

Perhitungan Pelepasan Kalor Pada Pipa Bagian *Cooler* Berdasarkan Perubahan Temperatur *Evaporator* Di Untai FASSIP-01 MOD.01

M Raffi Alhuda^{1*}, Mulya Juarsa¹, Rudi Irawan¹, Giarno², Joko², G.B Heru K², Dedy Haryanto²

¹Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

¹Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir - BATAN

*e-mail: mraffialhudapiul123@gmail.com

ABSTRAK

FASSIP-01 adalah sebuah piranti analisa pengembangan metode sirkulasi alam yang bertujuan dasar untuk mengedepankan aspek keamanan teknologi struktur PLTN. Ada beberapa komponen pada Untai FASSIP-01 Mod.1 yaitu komponen pemanas yang dinamakan *Blankat Ceramick Heater* (BCH-02), komponen pendingin dengan *Refrigrant Cooling System* (RCS), flowmeter untuk sensor aliran dan tabung Ekspansi. Sistem pasif menerapkan hukum alam untuk mengamati kondisi yang tidak stabil pada reaktor. Perlu dilakukannya eksperimen untuk mengetahui karakterisasi distribusi temperatur pada pendingin RCS di Untai FASSIP-01 Mod.1 dengan memvariasikan tekanan dan tegangan 100 volt. pengujian dilakukan selama 1 jam 30 menit dimana pada setiap 15 menit tekanan pada RCS dinaikan dari 1,5 bar sampai 3,0 bar pada valpe di RCS. Hasil eksperimen pada RCS, semakin besar tekanan yang diberikan maka temperaturnya semakin tinggi. Temperatur yang berada didalam *section pipe* lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur dipermukaan *section pipe*, hal ini disebabkan karena terjadi *heat loss* pada celah-celah ruang didalam RCS sesudah mencapai pipa *section*.

Kata kunci : FASSIP-01; PLTN; refrigrant cooling system; heat loss.

ABSTRACT

FASSIP-01 is a tool for analyzing the development of natural circulation methods with the basic aim of promoting the technological security aspects of nuclear power plant structures. There are several components on the FASSIP-01 Mod.1 Strand, namely heating components called *Blankat Ceramick Heater* (BCH-02), cooling components with *Refrigrant Cooling System* (RCS), flowmeter for flow sensors and Expansion tubes. Passive systems apply natural law to observe unstable conditions in the reactor. Experiments are needed to determine the characterization of temperature distribution in RCS coolers in the FASSIP-01 Mod.1 by varying the pressure and voltage of 100 volts. the test was carried out for 1 hour 30 minutes where every 15 minutes the pressure on the RCS was increased from 1.5 bar to 3.0 bar in the valpe in the RCS. The experimental results on the RCS, the greater the pressure given, the higher the temperature. The temperature inside the section pipe is higher than the surface temperature of the section pipe, this is due to heat loss in the space gaps within the RCS after reaching the section pipe.

Keywords : FASSIP-01; PLTN; refrigrant cooling system; heat loss.

PENDAHULUAN

Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir (PTKRN) adalah salah satu lembaga penelitian pengembangan keselamatan reaktor dan nuklir di bawah Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) yang mempunyai tugas untuk mengoperasikan reaktor nuklir dengan aman dan selamat. Beberapa fasilitas penelitian yang telah dikonstruksi adalah Untai FASSIP-01 (Fasilitas Simulasi System Pasif) dan Untai

FASSIP-02 yang dibangun untuk mempelajari fenomena sirkulasi alam untuk sistem pendingin pasif pada reaktor nuklir (*Jim et al., 2014*). Sejarah nuklir komersial terdahulu ada dua yaitu, kecelakaan besar yang menyebabkan kerusakan inti reaktor yang telah terjadi di *Three Mile Island* (1979), Serta terbaru yakni, kecelakaan reaktor nuklir di *Fukushima Dai-ichi* (2011) Jepang yang diakibatkan gempa bumi dibarengi dengan tsunami sehingga menyebabkan kerusakan pada 3-unit PLTN dan berdampak

negative terhadap kesensitifan penduduk mayoritas tentang anggapan risiko tenaga nuklir (Nayak and Sinha, 2007). Dalam perkembangannya, teknologi nuklir melahirkan karakteristik dasar hukum nuklir yaitu fokusnya yang rangkap pada risiko dan manfaat dan juga berbagai prinsip diantaranya prinsip pertanggung jawaban dan prinsip kompensasi penjamin keselamatan (Indriawati 2005). Sebelum membangun reaktor secara fisik, terlebih dahulu dibuat perencanaan perhitungan yang matang dengan simulasi kinerja keselamatannya untuk menghadapi kemungkinan kecelakaan. Hal tersebut berguna untuk mengembangkan model simulasi kecelakaan PLTN yang disebabkan gagalnya sistem pembuang panas. Dengan diperolehnya hasil evaluasi desain suatu PLTN yang valid, menunjukkan tingkat kualitas sumber daya manusia berkualitas (Gafar and Su'ud, 2012). Keselamatan merupakan hal penting yang harus diperhatikan dalam setiap industry termasuk PLTN yang merupakan salah satu energi alternatif yang selalu dikembangkan saat ini adalah konsep keselamatan reaktor nuklir yang dilengkapi dengan sistem pasif (Krepper and matthias, 2010). Sistem keselamatan pasif (*passive system*) ialah system dimana sirkulasi alami lebih berperan penting dalam mendinginkan inti reaktor tanpa memerlukan pompa injeksi darurat dan tidak ada tindakan operator atau *Alternating Current* (AC) listrik (Wang et al., 2013). Sebagai fitur keselamatan untuk PLTN, sistem pasif menerima perhatian lebih dengan dilakukannya berbagai penelitian untuk mengembangkan sistem keamanan untuk pembangkit listrik tenaga nuklir generasi ketiga (GEN-III) (Darwis et al., 2012). Dengan demikian jika dibandingkan dengan keselamatan sistem aktif, begitu pentingnya penggunaan sistem keselamatan pasif yang merupakan metode untuk mencapai penyederhanaan dalam meningkatkan keandalan kinerja serta fungsi penting tentang keselamatan khususnya di industri PLTN dan harus digunakan pula untuk semua industri (Wang et al., 2011). Dapat disimpulkan bahwa sistem keselamatan pasif merupakan konsep dasar untuk PLTN modern yang memiliki system yang *advance* dalam keamanan dan keselamatan (Choi et al., 2011).

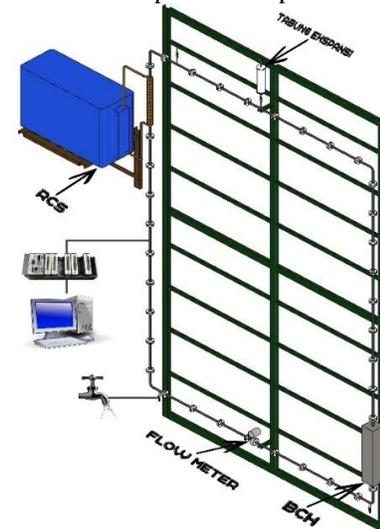
Untai FASSIP-01 adalah fasilitas simulasi system pasif yang digunakan untuk menginvestigasi fenomena sirkulasi alami guna penguasaan kemampuan desain reaktor dengan

system keselamatan pasif. Untai FASSIP-01 yang terdiri dari section berupa pipa stainless steel berdiameter 1-inch yang disusun membentuk untai rectangular dengan ukuran lebar 350 cm tinggi 600 cm. Komponen utama yang terpasang pada untai rectangular adalah tangki *heater* sebagai pemanasan dan RSC atau *cooler* sebagai pendingin. Tujuan eksperimen, dilakukan untuk analisis awal terkait unjuk kerja pemanas dan pendingin pada untai FASSIP-01. Analisis dilakukan dengan perhitungan berdasarkan data pengukuran yang diperoleh melalui variasi daya pemanas untuk mengetahui waktu optimal dalam proses dan pendinginan melalui RCS pada evaporator.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

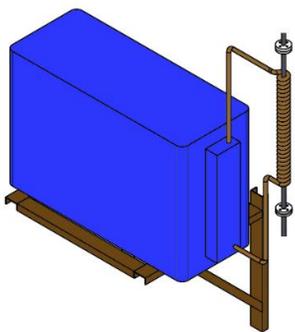
Penelitian dilakukan pada alat Fasilitas simulasi sistem pasif (FASSIP-01) merupakan alat uji sistem pendinginan dengan memanfaatkan sistem sirkulasi alami menggunakan air sebagai fluidanya kerja yang dibangun di laboratorium termohidrolika PTKRN BATAN. Untai uji FASSIP-01 terdiri dari beberapa komponen utama yaitu tabung *cooler*, *heater*, perpipaan, dan tabung ekspansi. Desain Untai FASSIP-01 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Design Untai FASSIP-01 Mod.1

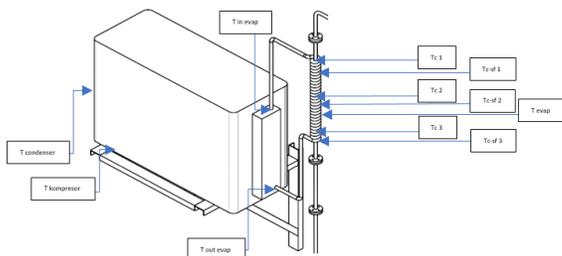
Cara kerja Untai FASSIP -01 yaitu dengan konsep sistem pasif. Konsep sistem pasif adalah aliran fluida yang bergerak tanpa adanya intervensi gaya-gaya dari luar dan

berbasis pada hukum-hukum alam yang berlaku. Fenomena laju aliran fluida dalam sistem pasif disebut sirkulasi alam (*natural circulation*) yang timbul berdasarkan perbedaan kerapatan fluida. Efek perubahan kerapatan fluida pada daerah panas akan menimbulkan gaya *buoyancy* dan efek perubahan kerapatan fluida di daerah dingin akan menimbulkan gaya gravitasi. Sehingga, implementasi sistem pasif pada PLTN dapat digunakan untuk kondisi normal maupun kondisi tidak normal.



Gambar 2. Design RCS (*Refrigrant Cooling System*)

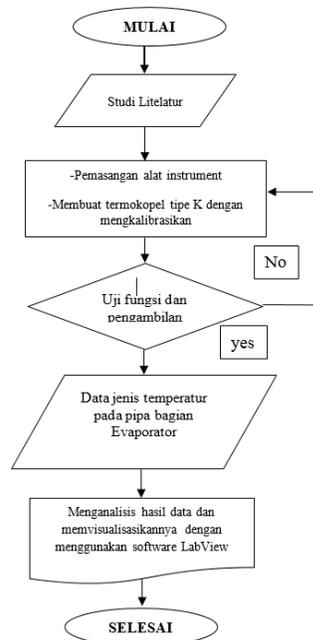
Dalam mendapatkan data distribusi temperatur pada RCS ini, maka dilakukan pemasangan termokopel pada bagian RCS yang berfungsi sebagai sensor suhu untuk mengetahui temperatur lingkungan disekitarnya. Ada sebelas termokopel yang dipasangkan pada komponen RCS, diantaranya tiga termokopel pada *section pipe*, tiga termokopel lainnya pada dibagian permukaan *pipe*, satu termokopel pada bagian atas evaporator dan empat termokopel lainnya pada dibagian dalam RCS dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Penempatan temokopel pada RCS

Termokopel yang sudah dipasang pada RCS, akan dihubungkan ke modul *National Instrument* (NI) yang berfungsi untuk menghubungkan

informasi dari termokopel yang akan terbaca oleh aplikasi pada computer. Aplikasi yang digunakan ialah LabView untuk mengamati suhu pada RCS dikomputer. Tahapan penelitian ini dilakukan berdasarkan alur (*flowchart*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Alur Penelitian

Penelitian dilakukan selama 1 jam 30 menit, dimana pada setiap 15 menit tekanan pada RCS dinaikan dari 1,5 bar sampai 3,0 bar pada valpe di RCS. Valpe adalah sebuah alat pengontrol tekanan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

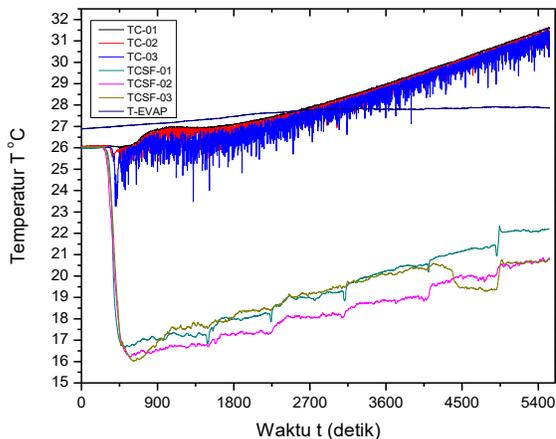
Setelah melakukan eksperimen dan pengambilan data temperatur pada RCS maka didapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Temperatur pada RCS

Waktu [t]	Daya [watt]	RCS		Cooler					
		Tekanan	Evap	TC-01	TC-02	TC-03	TC-SF01	TC-SF02	TC-SF03
900	11090	1,5	27,13	26,96	26,50	26,11	17,04	16,50	16,92
		1,8	27,47	27,40	27,38	26,19	17,98	17,30	18,08
		2,1	27,77	28,20	28,09	27,76	18,96	18,10	19,21
		2,4	27,82	29,63	29,57	28,52	20,22	18,85	20,06
		2,7	27,84	30,73	30,18	30,14	21,16	20,01	19,47
		3,0	27,89	31,55	31,28	31,30	22,08	20,62	20,64

Dapat dilihat pada Tabel 1 termokopel TC1, TC2, TC3, TC-SF1, TC-SF2, TC-SF3, T-Evap di

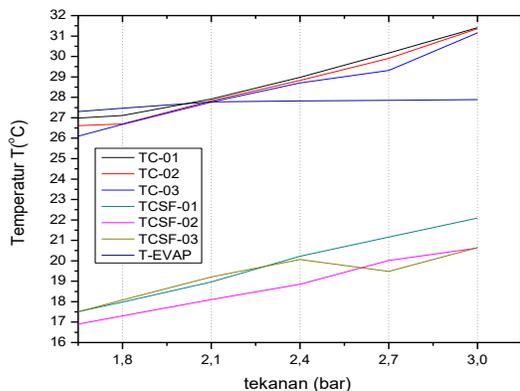
jam 13:20 – 14:35 dengan tegangan yang diberikan sebesar 100 volt dan arus mengalir 4,0 ampere, temperatur yang dibaca oleh termokopel mengalami kenaikan terus menerus. perubahan temperatur terhadap waktu yang diberikan oleh RCS dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Temperatur terhadap waktu pada RCS

Dari grafik pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa perubahan temperatur terhadap waktu paling tinggi adalah TC-01 mencapai 31,40°C, hal ini disebabkan karena pemasangan TC-01 berada didalam *section pipe*. Sedangkan perubahan temperatur paling rendah adalah TC-SF02 mencapai 20,62°C dikarenakan pemasangannya diatas permukaan *section pipe* sehingga dingin yang diterima lebih lambat.

Perubahan temperatur terhadap tekanan yang diberikan oleh RCS dapat dilihat grafik pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik temperatur terhadap tekanan

Dari grafik pada gambar 6 dapat dilihat bahwa perubahan temperatur terhadap tekanan

paling tinggi adalah pada tekanan yang diberikan sebesar 400 watt, TC-01 mencapai 31,40 °C. Hal ini disebabkan karena pemasangan TC-01 berada didalam *section pipe* sedangkan perubahan temperatur paling rendah adalah TC-SF02 mencapai 20,62°C dikarenakan pemasangannya diatas permukaan *section pipe* sehingga dingin yang diterima lebih lambat. Maka semakin besar tekanan yang diberikan mengakibatkan temperatur semakin tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan selama 1 jam 30 menit, distribusi temperatur pada RCS *Refrigrant Cooling System* semakin besar tekanan yang diberikan, menyebabkan temperaturnya semakin tinggi. Temperatur yang berada didalam *section pipe* lebih tinggi dari pada diatas permukaan *section pipe*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala PTKRN-BATAN atas ijinnya untuk melakukan Tugas Akhir dan penggunaan fasilitas di laboratorium Termohidrolik Eksperimental. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada anggaran DIPA PTKRN-BATAN tahun 2017 dan Hibah Luar Negeri, CRP IAEA 2017-2020 dengan nomor kontrak 20948.

DAFTAR PUSTAKA

J. Lim, S.W. Choi, J. yang, D.Y. Lee, S. Rassame, T. Rassame, T. Hibiki, M. Ishii, Assessment of passive safety system performance undermain steam line break accident, *Annals of Nuclear Energy* 64 (2014) 287-294.
 A.K. Nayak, R.K. Sinha, Role of passive system in advance reactors, *Progres in Nuclear Energy* 49 (2007) 486-498.
 Tiara Indriawati, sistem pertanggung jawaban sipil dalam kecelakaan reaktor nuklir menurut hukum lingkungan internasional, Fakultas Hukum Universitas Andalas

- Ade Gafar Abdullah, Zaki Su'ud, analisis kecelakaan reaktor akibat kegagalan sistem pembuang panas pada reaktor nuklir generasi iv, Jurnal Pendidikan Indonesia 8 (2012) 106-114.
- Eckhard Krepper, Matthias BeyerForschungszentrum Dresden-Rossendorf e.V., (FZD) Institute of Safety, Experimental and numerical investigations of natural circulation phenomena in passive safety system for decay heat removal in large pools, Nuclear Engineering and design 240 (2010) 3170-3177.
- Mingjun Wang, Suizheng Qiu, Wenxi Tian, Guanghui Su, Yapei Zhang, The Comparison of designed water-cooled and passive residul heat removal system for 300 MW nuclear power plant during the feed-water line break scenario, Annals of Nuclear Energy 57 (2013) 164-172.
- Muh. Darwis Isnaini, Sukmanto D., Suroso, Geni R. S, Endiah P. Hastuti dan Muh. Subekti, Evaluasi parameter desain temohidrolika teras dan sub kanal PLTN AP1000 pada kondisi tunak, Jurnal Teknologi Reaktor Nuklir Tri Dasa Mega Volume 14, Nomor 1 (2012) 15-31.
- Mingjun Wang, Wenxi Tian, Suizheng Qiu, Guanghiu Su, Yapei Zhang, an evaluation of designed passive core makeup tank (CMT) for China Pressurized Reactor (CPR1000), Anals of Nuclear Energy 56 (2011) 4504-4514.
- Jong-Ho Choi, Jhon Cleveland, Nuset Aksan, Improvement in understanding of natural circulation phenomena in water cooled nuclear power plants, Nuclear Engineering and Design 241 (2011) 4504-451