

KARAKTERISTIK BLANKET CERAMIC-BRICK HEATER (BCH) 02 PADA UNTAI FASILITAS SIMULASI SISTEM PASIF (FASSIP) 01 MODIFIKASI 1

Idznur Rizky Muhammad¹, Mulya Juarsa², Awaludin Martin¹, Giarno², G.B. Heru K²

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau

² Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir - BATAN

email : rizkyidznur@gmail.com

Abstrak

Kecelakaan yang terjadi di PLTN Fukushima Daiichi, menyebabkan dilakukannya penelitian di seluruh dunia termasuk Indonesia. Salah satu solusinya ialah membuat sistem pendinginan pasif pada reaktor nuklir. Prinsip kerja sistem pendinginan pasif ini ialah dengan sirkulasi alami *loop* tertutup menggunakan perbedaan massa jenis. Pada saat temperatur tinggi, maka massa jenisnya akan menurun menyebabkan fluida kerja yang memiliki temperatur tinggi naik ke atas, lalu akan didinginkan oleh alat pendingin pada sistem tersebut. Dengan prinsip kerja tersebut, maka dilakukanlah penelitian dan pengembangan sistem keselamatan reaktor di PTKRN BATAN. Fasilitas penelitian yang telah dibangun dinamakan FASSIP (Fasilitas Simulasi Sistem Pasif) 01 Mod.1. Ada beberapa komponen FASSIP 01 Mod.1 yaitu komponen pemanas dengan sistem pemanasan memakai *ceramic-brick heater* (BCH) 02 dan komponen pendingin dengan *sistem refrigerant cooling system* (RCS). Oleh karena itu, dilakukan pengujian BCH-02 untuk menentukan karakteristik distribusi temperatur pada bagian BCH-02. Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan selama 105 menit, distribusi temperatur pada BCH 02 semakin besar daya yang diberikan, menyebabkan temperaturnya semakin tinggi. Temperatur yang berada di permukaan *ceramic-brick* lebih tinggi daripada di dalam *section pipe*, ini disebabkan karena terjadi *heat loss* sebelum mencapai *section pipe*.

Kata kunci: Fukushima Daiichi, reaktor nuklir, FASSIP 01 Mod.1, BCH-02, *ceramic-brick*

Abstract

Accidents that occurred at the Fukushima Daiichi nuclear power plant, led to research throughout the world including Indonesia. One solution is to make a passive cooling system in a nuclear reactor. The working principle of this passive cooling system is with closed loop natural circulation using differences in density. At high temperatures, the density will decrease causing the working fluid which has a high temperature to rise to the top, then it will be cooled by a cooling device on the system. With this working principle, research and development of reactor safety systems was carried out at PTKRN BATAN. The research facilities that have been built are called FASSIP (Utility of Passive System Simulation) 01 Mod.1. There are several components of FASSIP 01 Mod.1, namely heating components using a heating system using *ceramic-brick heater* (BCH) 02 and refrigeration components with the system of cooling *cooling system* (RCS). Therefore, BCH-02 is tested to determine the temperature distribution characteristics in the BCH-02 section. Based on the results of experiments carried out for 105 minutes, the temperature distribution on BCH 02 the greater the power given, causing the temperature to be higher. The temperature on the *ceramic-brick* surface is higher than in the *section pipe*, this is due to *heat loss* before reaching the *section pipe*.

Keywords: Fukushima Daiichi, nuclear reactor, FASSIP 01 Mod.1, BCH-02, *ceramic-brick*

PENDAHULUAN

Permintaan energi listrik masyarakat dan industri sekarang semakin meningkat, hal ini disebabkan banyaknya peralatan mesin yang digunakan oleh masyarakat dan industri untuk membantu aktivitasnya, hal ini memunculkan beberapa persoalan penting yang sekarang ini dihadapi sistem kelistrikan di Indonesia. Perusahaan listrik negara (PLN) sebagai penyedia energi listrik dituntut menambah pasokan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sehingga tidak terjadi pemadaman bergilir. Penambahan pembangkit listrik adalah cara untuk menambah kapasitas pasokan energi listrik agar dapat memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat dan industri [2].

Dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi, maka untuk memenuhi kebutuhan energi listrik dikembangkanlah Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir atau PLTN adalah sebuah pembangkit daya thermal yang menggunakan satu atau beberapa reaktor nuklir sebagai sumber panasnya. Prinsip kerja sebuah PLTN hampir sama dengan sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Uap, menggunakan uap bertekanan tinggi untuk memutar turbin. Putaran turbin inilah yang diubah menjadi energi listrik. Perbedaannya ialah sumber panas yang digunakan untuk menghasilkan panas. Sebuah PLTN menggunakan Uranium sebagai sumber panasnya. Reaksi pembelahan (fisi) inti Uranium menghasilkan energi panas yang sangat besar.

Daya sebuah PLTN berkisar antara 40 Mwe sampai mencapai 2000 MWe, dan untuk PLTN yang dibangun pada tahun 2005 mempunyai sebaran daya dari 600 MWe sampai 1200 MWe. Sampai tahun 2015 terdapat 437 PLTN yang beroperasi di dunia, yang secara keseluruhan menghasilkan daya sekitar 1/6 dari energi listrik dunia. Sampai saat ini sekitar 66 unit PLTN sedang dibangun di berbagai negara, antara lain Tiongkok 28 unit, Rusia 11 unit, India 7 unit, Uni Emirat Arab 4 unit, Korea Selatan 4 unit, Pakistan dan Taiwan masing-masing 2 unit [3].

Gempa bumi dan tsunami terjadi pada 11 Maret 2011 yang menyebabkan masalah besar dengan stabilisasi pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) di Timur Laut Jepang. Keadaan reaktor nuklir yang saat itu sedang beroperasi, secara otomatis mendadak mati. Tsunami setinggi 14 meter yang dipicu oleh gempa menonaktifkan semua daya AC ke unit 1, 2, dan 3 dari PLTN Fukushima Daiichi, mengakibatkan tangki bahan bakar untuk generator diesel darurat. Karena sistem pendingin tidak bisa beroperasi, katup tekanan dibuka secara manual untuk mengurangi tekanan

dalam wadah reaktor. Meskipun telah dilakukan upaya tersebut, ledakan hidrogen merusak fasilitas. Akhirnya, sejumlah besar bahan radioaktif dilepaskan ke lingkungan yang menyebabkan wilayah disekitar Fukushima Daiichi tersebar radiasi yang berbahaya.

Kecelakaan yang terjadi di PLTN Fukushima Daiichi, menyebabkan dilakukannya penelitian di seluruh dunia termasuk Indonesia agar tidak terjadi kecelakaan yang sama. Salah satu solusinya ialah membuat sistem pendinginan pasif pada reaktor nuklir. Sistem pendinginan pasif ini tidak menggunakan energi listrik, karena pada kecelakaan di PLTN Fukushima Daiichi terjadi, tidak aktifnya listrik untuk menjalankan pompa untuk mendinginkan wadah pada reaktor nuklir. Prinsip kerja sistem pendinginan pasif ini ialah dengan sirkulasi alami loop tertutup menggunakan perbedaan massa jenis. Pada saat temperatur tinggi, maka massa jenisnya akan menurun menyebabkan fluida kerja yang memiliki temperatur tinggi naik ke atas, lalu akan didinginkan oleh alat pendingin pada sistem tersebut [1].

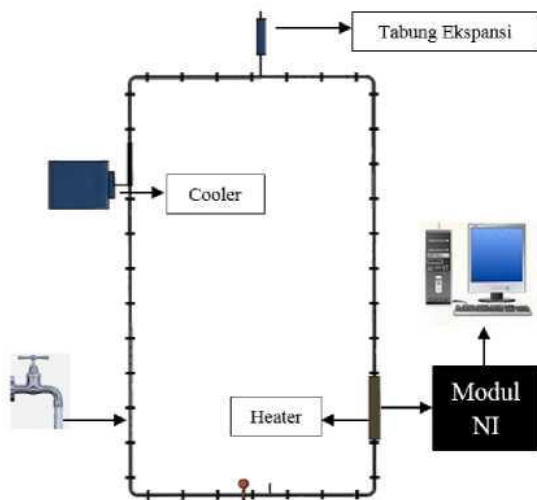
Beberapa peneliti melakukan penelitian tentang passive cooling system dimana ada penelitian dengan simulasi dan eksperimental. Penelitian dengan simulasi dilakukan oleh Mochizuki dan Yano (2017) yang meneliti tentang kemampuan air cooling system (ACS) yang dioperasikan di bawah kondisi konveksi alami dengan menggunakan sistem kode NETFLOW++ dengan mengasumsikan ACS dan ABWR. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa panas dapat dihilangkan dengan konveksi alami udara setelah katup pelepasan keselamatan digerakkan beberapa kali selama sehari. Selanjutnya, Wang dkk. (2013) menyelidiki loop sirkulasi alami dengan memodelkan CFD. Model ini juga divalidasi dengan data eksperimen yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki kemampuan CFD dalam simulasi aliran dan karakteristik perpindahan panas sirkulasi alami dengan sistem keamanan pasif. Simulasi ini akan diimplementasikan dalam desain baru pembangkit listrik tenaga nuklir. Dibandingkan dengan data eksperimen, hasil prediksi dari model CFD ini mendekati hasil data eksperimen tersebut. Sedangkan penelitian dengan eksperimental dilakukan oleh Yan dkk. (2017) tentang karakteristik aliran dalam loop sirkulasi alami terbuka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran dalam loop sirkulasi alami terbuka. Maka didapatkan dua fenomena mendasar yaitu geysering dan flashing yang mempengaruhi karakteristik aliran dalam loop terbuka. Dua aliran itu berbeda satu sama lainnya.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, maka dilakukanlah penelitian dan pengembangan sistem keselamatan reaktor di PTKRN BATAN, dengan membangun fasilitas

penelitian untuk mengembangkan sistem pendingin pasif. Fasilitas penelitian yang telah dibangun dinamakan FASSIP (Fasilitas Simulasi Sistem Pasif) 01 Mod.1. Ada beberapa komponen FASSIP 01 Mod. 1 yaitu komponen pemanas dengan sistem pemanasan memakai ceramic-brick heater (BCH) 02 dan komponen pendingin dengan sistem refrigerant cooling system (RCS). Salah satu komponen yang diteliti adalah komponen pemanas BCH-02. Oleh karena itu, dilakukan pengujian BCH-02 dimana hasil data pengujian untuk menentukan karakteristik distribusi temperatur pada bagian BCH-02.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada alat uji Untai FASSIP 01 Mod.1. Untai FASSIP-01 Mod.1 adalah fasilitas untuk mempelajari karakteristik pendinginan sirkulasi alami menggunakan air sebagai fluida kerja. Fasilitas ini merupakan pengembangan dari fasilitas termosipon lebih kecil dari USSA-FT01 dan USSA-FT02 dibangun khusus untuk mempelajari efek dari aliran massa dan parameter temperatur [4]. Desain Untai FASSIP 01 Mod.1 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Untai FASSIP-01 Mod.1

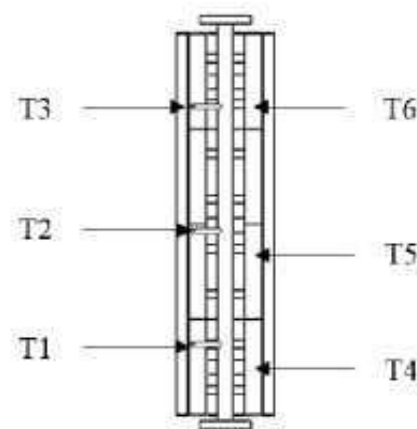
Prinsip kerja Untai FASSIP 01 Mod.1 ialah dengan sirkulasi alami loop tertutup menggunakan perbedaan massa jenis. Pada saat temperatur tinggi, maka massa jenisnya akan menurun menyebabkan fluida kerja yang memiliki temperatur tinggi naik ke atas, lalu akan didinginkan oleh alat pendingin pada sistem tersebut. Fluida kerjanya diisi dengan air dari kran air terdekat yang disalurkan melalui selang. Untai FASSIP 01 Mod.1 dalam prinsip kerjanya memiliki beberapa komponen utama yaitu Tabung Ekspansi, RCS, BCH 02, dan Flowmeter. Tabung Ekspansi

digunakan pada komponen perpipaan yang terhubung dengan lingkungan luar sehingga tekanan tertinggi loop adalah 1 atm. Komponen yang berfungsi sebagai cooler dan heater pada Untai FASSIP 01 Mod.1 adalah RCS dan BCH 02. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik perubahan temperatur pada bagian BCH 02 berdasarkan perubahan daya heater pada Untai FASSIP 01 Mod.1. BCH 02 adalah sebuah alat pemanas kontak langsung yang dipasang kawat pemanas 8 kelompok lilitan yang masing-masing lilitan sebanyak 11 lilitan. BCH 02 mempunyai panjang 920 mm dan mempunyai lebar 130 mm x 130 mm. Bagian konduktor penghubung dari kawat pemanas ke section pipe ialah ceramic-brick. Desain BCH 02 dapat dilihat pada Gambar 2.



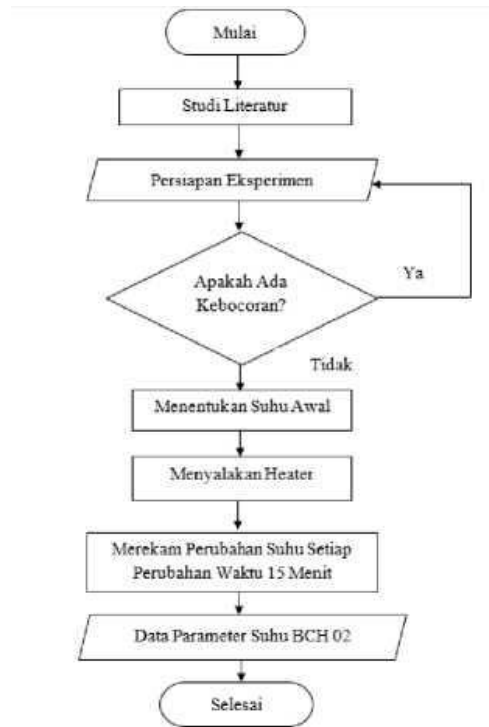
Gambar 2 Desain BCH 02

Dalam mendapatkan data distribusi temperatur pada BCH 02 ini, maka dilakukan pemasangan termokopel pada bagian BCH 02 yang berfungsi sebagai sensor suhu untuk mengetahui temperatur lingkungan disekitarnya. Ada enam termokopel yang dipasangkan pada komponen BCH 02, diantaranya tiga termokopel pada section pipe dan tiga termokopel lainnya pada ceramic-brick. Bagian termokopel pada BCH 02 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Bagian Termokopel pada BCH 02

Termokopel yang sudah dipasang pada BCH 02, akan dihubungkan ke Modul National Instrument (NI) yang berfungsi untuk menghubungkan informasi dari termokopel yang akan terbaca oleh aplikasi pada komputer. Aplikasi yang digunakan ialah LabView untuk mengamati suhu pada BCH 02 di Komputer. Tahapan penelitian ini dilakukan berdasarkan alur (flowchart) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Flowchart Penelitian

Penelitian dilakukan selama 105 menit, dimana pada setiap 15 menit tegangan dinaikkan sebesar 20 volt pada regulator voltage. Regulator voltage adalah alat pengontrol tegangan yang diberikan kepada BCH 02 secara langsung.

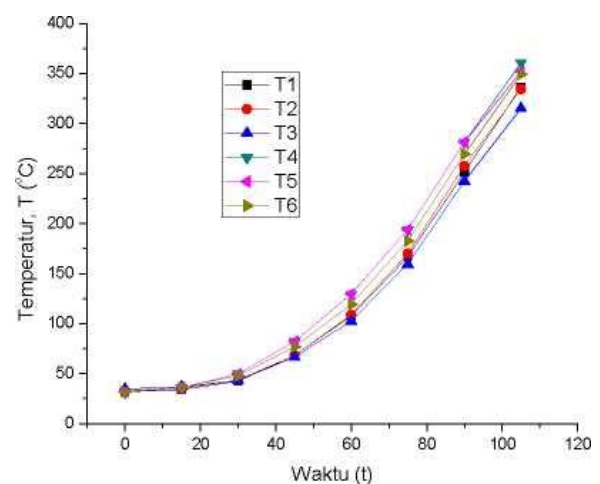
HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan eksperimen dan pengambilan data temperatur pada BCH-02 maka didapat data pada Tabel 1.

Tabel 1 Data Pengujian pada BCH 02

Jam	Waktu (t)	V (Vok)	I (A)	P (Watt)	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)	T6 (°C)
14.05	0	0	0	0	32,01	33,13	34,66	31,38	31,77	31,77
14.20	15	20	2,33	44,6	34,01	35,44	36,93	35,85	35,85	36,38
14.35	30	40	4,59	183,6	42,42	43,63	43,18	49,72	49,72	47,75
14.50	45	60	7,00	420	68,06	68,06	66,5	81,78	81,78	76,67
15.05	60	80	9,00	727,2	107,69	108,69	102,59	129,38	129,39	119,29
15.20	75	100	11,14	1.114	166,59	169,96	159,27	193,77	193,77	182,57
15.35	90	120	13,30	1.596	251,09	257,26	242,3	281,35	281,35	269,37
15.50	105	140	16,52	2.312,8	336,33	334,31	315,42	360,83	351,81	349,27

Dapat dilihat pada Tabel 1 pada termokopel T1, T2, T3, T4, T5, T6 di jam 14.05 - 15.50 atau di 0-105 menit dengan tegangan yang diberikan sebesar 0-140 volt dan arus yang mengalir 16,52 ampere, temperatur yang dibaca oleh termokopel mengalami kenaikan terus menerus. Perubahan temperatur terhadap waktu yang diberikan oleh heater dapat dilihat grafik pada Gambar 5.



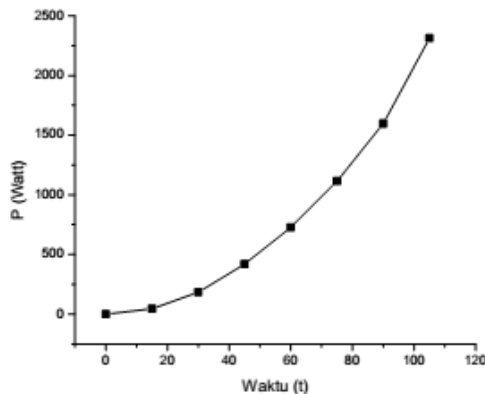
Gambar 5 Grafik Temperatur terhadap Waktu pada BCH 02

Dari grafik pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa perubahan temperatur terhadap waktu paling tinggi adalah T4 mencapai 360,83°C, hal ini disebabkan karena pemasangan T4 berada diatas permukaan ceramick-brick. Sedangkan perubahan temperatur paling rendah adalah T3 mencapai 315,42°C, dikarenakan pemasangannya didalam section pipe, sehingga panas yang diterima lebih lambat.

Pada data dan grafik yang diamati, termokopel yang letaknya di permukaan ceramic-brick memiliki suhu lebih tinggi daripada didalam section pipe, itu karena ceramic-brick terkontak langsung dengan alat penghantar panasnya. Selanjutnya didalam section pipe terjadi perbedaan temperatur yang menyebabkan temperaturnya lebih rendah daripada di permukaan ceramic-brick. Contohnya dapat dilihat pada termokopel T1 yang

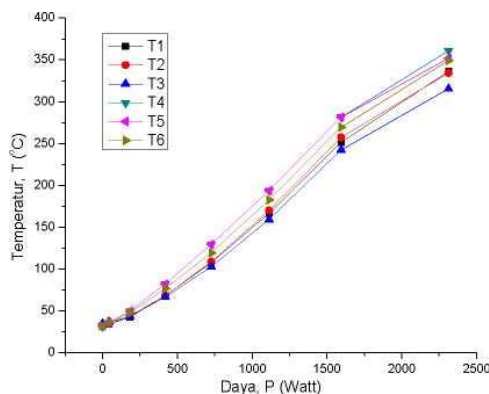
berada didalam section pipe dan T4 yang ada di permukaan ceramic-brick. Pada termokopel T4 temperaturnya pada menit ke-105 mencapai 360,83°C sedangkan pada termokopel T1 temperaturnya mencapai 336,33°C. Maka terjadi perbedaan temperatur sebesar 24,5°C.

Perubahan temperatur yang didapatkan dipengaruhi oleh daya yang diberikan. Daya yang diberikan setiap waktu selalu mengalami peningkatan. Perubahan daya terhadap waktu dapat dilihat grafik pada Gambar 6.



Gambar 6 Grafik Daya terhadap Waktu pada BCH 02

Sedangkan perubahan temperatur terhadap daya yang diberikan oleh heater dapat dilihat grafik pada Gambar 7.



Gambar 7 Grafik Temperatur terhadap Daya pada BCH 02

Dari grafik pada Gambar 7 dapat dilihat bahwa perubahan temperatur terhadap daya paling tinggi adalah pada daya yang diberikan sebesar 2.312,8 watt, T4 mencapai 360,83 °C. Hal ini disebabkan karena pemasangan T4 berada diatas dipermukaan ceramic-brick. Sedangkan perubahan temperatur paling rendah adalah T3 mencapai 315,42 °C, karena penempatannya didalan section pipe. Maka semakin besar daya yang diberikan mengakibatkan temperaturnya semakin tinggi.

Perubahan daya sebanding dengan perubahan temperature.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala PTKRN-BATAN atas ijinnya untuk melakukan kerja praktek dan penggunaan fasilitas di laboratorium Termohidrolis 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.

KESIMPULAN

Pada Untai FASSIP 01 Mod.1 memiliki prinsip kerja menggunakan sirkulasi alami dengan perbedaan densitas, semakin tinggi temperatur fluida kerja menyebabkan densitasnya akan semakin kecil. Pada simulasi ini menggunakan BCH 02 sebagai heater dan RCS sebagai cooler. Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan selama 105 menit, distribusi temperatur pada BCH 02 semakin besar daya yang diberikan, menyebabkan temperaturnya semakin tinggi. Temperatur yang berada di permukaan ceramic-brick lebih tinggi daripada di dalam section pipe, ini disebabkan karena terjadi heat loss sebelum mencapai section pipe.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anzai, K., Ban, N., Ozawa, T., & Tokonami, S. (2011). Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: Facts, Environmental Contamination, Possible Biological Effects, and Countermeasures. *Journal of clinical biochemistry and nutrition*.
- [2] Asy'ari, H., Budiman, A., & Munadi, A. (2013). Speedbumb sebagai Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan dan Terbarukan. *SEMANTIK 2013*.
- [3] BATAN. (2018, November 17). Retrieved from "http://www.batan.go.id/index.php/id/info_nuklir/pltn-infonuklir/generasi-pltn/924-pengenalan-pembangkit-listrik-tenaga-nuklir"
- [4] Ekariansyah, A. S., Tjahjono, H., Juarsa, M., & Widodo, S. (2015). Analysis Of The Effect Of Elevation Difference Between Heater And Cooler Position In The Fassip-01 Test Loop Using Relap5. *Sigma Epsilon*, Vol.19, No.1.
- [5] Mochizuki, H., & Yano, T. (2017). A Passive Decay-Heat Removal System for An ABWR

Based on Air Cooling. *Nuclear Engineering and Design*, 35-42.

- [6] Wang, J.Y., Chuang, T.J., & Y.M. Ferng. (2013). CFD Investigating Flow and Heat Transfer Characteristics in A Natural Circulation Loop. *Annals of Nuclear Energy*, 65-71.

- [7] Yan, X., Fan, G., & Sun, Z. (2017). Study on Flow Characteristics in An Open Two-Phase Natural Circulation Loop. *Annals of Nuclear Energy*, 291-300..