11.	Kapasitas tiap penukar panas	:	7205,2856 kJ/h



12.	Suhu inlet pendingin primer	:	40 °C
13.	Suhu outlet pendingin primer	:	42 °C
14.	Laju alir massa primer tiap penukar panas	:	215,5 kg/jam
15.	Suhu inlet pendingin sekunder	:	32 °C
16.	Suhu outlet pendingin sekunder	:	40 °C
17.	Laju alir massa sekunder tiap penukar panas	:	172 kg/jam
18.	Tekanan operasi inlet primer	:	1,4 bar
19.	Tekanan operasi outlet primer	:	0,9 bar
20.	Tekanan operasi inlet sekunder	:	0,4 bar
21.	Tekanan operasi outlet sekunder	:	0,0 bar
22.	Rugi tekanan pada sisi <i>shell</i> primer	:	0,5 bar
23.	Rugi tekanan pada sisi pipa-pipa sekunder	:	0,4 bar
24.	Luas perpindahan panas	:	151407,3 mm ²
25.	Dimensi <i>tube</i>	:	12,7 mm
26.	Panjang <i>tube</i>	:	1000 mm
27.	Jumlah pipa tiap saluran	:	4
28.	Diameter luar <i>shell</i>	:	101,6 mm
29.	Diameter luar <i>shell</i> keseluruhan	:	201,6 mm
30.	Panjang keseluruhan	:	1.500 mm



Tabel.8. *Cooling Tower* (CT-201A/B)

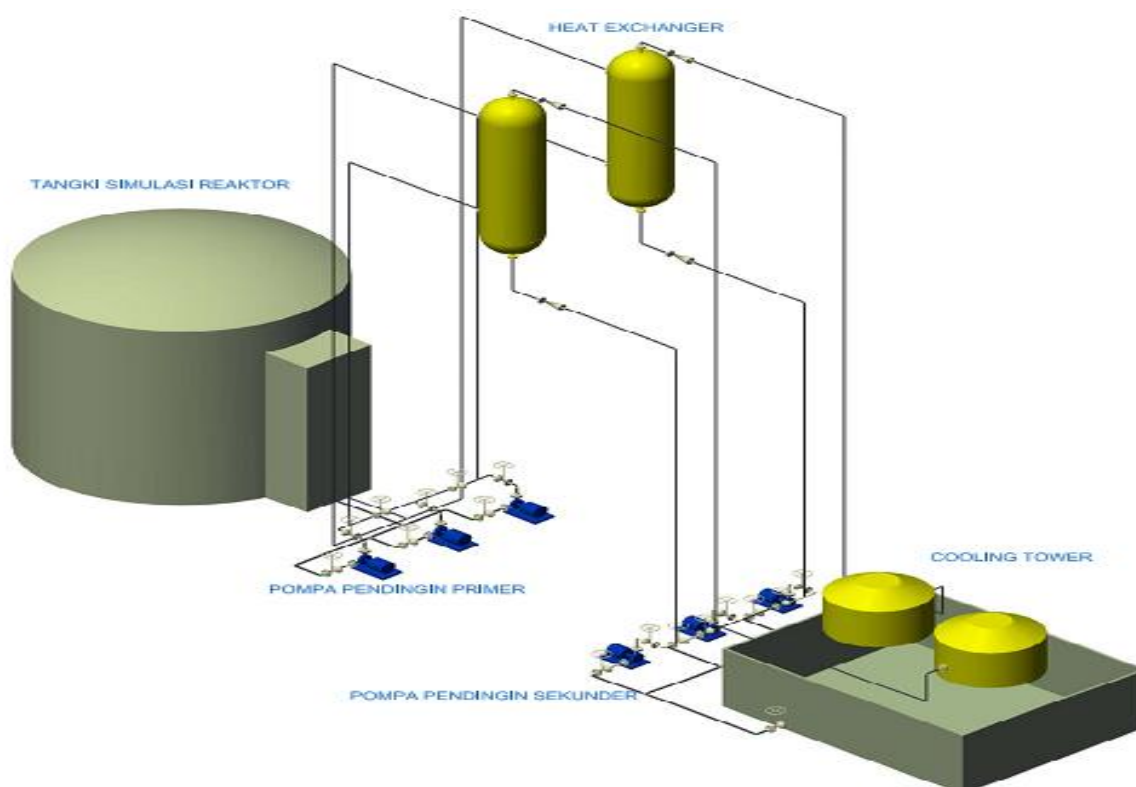
1.	Fungsi	:	mendinginkan media pendingi alat penukar panas
2.	jumlah	:	2
3.	Kapasitas operasi	:	50 %
4.	Mode operasi	:	2 dari 2
5.	Tipe	:	single cell, counter/crocc induced draft
6.	Mode	:	konfirmasi vendor
7.	Kapasitas	:	0,172 m ³ /jam
8.	Jumlah pompa sirkulasi	:	3 x 50%
9.	Laju alir tiap pompa	:	0,5 m ³ /jam
10.	Tinggi tekan total pompa (total head)	:	20 m
11.	Daya motor tiap pompa	:	0,37 kW
12.	Daya tiap pompa	:	0,37 kW
13.	Jumlah menara pendingin	:	2 buah
14.	Kapasitas tiap modul	:	431 kcal/jam
15.	Laju alir tiap modul	:	431 m ³ /jam
16.	Suhu udara luar	:	28 °C
17.	Suhu aliran masuk ke HE <i>tube side</i>	:	32 °C
18.	Suhu aliran balik ke menara pendingin	:	37 °C
19.	<i>Cooling tower range</i>	:	7,3 °C
20.	<i>Cooling tower approach</i>	:	4 °C
21.	<i>Wet bulb temperatur</i>	:	30 °C
22.	<i>Ambient tower temperatur</i>	:	32,6 °C
23.	Elevasi diatas permukaan laut	:	60 meter



24.	Design kecepatan angin	:	7 m/s
25.	Motor power supply	:	380 V, 3 phase,50 Hz
26.	Control power suply	:	220 V, 1 phase,50 Hz
27.	Panel power suplay	:	380 V, 3 phase,50 Hz

4.3. Penyusunan Tataletak (*Layout*) Peralatan Uji Untai

Penyusunan tataletak perlatan uji untai ini mengacu ke tataletak sistem pendingin primer dan sekunder RSG GA Siwabessy, Serpong,dimana tangki simulasi diletakan pada posisi horizontal atau pada level nol, sistem penukar panas diletakan pada posisi atas atau level atas sedangkan *coling tower* pada posisi level nol ,tetapi bak penampung *cooling tower* pada posisi level nol.



Gambar.1 Gambar konseptual *plant lay out* untai uji sistem kendali reaktor riset kapasitas 1 kW



5. KESIMPULAN

1. Kapasitas uji untai kendali reaktor riset sebesar 1 kW, dari kapasitas ini didapat bahwa kapasitas uji untai ini sebesar 431 liter per jam jika beda suhu masuk dan keluar sistem penukar panas dalam pendinginan primer sebesar 2°C, dengan asumsi suhu tangki simulasi 42°C, sesuai dengan kondisi reaktor selama ini, sedangkan suhu keluar sistem penukar panas sebesar 40°C, sedangkan media pendingin berupa air keluar penukar panas sebesar 37°C, dengan beda suhu 5°C, maka kapasitas sistem pendinginan sekunder dalam uji untai kendali reaktor riset sebesar 172 liter per jam,.
2. Untuk sistem penukar panas kapasitas sebesar 1 kW, dengan jumlah 2 buah dengan kapasitas beban operasional sebesar 50 %.
3. Untuk sistem menara pendingin kapasitas sebesar 1 kW, dengan jumlah 2 buah dengan kapasitas beban operasional sebesar 50 %.
4. Volume *decay tank* = $431 \times 50/3600$ liter = 6 liter = 6000 cm³.
5. Dimensi tangki simulasi adalah diameter tangki 0,950 M, Tinggi tangki = 1,217 M, tebal tangki = 0,248 mm, tebal tutup bawah = 0,745 mm, material = SS 304

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Masdin, Sahala M. Lumbanraja), "FASILITAS UJI PL TN TIPE AP-600" ,Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol. 2, No.1 Maret 2000 15 -26
2. Anonim , "Dokumen LAK RSG GAS 2009," soft copy.
3. William Wolansky & Arthur Akers, " Modern Hydraulics" , Mc Graw Hill Book , New York, 1990,page 97
4. Advanced PWR Passive Containment *Cooling* System Testing, M.D Kennedy and P.E Peters, Westinghouse
5. Advanced Technology Business Are, Pittsburgh-PA, USA
6. Theo van deVenne, Eugene Piplica, Marcia Kennedy, and Joel Woodcock, "The Westinghouse AP-600 Passive Containment *Cooling* Test Analysis Program", International Conference on Design and Safety of Advanced Nuclear Plant, Tokyo-Japan, 1992
7. A.Villani, C.A. Kropp, P. Incalcaterra, and G. Proto, "Blowdown Tests on The Automatic Depressurization System of The AP-600 Reactor", International Conference on Design and Safety of Advanced Nuclear Plant, Tokyo-Japan, 1992.
8. Edward , E John "DESIGN AND RATING *SHELL AND TUBE* ",MNL 032A ,P & I Design Ltd, Teesside, UK , Issued 29 August 08
9. G.F ,Hewitt , " Process Heat Transfer", CRC Press),1994
10. Perry,R.H. and Green, "D. Perry's Chemical Engineers Handbook", 6th edition (McGrawHill) ,1984
11. PUJI SANTOSA, DKK " RANCANG BANGUN UJI UNTAI KENDALI REAKTOR RISET KAPASITAS 1kW,"PRPN, BATAN , 2011

PERTANYAAN :

1. Dasar perhitungan volume tangki apa? (Ir. Utaja)
2. Apakah pengaruh radiasi diperhitungkan? (ir. Utaja)

JAWABAN :

1. Dasar perhitungan volume tangki di perancangan ini adalah waktu tinggal (HRT)
2. Pengaruh radiasi tidak diperhitungkan