

## Karakterisasi Temperatur Komponen Pendingin Untai FASSIP-01 Mod.1

Ryan Oktaviandi<sup>1\*</sup>, Rudi Irawan<sup>1</sup>, Mulya Juarsa<sup>2</sup>, Giarno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

<sup>2</sup>Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir (PTKRN), BATAN.

\*e-mail: ryan.bakyun@gmail.com

### ABSTRAK

Nuklir dapat berperan sebagai sumber energi alternatif yang dapat menunjang pasokan energi listrik nasional, maka oleh karena itu pemerintah perlu mempertimbangkan agar dapat segera dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Akan tetapi adapun peristiwa kecelakaan yang terbaru di Fukushima Daiichi Jepang, yang disebabkan dari bencana alam berupa gempa bumi dan tsunami mengakibatkan sistem pendinginan reaktor yang tidak aktif, dikarnakan kegagalan pompa dan terbenamnya genset atau pendingin darurat tersebut Tidak berfungsi. Sistem untai FASSIP (Fasilitas Simulasi Sistem Pasif) adalah salah satu konsep keselamatan dalam reaktor nuklir yang memanfaatkan proses sirkulasi alam dalam membuang panas yang dihasilkan oleh teras reaktor untuk mendinginkan teras dan melindungi bejana reaktor. Berdasarkan hasil yang didapat maka bisa diambil kesimpulan bahwa tekanan pada RCS dapat mempengaruhi temperature yang dihasilkan, performa terbaik RCS dalam penyerapan panas pada tekan 1,5 Bar dengan capaian penyerapan  $\Delta T$  cooler yang mencapai  $-3,38$  °C. sedangkan pada tekanan 3 Bar dengan penyerapan panas  $\Delta T$  cooler yang mencapai  $-3,06$  °C sedangkan temperature tertinggi mencapai  $-2,94$  °C dengan tekanan pada RCS 1,8 Bar.

**Kata kunci :** Keselamatan PLTN; untai FASSIP-01.Mod.1; penyerapan panas; tekanan.

### ABSTRACT

*Nuclear can act as an alternative energy source that can support national electricity supply. Therefore, the peer government needs to consider building a Nuclear Power Plant (NPP) immediately. However, as for the latest accident at Japan's Fukushima Daiichi, which was caused by a natural disaster in the form of an earthquake and tsunami, the reactor cooling system was inactive, due to pump failure and the setting of the emergency generator or cooler did not function. The FASSIP strand system (Passive System Simulation Utility) is one of the concepts of safety in a nuclear reactor that utilizes the natural circulation process in removing heat generated by the reactor core to cool the terrace and protect the reactor vessel. Based on the results obtained, it can be concluded that the pressure on the RCS can affect the temperature produced, the best performance of RCS in heat absorption at press 1.5 Bar with the achievement of absorption of cooler T cooler which reaches  $-3.38$  oC. while at pressure 3 the bar with heat absorption  $\Delta T$  cooler which reaches  $-3.06$  oC while the highest temperature reaches  $-2.94$  °C with pressure on RCS 1.8 Bar.*

**Keywords :** Safety of nuclear power plants; FASSIP-01.Mod.1; heat absorption; pressure.

### PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia dalam melakukan aktivitasnya sehari-hari. Konsumsi listrik di Indonesia saat ini masih terbilang mini, yaitu seperempat dari indikator negara maju di dunia. Dengan angka 956 per Kilowatt-hour (KWh) per kapita, konsumsi listrik Indonesia baru mencapai 23,9 persen dari konsumsi listrik negara maju sebanyak 4 ribu KWh per kapita (Gumelar, 2017).

Nuklir dapat berperan sebagai sumber energi alternatif yang dapat menunjang pasokan energi listrik nasional, maka oleh karena itu pemerintah perlu mempertimbangkan agar dapat segera

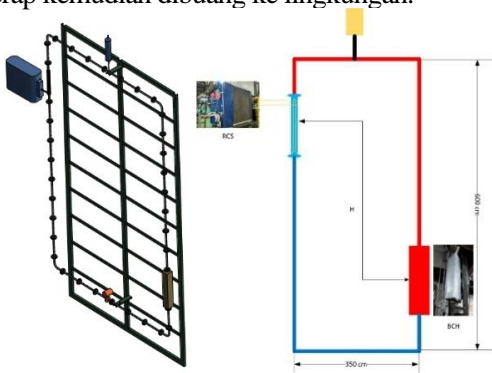
dibangunnya Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). PLTN dapat menghasilkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga fosil maupun lainnya, dengan pertimbangan limbah dan biaya operasional yang lebih rendah. (Wang, et al. 2012)

Adapun peristiwa kecelakaan yang terjadi akibat kebocoran radiasi nuklir di dunia dan memiliki dampak kerusakan lingkungan yang parah yaitu Tree Mile Island Amerika pada tahun 1979, Chernobyl pada tahun 1986, dan Fukushima Daiichi Jepang pada tahun 2011. Mengacu pada kecelakaan yang terbaru di Fukushima Daiichi Jepang, yang disebabkan dari bencana alam berupa gempa bumi

dan tsunami mengakibatkan sistem pendinginan reaktor yang tidak aktif, dikarnakan kegagalan pompa dan terbenamnya genset atau pendingin darurat tersebut mati Hal tersebut dikarnakan padamnya listik akibat bencana alam tersebut, oleh karna itu panas sisa pada reaktor terakumulasi sehingga timbul ledakan hidrogen, dimana hidrogen tersebut bergabung dengan senyawa oksigen sehingga menyebar ke atmosfer, ledakan tersebut mengandung bahan radioaktif.

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. Sistem untai FASSIP (Fasilitas Simulasi Sistem Pasif) adalah salah satu konsep keselamatan dalam reaktor nuklir yang memanfaatkan proses sirkulasi alam dalam membuang panas yang dihasilkan oleh teras reaktor untuk mendinginkan teras dan melindungi bejana reaktor (Juarsa, et al. 2014).

Adapun alat yang kali ini akan menjadi tujuan eksperimen kali ini adalah mengetahui karakteristik kinerja Refrigeran Cooling System (RCS) yang akan dipasangkan pada untai uji FASSIP-01 Mod.1 yang mana RCS tersebut akan berperan sebagai pendingin yang nantinya berfungsi untuk mendinginkan air yang terdapat pada rangkaian untai uji FASSIF-01 Mod.1 dan mengantikan alat yang sebelumnya yang hanya mengandalkan air yang dimasukan kedalam tangki yang dinginkan oleh evaporator yang terhubung dengan condenser yang mana panas yang diserap kemudian dibuang ke lingkungan.



Gambar 1. Untai FASSIP-01 Mod.1

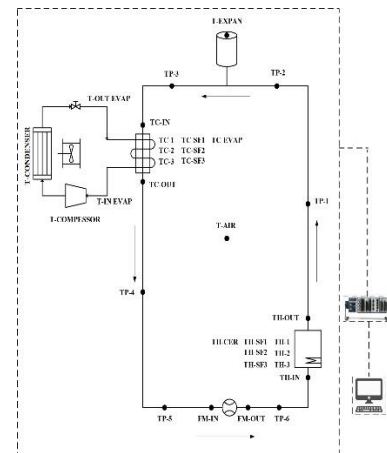
Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa untai FASSIP-01 Mod. terdiri berbagai alat dan bahan yang dapat di lihat pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada Tabel 1 menunjukkan alat yang digunakan dan Tabel 2 menunjukkan bahan yang digunakan.

Tabel 1. Alat pada Untai FASSIP-01 Mod.1

Nama Alat	Jumlah	Keterangan
Refrigeran Cooling System (RCS)	1	Berfungsi sebagai pendingin
Blanket Keramik Heater (BCH)	1	Berfungsi sebagai pemanas
Tabung ekspansi	1	Menjaga tekan pada 1bar
Sistem Akuisisi Data (NI-DAQ) modul arus 9213 mengukur temperatur	1	Untuk membaca temperatur
Termokopel, (tipe K)	34	Sensor pembaca temperatur
Flowmeter,	1	Untuk membaca aliran
Personal Computer (PC)	1	Untuk pengolahan data

Tabel 2. Bahan pada Untai FASSIP-01 Mod.1

Nama Barang	Jumlah	Keterangan
Freon R22	1 tabung	Fulida untuk peyerap panas
Air (fluida kerjanya)		Fulida Kerja
Pipe, Elbow (ø1 inchi, SS304) L 50 cm	40	Loop Untai FASSIP-01 Mod.1
Lem Araldit	3	Perekar Pipa dan lubang termokople



Gambar 2. Skema untai FASSIP-01 Mod.1

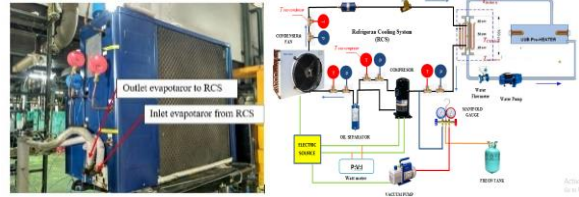
Berdasarkan Gambar 2 merupakan posisi peletakan termokople terdapat untai FASSIP-01 Mod.1 yang masing masing termokople memiliki code berdasarkan pengelompokannya yang dapat dilihat pada gambar 3 adapun peletakan posisi termokople yng ada pada untai FASSIP-01 Mod.1 dapat di lihat pada gambar 2.

No	NI Module	Channel Numbers	Termocouples Name	Position
1	Module 01 (M1) N19214	MI-CH00	TH-01	TC inside pipe in heater area in bottom position
2		MI-CH01	TH-02	TC inside pipe in heater area in middle position
3		MI-CH02	TH-03	TC inside pipe in heater area in top position
4		MI-CH03	TH-SF01	TC in surface pipe at the bottom heater area
5		MI-CH04	TH-SF02	TC in surface pipe at the middle heater area
6		MI-CH05	TH-SF03	TC in surface pipe at the top heater area
7		MI-CH06	TH-IN	TC at the inlet of heater area
8		MI-CH07	TH-OUT	TC at the outlet of heater area
9		MI-CH08	TH-CER	TC in the ceramic heater surface area vertical position
10		MI-CH09	TP-01	TC in at vertical pipe after katana
11		MI-CH10	TP-02	TC in at horizontal pipe before expansion tube
12		MI-CH11	TP-03	TC in at horizontal pipe after expansion tube
13		MI-CH12	TP-04	TC in at vertical pipe after cooling
14		MI-CH13	TP-05	TC in at horizontal pipe before flow meter
15		MI-CH14	TP-06	TC in at horizontal pipe after flow meter
16		MI-CH15	T-AIR	TC in air surrounding facility
17	Module 01 (M1) N19214	MI-CH16	TC-01	TC inside pipe in cooler area in top position
18		MI-CH17	TC-02	TC inside pipe in cooler area in middle position
19		MI-CH18	TC-03	TC inside pipe in cooler area in bottom position
20		MI-CH19	TC-SF01	TC in surface pipe at the top cooler area
21		MI-CH20	TC-SF02	TC in surface pipe at the middle cooler area
22		MI-CH21	TC-SF03	TC in surface pipe at the bottom cooler area
23		MI-CH22	T-EVAP	TC in surface of evaporator
24		MI-CH23	TC-IN	TC at the inlet of heater area
25		MI-CH24	TC-OUT	TC at the outlet of heater area
26		MI-CH25	T-EXP	TC in expansion tank
27		MI-CH26	T-IN EVAP	TC at the inlet of evaporator RCS
28		MI-CH27	T-OUT EVAP	TC at the outlet of evaporator RCS
29		MI-CH28	T-COMP	TC at the outlet of compressor RCS
30		MI-CH29	T-CONDESR	TC at the outlet of condenser RCS
31	MI-CH30	TFM-IN	TC at the inlet of flow meter in pipe	
32	MI-CH31	TFM-OUT	TC at the outlet of flow meter in pipe	
33	MI-CH32	PRESSURE	Pressure transmitter in pipe	
34	Universal Module (M3)	MI-CH33	EM FLOW METER	Electro magnetic flow meter in horizontal pipe in the bottom of rectangular loop FASSIP-01Mod1
35		MI-CH34		
36		MI-CH35		
37		MI-CH36		
38		MI-CH37		
39		MI-CH38		
40			Negatif line	

Gambar 3. Data termokople FASSIP-01 Mod.1

Dari Gambar 3 dapat dilihat posisi letak temokople yang ada pada untai FASSIP-01 Mod 1 yang telah dikelompokan sesuai peletakannya dan di beri warna yang berbeda-beda guna mempermudah proses instalasi dan monitoring temperature. Dari gambar data sheat diatas maka dapat diketahui posisi termokople untuk area cooler yang menjadi titik focus pada eksperimen kali ini.

Area pendingin yang terdapat pada untai FASSIP-01Mod.1 terdiri dari RCS dan pipa pendingin yang terinstal pada loop. berikut ini merupakan tampilan RCS yang ditunjukkan pada gambar 4 dan sekema RCS.



Gambar 4. Skema aliran RCS

Gambar 4 merupakan tampilan RCS yang akan diinstal dengan dengan loop FASSIP-01 Mod1 yang nantinya akan di pariasikan tekanan secara continue dengan rentang 1,5 bar-3,0 bar. sekema yang ada pada RCS dapat di lihat pada gambar 4 merupakan sekema aliran dan komponen yang ada pada RCS.

METODE PENELITIAN

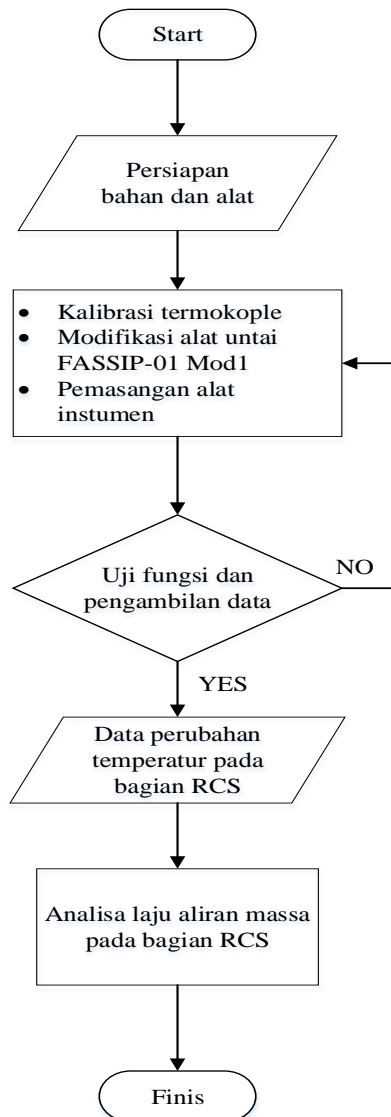
Matrik Eksperimen

Matrik eksperimen merupakan suatu parameter dalam pengambilan data ketika melakukan suatu eksperimen guna memperoleh data awal yang diketahui dan pengolahan data menggunakan software ORIGINLAB 8. Berikut ini merupakan tabel matrik eksperimen pada pengujian kali ini.

Tabel 1. Matrik eksperimen

Waktu (s)	Tekanan (bar)	RCS		Cooler	
		T-IN EVAP (°C)	T-OUT- EVAP (°C)	TC-IN (°C)	TC-OUT (°C)
0	0	Data	Data	Data	Data
900	1,5	Data	Data	Data	Data
1800	1,8	Data	Data	Data	Data
2700	2,1	Data	Data	Data	Data
3600	2,4	Data	Data	Data	Data
4500	2,7	Data	Data	Data	Data
5400	3	Data	Data	Data	Data

Tabel 1 merupakan suatu data yang akan di cari dengan cara melakukan pengamatan secara manual dengan melakukan pencatatna selama 900 detik sekali. data yang di inginkan pada eksperimen kali ini ialah T-IN EVAP, T-OUT EVAP untuk di bagian RCS, sedangkan untuk di bagian cooler ialah TC-IN dan TC-OUT. Adapun skema eksperimen pada kali ini diterangkan pada gambar skema penelitian.



Gambar 5. Skema Eksperimen

Gambar 5 merupakan langkah-langkah yang nantinya bakal menjadi acuan yang akan dilakukan pada eksperimen kali ini dengan tujuan dapat menghasilkan yang diinginkan.

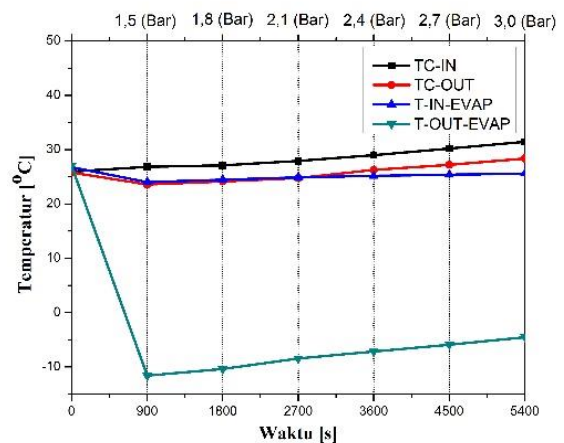
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Setelah melakukan eksperimen kali ini si lakukan secara pengamatan dan pencatatan data yang sesuai dengan yang tertera pada metodologi di atas dan menghasilkan data karakteristik RCS dan cooler yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data hasil penelitian

Waktu (s)	RCS		Cooler		
	Tekanan (bar)	T-IN EVAP (°C)	T-OUT-EVAP (°C)	TC-IN (°C)	TC-OUT (°C)
0	0	26,753	27,027	25,96	25,80
900	1,5	24,031	-11,595	26,86	23,57
1800	1,8	24,462	-10,382	27,10	24,15
2700	2,1	24,902	-8,4335	27,90	24,77
3600	2,4	25,161	-7,1578	28,98	26,25
4500	2,7	25,413	-5,8714	30,20	27,21
5400	3	25,617	-4,5182	31,44	28,38

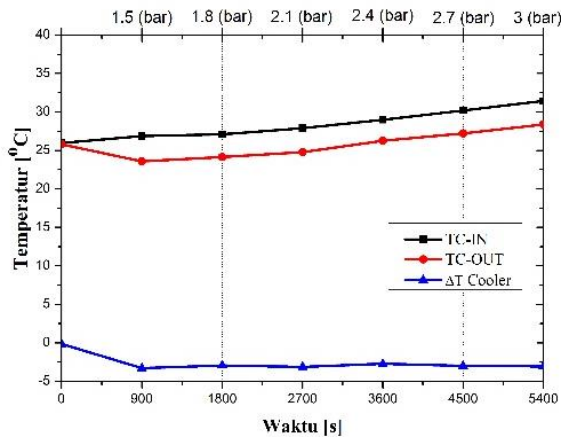
Tabel 2 merupakan hasil dari pengamatan pada saat eksperimen yang nantinya akan di olah kedalam bentuk grafik menggunakan software ORIGINLAB 8 agar dapat diketahui pola yang di hasilkan pada eksperimen untuk karakterisasi temperature pada RCS dan cooler. Berikut ini merupakan hasil grafik yang di hasilkan setelah diolah menggunakan software ORIGINLAB 8 yang dapat di lihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik perbandingan temperatur terhadap waktu keseluruhan

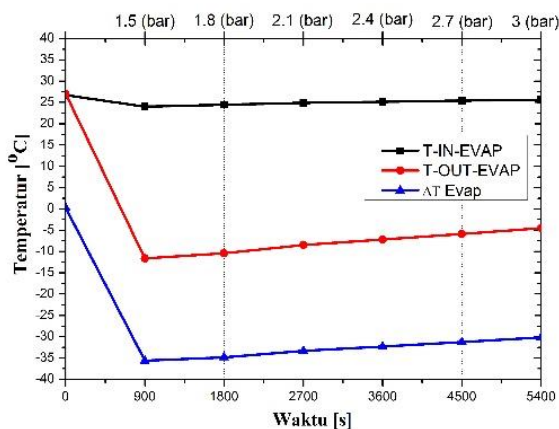
Grafik yang di tujukan oleh Gambar 6 diperoleh hasil perbandingan temperatur terhadap waktu hasil karakterisasi yang telah di olah menggunakan software dan menunjukkan bahwa temperature terendah di tujukan pada T-OUT-EVAP pada detik ke 900 dengan temperature -11,60 °C dan tekanan pada RCS diseting mencapai 1,5 bar. Sedangkan temperature tertinggi di tujukan pada titik termokopel TC-IN pada detik ke 5400 dengan temperature 31,44 °C dan tekanan RCS diseting mencapai 3 Bar. Dari gerafik di atas dapat juga

diperoleh hasil karakteristik temperature terhadap waktu untuk  $\Delta TC$  bagian cooler, yang dapat di lihat pada gambar 7.



**Gambar 7.** Grafik perbandingan temperatur terhadap waktu pada cooler

Grafik temperature terhadap waktu di atas merupakan hasil karakterisasi yang diperoleh dari termolople TC-IN dan TC-OUT maka dipeoleh  $\Delta TC$  yang di tunjukan oleh garis berwarna biru, temperature terendah mencapai  $-0,16$  °C dan yang tertinggi  $-3,13$  °C dan dapat diperoleh hasil rata-rata dari  $\Delta TC$  sebesar  $-2,61$  °C. Adapun dari grafik untuk  $\Delta TE$  dapat di lihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Grafik perbandingan temperatur terhadap waktu pada cooler

Grafik temperature terhadap waktu di atas merupakan hasil karakterisasi yang diperoleh dari termolople T-IN EVAP dan T-OUT EVAP maka dipeoleh  $\Delta TE$  yang di tunjukan oleh garis berwarna biru, temperature terendah mencapai  $-30,14$  °C dan yang tertinggi  $-35,36$  °C dan dapat diperoleh hasil rata-rata dari  $\Delta TE$  sebesar  $-28,18$  °C.

**KESIMPULAN DAN SARAN**

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil yang didapat maka bisa diambil kesimpulan bahwa tekanan pada RCS dapat mempengaruhi temperature yang dihasilkan, performa terbaik RCS dalam penyerapan panas pada tekan 1,5 Bar dengan capaian penyerapan  $\Delta T$  cooler yang mencapai  $-3,38$  °C. sedangkan pada tekanan 3 Bar dengan penyerapan panas  $\Delta T$  cooler yang mencapai  $-3,06$  °C sedangkan temperature tertinggi mencapai  $-2,94$  °C dengan tekanan pada RCS 1,8 Bar.

**DAFTAR PUSTAKA**

Galih Gumelar, Konsumsi Listrik Nasional Masih Seperempat Negara Maju, CNN Indonesia | Senin, 16/01/2017 10:55 WIB

Fukushima Nuclear Accident, diambil dari <https://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima>, diakses pada 24/02/2018 pukul 23.13 WIB

M. Juarsa, J.H. Purba, H.M. Kusuma, T. Setiadi-pura and S. Widodo. Preliminary Study on Mass Flow Rate in Passive Cooling Experimental Simulation During Transient Using NC-Queen Apparatus, Atom Indonesia Vol. 40 No. 3 (2014) 141-147

Mingjun Wang, Hao Zhao, Yapei Zhang, Guanghui Su, Wenxi Tian, Suizheng Qiu. Research on the designed emergency passive residual heat removal system during the station blackout scenario for CPR1000, Annals of Nuclear Energy 45 (2012) 86–93.

M. Misale, P. Garibaldi, J.C. Passos, G. Ghisi de Bitencourt. Experiments in a single-phase natural circulation mini-loop, Experimental Thermal and Fluid Science 31 (2007) 1111–1120.

Yunus A. Cengel, John M. Cimbala, Hand book, Fluid Mechanics Fundamentals and Applications, Second Edition. 2010

T. Sajith Mathews, A. John Arul, U. Parthasarathy, C. Senthil Kumar, K.V. Subbaiah, P. Mohanakrishnan. Passive system reliability analysis using Response Conditioning Method with an application to failure frequency estimation of Decay Heat Removal of PFBR, Nuclear Engineering and Design 241 (2011) 2257–2270.s

D. Lioce, M. Asztalos, A. Alemberti, L. Barucca, M. Froggeri, G. Saiu. AP1000 passive core cooling system pre-operational tests procedure definition and simulation by means of Relap5

- Mod. 3.3 computer code, Nuclear Engineering and Design 250 (2012) 538–547.
- Mingjun Wang, Suizheng Qiu, Wenxi Tian, Guanghui Su, Yapei Zhang. The comparison of designed water-cooled and air-cooled passive residual heat removal system for 300 MW nuclear power plant during the feed-water line break scenario, Annals of Nuclear Energy 57 (2013) 164–172
- Mingjun Wang, Hao Zhao, Yapei Zhang, Guanghui Su, Wenxi Tian, Suizheng Qiu. Research on the designed emergency passive residual heat removal system during the station blackout scenario for CPR1000, Annals of Nuclear Energy 45 (2012) 86–93
- J. Lim, S.W. Choi, J. Yang, D.Y. Lee, S. Rassame, T. Hibiki, M. Ishii. Assessment of passive safety system performance under main steam line break accident, Annals of Nuclear Energy 64 (2014) 287–294.
- Yogi Sirodz Gaos, Mulya Juarsa, Edi Marzuki, Januar Akbar. Efek perubahan sudut kemiringan terhadap perpindahan kalor dan laju aliran air pada untai sirkulasi alamiah, Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor (2011).  
<http://jurnal.batan.go.id/index.php/tridam/article/view/237/225>
- A. Manera, U. Rohde, H.-M. Prasser, T.H.J.J. van der Hagen. Modeling of flashing-induced instabilities in the start-up phase of natural-circulation BWRs using the two-phase flow code FLOCAL, Nuclear Engineering and Design 235 (2005) 1517–1535
- J. Lim, S.W. Choi, J. Yang, D.Y. Lee, S. Rassame, T. Hibiki, M. Ishii. Assessment of passive safety system performance under main steam linebreak accident, Annals of Nuclear Energy 64 (2014) 287–294
- Anhar R, Antariksawan, Surip Widodo, Mulya Juarsa, Giarno, M. Hadi
- Kusuma, and Nandy Putra. Preliminary Investigation of Natural Circulation Stability in FASSIP-01 Experimental Facility using RELAP5 Code, Annals of Nuclear Energy 64 (2014) 287–294
- Yapei Zhang, Suizheng Qiu, Guanghui Su, Wenxi Tian. Design and transient analyses of emergency passive residual heat removal system of CPR1000. Part I: Air cooling condition, Progress in Nuclear Energy 53 (2011) 471–479