

Desain Sistem *Monitoring* dan Kendali Temperatur pada Sistem FASSIP-02

Kussigit Santosa*, Dedy Haryanto, Sumantri Hatmoko, Mulya Juarsa, Mukhsinun Hadi Kusuma
Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional
Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15314, Indonesia
*Email : kussigit@batan.go.id

Abstrak—Desain Sistem Monitoring Dan Kendali Temperatur Pada Sistem FASSIP-02. Perangkat lunak LabVIEW merupakan bahasa pemrograman berbasis grafik. Pemrograman ini lebih mudah digunakan di bidang sistem instrumentasi daripada bahasa pemrograman yang berbasis tulisan (*text command*). Fasilitas simulasi sistem pasif (FASSIP-02) merupakan alat uji sistem pendinginan dengan memanfaatkan sistem sirkulasi alam yang dibangun di laboratorium termohidrolika PTKRN BATAN. Untai uji ini terdiri dari beberapa komponen utama yaitu tangki pendingin air, tangki pemanas air, pemipaan, dan tangki ekspansi. Tangki pemanas air berfungsi untuk mensimulasikan teras reaktor yang membangkitkan panas, sedangkan tangki pendingin air berfungsi untuk mensimulasikan kemampuan pengambilan panas yang dibangkitkan oleh sistem pemanas. Untai uji ini merupakan fasilitas simulasi untuk mengetahui seberapa besar panas sisa bisa diambil oleh sistem pendingin bila terjadi *station blackout*. Desain ini dilakukan untuk membantu dan mempermudah proses pengukuran, monitoring dan pengendalian perekaman data hasil pengukuran dari eksperimen yang akan dilakukan. Metode desain yang dilakukan adalah dengan membuat sebuah virtual instrument dengan menggunakan software LabVIEW, yang kemudian akan dikoneksikan dengan National Instrument data acquisition system. Hasil uji coba desain yang didapatkan menunjukkan bahwa *virtual instrument* yang dibuat dapat digunakan untuk merekam, memonitoring, dan mengendalikan data hasil pengukuran dengan baik. Dengan demikian desain sistem monitoring dan kendali temperatur ini dapat digunakan untuk perekaman, monitoring, dan kendali pada eksperimen FASSIP-02 yang akan dilakukan.

Kata kunci : FASSIP-02, monitoring, kendali, temperatur, *Virtual instrument*, labVIEW

Abstract—Design Of Monitoring And Control Temperature System On FASSIP-02. LabVIEW software is a graphical programming language. This programming is easier to use in the field of instrumentation systems rather than text-based programming languages. Passive system simulation facility (FASSIP-02) is a cooling system test by utilizing natural circulation system built in thermohidrolika laboratory PTKRN BATAN. The test strand consists of several main components: water cooling tank, water heater tank, piping, and expansion tank. The water heater tank serves to simulate the heat generating reactor core, while the water cooling tank serves to simulate the heat-taking capabilities generated by the heating system. This test strand is a simulation facility to find out how much residual heat can be taken by cooling system in case of *blackout station*. This design is done to help and simplify the process of measuring, monitoring and control of data recording

of the measurement results of the experiment to be performed. The design method is to create a virtual instrument using LabVIEW software, which will then be connected to the National Instrument data acquisition system. The results of the design experiments obtained show that the created virtual instrument can be used to record, monitor and control the measurement data well. Thus the design of this temperature monitoring and control system can be used for recording, monitoring and control of the FASSIP-02 experiment.

Keywords : FASSIP-02, Temperature, monitoring, control, *Virtual instrument*, LabVIEW

PENDAHULUAN

Studi mengenai sistem pendinginan pasif mulai dikembangkan dan diteliti lebih lanjut setelah terjadinya kecelakaan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) Fukushima Dai-ichi di Jepang pada Maret 2011. Kecelakaan yang dimulai dengan terjadinya gempa bumi ini mengakibatkan putusnya suplai aliran listrik dari jaringan *eksternal* ke seluruh sistem keselamatan reaktor (*station blackout*, SBO). Sistem keselamatan reaktor pada PLTN tipe PWR generasi III ini hampir seluruhnya mengandalkan sistem keselamatan aktif. Sesaat setelah kejadian, generator diesel yang berfungsi sebagai sumber listrik cadangan bekerja untuk mensuplai daya listrik bagi sistem keselamatan reaktor sehingga seluruh sistem keselamatan reaktor dapat bekerja kembali dengan normal. Namun satu jam setelah itu, tsunami merendam seluruh kawasan PLTN dan mengakibatkan terendamnya pula generator diesel tersebut. Sistem pendingin kemudian gagal bekerja dalam membuang panas sisa hasil peluruhan (*decay heat*) yang terus dihasilkan oleh bahan bakar hingga kemudian PLTN mengalami kecelakaan parah [1-3].

Pembuangan panas sisa hasil peluruhan menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan sehubungan dengan pembangkitan kalor yang tetap dihasilkan oleh bahan bakar pada saat reaktor nuklir mengalami *shutdown*. Kalor yang dibangkitkan tersebut harus dibuang ke lingkungan agar tidak terjadi akumulasi panas di dalam sungkup reaktor. Dengan demikian kecelakaan yang mungkin ditimbulkan akibat akumulasi panas dapat dihindari dan keselamatan sistem reaktor dapat

Kejadian kecelakaan ini menjadi pelajaran sangat berharga untuk terus meningkatkan keselamatan nuklir agar kecelakaan serupa tidak terulang. Keterlibatan sistem

pendingin pasif untuk membuang panas sisa hasil peluruhan harus mulai diterapkan untuk menjadi *redundant* ketika sistem aktif mengalami kegagalan fungsi.

Sistem pendingin pasif dapat membuang panas sisa hasil peluruhan tanpa memerlukan bantuan sumber listrik, pompa dan sumber eksternal lainnya [4]. Sistem pendingin pasif bekerja dengan prinsip sirkulasi alamiah dengan memanfaatkan perbedaan kerapatan fluida dan gravitasi [5]. Fenomena sirkulasi alamiah adalah fenomena yang muncul berdasarkan hukum fisika yaitu akibat perbedaan kerapatan fluida yang dipengaruhi oleh temperatur dan perbedaan ketinggian fluida [6].

Laboratorium Termohidrolika di Subbidang Fasilitas Termohidrolika-BPFKR-PTKRN, akan membangun fasilitas uji untuk mempelajari fenomena sistem pendinginan dengan sirkulasi alami yang diberi nama untai FASSIP-02 (Fasilitas Simulasi Sistem Pasif). Fasilitas tersebut terdiri dari beberapa komponen meliputi antara lain *water heating tank* (WHT), pemipaan, *expantion tank* (ET), dan *water cooling tank* (WCT).

Uji fungsi dan fasilitas ini digunakan untuk menginvestigasi kemampuan sistem pendingin pasif dalam mengambil panas sisa hasil peluruhan pada suatu sistem reaktor generasi maju ketika mengalami kecelakaan akibat SBO. Untuk mendukung penelitian ini maka perlu dipersiapkan sistem pengukuran yang akan digunakan untuk merekam, memonitoring, dan mengendalikannya proses perekaman data hasil eksperimen yang akan dilakukan dengan menggunakan untai FASSIP-02.

Tujuan penelitian ini adalah melakukan desain sistem pengukuran yang akan digunakan untuk mempermudah proses pengukuran, monitoring dan pengendalian perekaman data hasil pengukuran dari eksperimen yang akan dilakukan. Metode desain yang dilakukan adalah dengan membuat sebuah virtual instrument dengan menggunakan software LabVIEW, yang kemudian akan dikoneksikan dengan *National Instrument data acquisition system*.

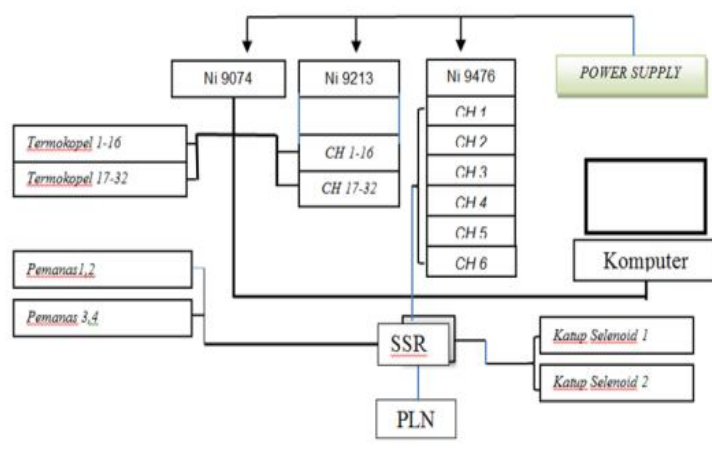
METODE

1. Menentukan modul instrumentasi.

Ada beberapa modul yang harus digunakan dalam desain sistem instrumen-tasi. Modul yang digunakan adalah produksi National Instrument. Modul ini harus sesuai dengan keperluan monitoring dan pengendalian. Modul NI 9213 digunakan untuk pengukuran temperatur karena termokopel yang digunakan memiliki keluaran berupa tegangan. Sedangkan untuk besaran yang aktivasinya berupa arus digunakan NI 9203 yang beroperasi pada ± 20 mA. Modul pengendali menggunakan modul NI 9476, yaitu modul antarmuka untuk pengendalian sinyal digital atau sinyal on-off. Modul ini mempunyai 32 *channel* dan beroperasi pada tegangan 24V. Sedangkan untuk modul utamanya digunakan NI-cDAQ 9178

2. Penyusunan rangkaian.

Modul yang sudah ditentukan pada langkah 1 dipasang dan dirangkai sesuai spesifikasi dan keperluan monitoring dan pengendalian. Diagram blok rangkaian ini dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Diagram blok sistem instrumentasi [7]

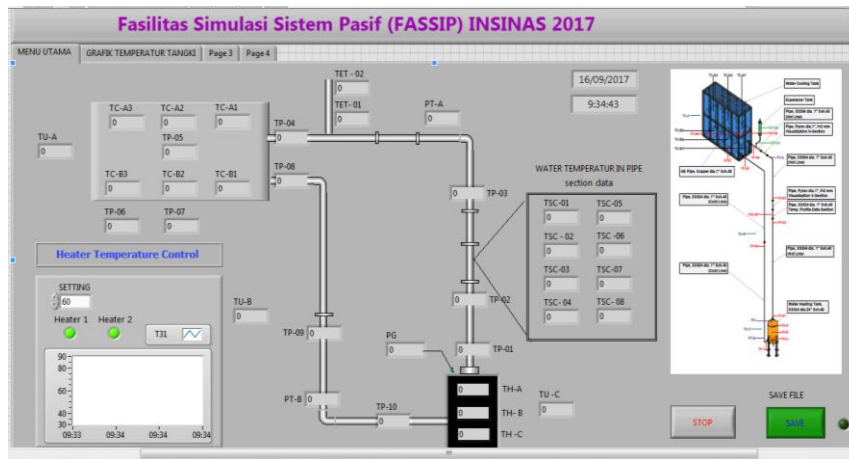
3. Pembuatan perangkat lunak

Pembuatan penggerak perangkat lunak merupakan langkah terakhir. Pemrograman LabVIEW merupakan pemrograman grafik atau *virtual instrument*. Pemrograman ini terdiri dari dua bagian yaitu front panel dan diagram blok. Front panel merupakan tampilan muka bila program tersebut dioperasikan dan diagram blok merupakan inti dari pemrograman tersebut. Perangkat lunak yang dipakai adalah perangkat lunak labVIEW 2011.

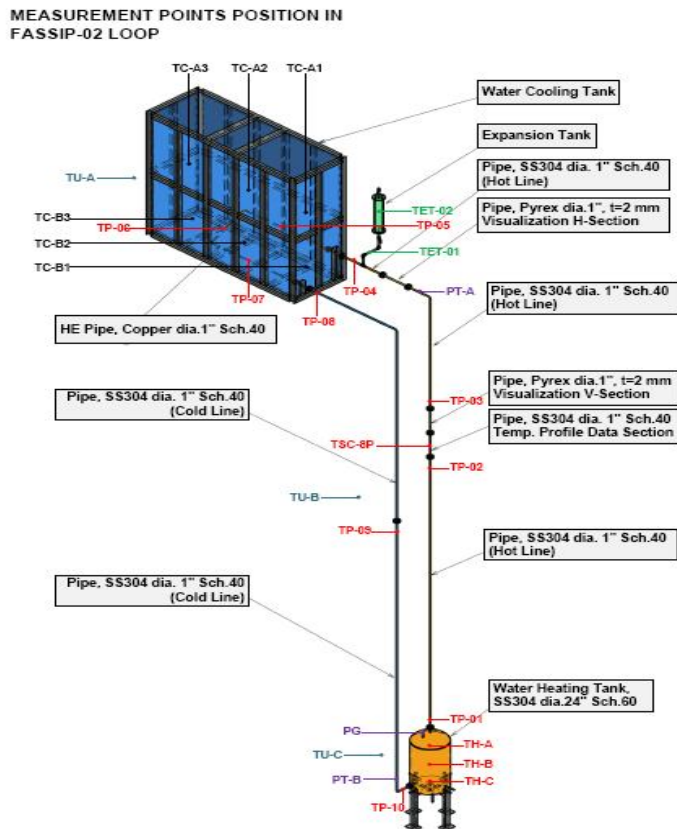
HASIL

Untai FASSIP-02 yang akan dibangun terdiri dari beberapa komponen yang terangkai membentuk suatu instalasi tertutup seperti diagram yang ditunjukkan pada Gambar 1. dan penempatan titik-titik pengukuran seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Dan Tabel 1. Penamaan titik pengukuran disesuaikan dengan lokasi dan fungsi pada sistem FASSIP-02. Jumlah titik-titik pengukuran termokopel pada sistem FASSIP-02 sebanyak 32 titik. Penempatan ini disesuaikan dengan kebutuhan penelitian lebih lanjut dan diharapkan bisa mewakili kondisi secara keseluruhan sistem FASSIP-02. Selain termokopel, ada

beberapa pengukuran dan monitoring yang lainnya yaitu WHT. laju alir air serta tekanan yang terdapat pada pipa dan



Gambar 2. Antarmuka tampilan sistem instrumentasi FASSIP-02



Gambar 3. Penempatan titik pengukuran.

Penamaan titik pengukuran diberikan untuk memudahkan pencarian seandainya terjadi kegagalan atau pengembangan lebih lanjut pada sistem monitoring ini. Penamaan diberikan berdasarkan lokasi dan masing-masing fungsi. Titik-titik pengukuran pada sistem FASSIP-02 dibagi kedalam 3 kelompok, yaitu pada *piping*, *water heating tank* dan *water cooling tank*. Penamaan titik pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Pelabelan titik pengukuran

No.	Label	Peruntukan
1	TP-0x	Temperatur air di pipa

2	TC-0x	Temperatur di kolam pendingin
3	TH-x	Temperatur air di Pemanas

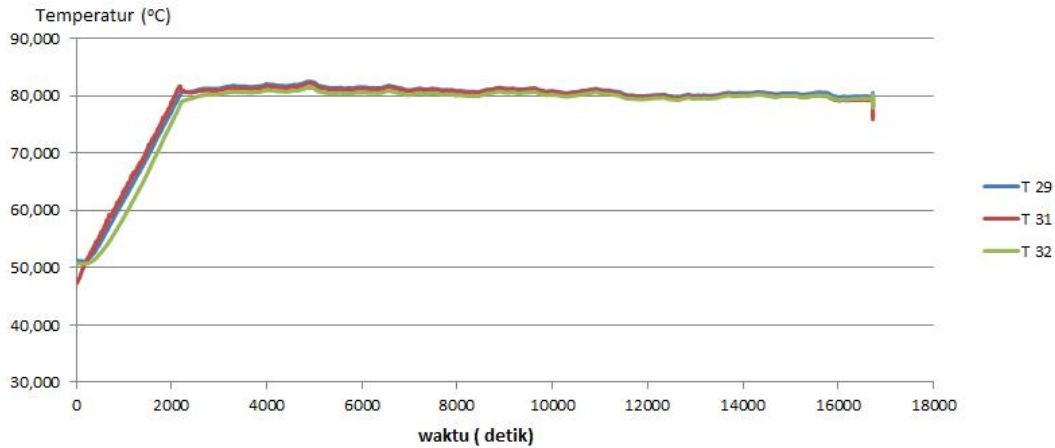
Keterangan : x adalah nomor urut pada masing-masing kelompok.

Banyaknya titik pengukuran untuk TP adalah 11 titik yaitu dimulai TP-01 sampai TP-10. Untuk TC adalah 6 dan dibagi kedalam 2 posisi. Posisi dasar kolam diberi label TC-Bx dan Posisi di permukaan air diberi label TC-Ax. Untuk TH diberi label TH-A, TH-B dan TH-C. Dimana

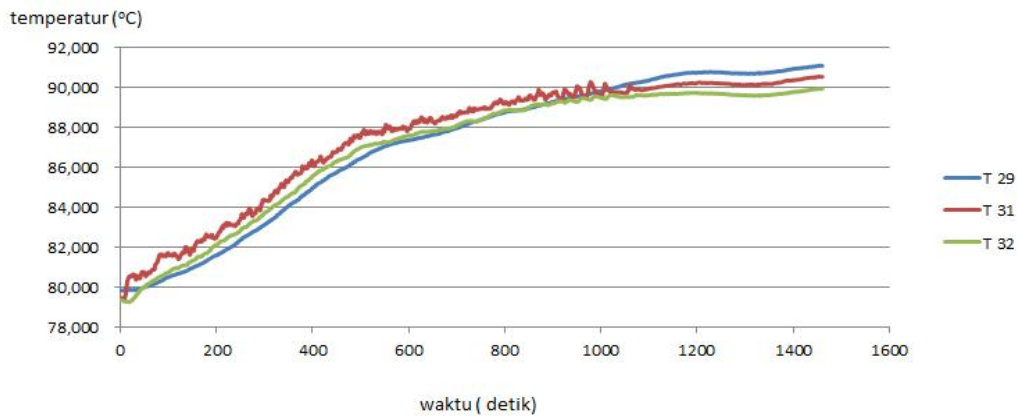
TH-A untuk temperatur WHT bagian atas, TH-B untuk bagian tengah dari WHT dan TH-C untuk temperatur bagian bawah dari WHT.

Setelah sistem pengukuran dibuat, maka pengujian pendahuluan dilakukan dengan mengukur temperatur dan melakukan pengendalian terhadap sistem pada temperature 80°C dan 90°C.

Hasil yang didapatkan dari uji coba pada temperatur uji 80°C dan 90°C dapat dilihat pada Gambar 4 dan 5.



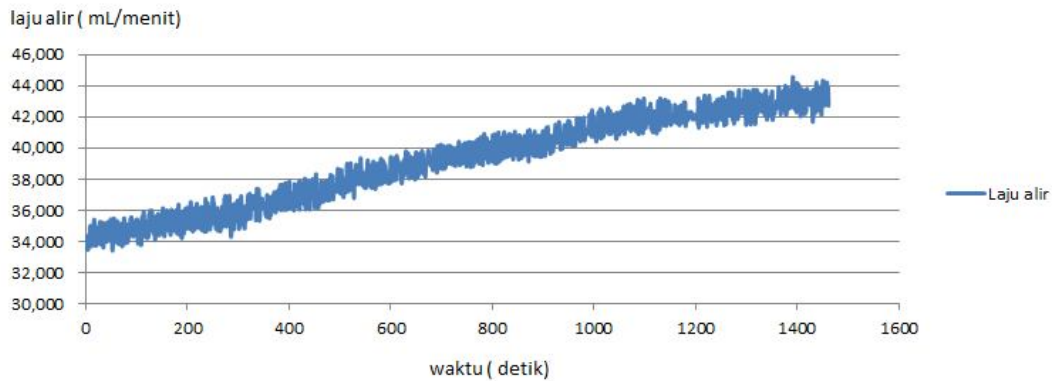
Gambar 4. Pemanasan terkendali pada WHT dengan temperatur 80 °C



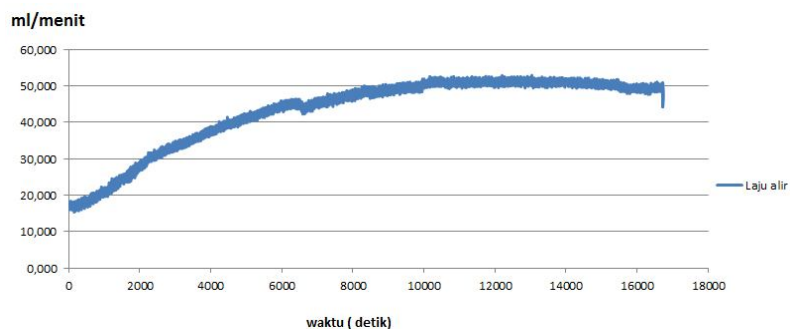
Gambar 5. Pemanasan terkendali pada WHT dengan temperatur 90 °C

Pada Gambar 4 dan 5 dapat dilihat bahwa temperatur air sebesar 80°C dan 90°C dapat dipertahankan konstan pada temperatur yang ditetapkan.

Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui fungsi dari sistem monitoring laju aliran massa sebagai fungsi temperatur ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Pengaruh temperatur terhadap laju alir air pada pipa rectangular pada temperatur 80°C



Gambar 7. Pengaruh temperatur terhadap laju alir air pada pipa rectangular pada temperatur 90°C

Dari Gambar 6 dan 7 dapat dilihat bahwa sistem perekaman dan monitoring laju aliran massa sebagai fungsi temperatur dapat berjalan dan merekam data dengan baik. Terlihat laju aliran massa sirkulasi air yang disebabkan perbedaan temperatur yaitu sebesar 45 ml/menit dan 50 ml/menit pada saat temperatur 80°C dan 90°C.

SIMPULAN

Dari hasil uji pendahuluan pada sistem instrumentasi kendali dan monitoring pada FASSIP-02 dapat disimpulkan bahwa pada temperatur 80°C dan 90°C sistem monitoring dan kendali instrumentasi dapat bekerja dengan baik, yaitu bisa mencatat kondisi temperatur dan laju alir serta bisa mengendalikan temperatur yang sesuai dengan setting awal. Sehingga sistem instrumentasi ini dapat digunakan untuk pengukuran pada sistem FASSIP-02

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih atas dukungan yang diberikan oleh Program Insinas Riset Pratama berjudul Pengembangan Sistem Pendingin Pasif Untuk Manajemen Kecelakaan Reaktor Nuklir Menggunakan Teknologi *Heat Pipe* nomor kontrak 02/INS-2/PPK/E/E4/2017 tanggal 12 Juni – 8 Desember 2017 tahun anggaran 2017, Kepala BPFKR selaku atasan langsung dan teman-teman Subbidang Fasilitas Termohidrolika atas diskusi teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Antariksawan, "Accident Analysis of PWR Station Blackout With Pump Seal Leak Using Melcor 1.8. 4," 2000.
- [2] M. Juarsa, "dkk. Studi eksperimental laju aliran massa air berdasarkan perubahan sudut kemiringan untai pada kasus sirkulasi alamiah menggunakan untai sirkulasi alamiah (USSA-FT01)," *Jurnal Material dan Energi Indonesia, Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Padjajaran*, vol. 1, pp. 22-30, 2011.
- [3] M. H. Kusuma, N. Putra, S. Ismarwanti, and S. Widodo, "Simulation of Wickless-Heat Pipe as Passive Cooling System in Nuclear Spent Fuel Pool Using RELAP5/MOD3. 2," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 7, pp. 836-842, 2017.
- [4] V. Jain, A. Nayak, P. Vijayan, D. Saha, and R. Sinha, "Experimental investigation on the flow instability behavior of a multi-channel boiling natural circulation loop at low-pressures," *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 34, pp. 776-787, 2010.
- [5] Y. Zhang, S. Qiu, G. Su, and W. Tian, "Design and transient analyses of emergency passive residual heat removal system of CPR1000. Part I: Air cooling condition," *Progress in Nuclear Energy*, vol. 53, pp. 471-479, 2011.
- [6] M. Wang, W. Tian, S. Qiu, G. Su, and Y. Zhang, "An evaluation of designed passive Core Makeup Tank (CMT) for China pressurized reactor (CPR1000)," *Annals of Nuclear Energy*, vol. 56, pp. 81-86, 2013.
- [7] K. Santosa and D. Haryanto, "DESAIN SISTEM OTOMATI SASI KATUP PADA UNTAI UJI BETA

MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK LAB VIEW,"
SIGMA EPSILON-Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan

Reaktor

Nuklir,

vol.

18,

2016.