

RANCANG BANGUN SISTEM OTOMATISASI KATUP PADA UNTAI UJI BETA MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK *LABVIEW*

Kussigit Santosa, Sudarno, Dedy Haryanto

Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir (PTKRN) - BATAN

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SISTEM OTOMATISASI KATUP PADA UNTAI UJI BETA MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK *LABVIEW*. Fenomena perpindahan panas dua fasa yang terjadi pada celah sempit yang berbentuk pelat pada Untai Uji Beta (UUB) penting untuk dikaji terutama pada saat terjadi kehilangan pendingin (*Loss of Coolant*) LOCA pada PLTN tipe PWR. Untuk menunjang pengkajian ini diperlukan sistem instrumentasi yang memadai terutama untuk meningkatkan keandalan dan keselamatan operator yang selama ini dilakukan secara manual, yaitu merancang otomatisasi katup bukaan sistem primer pada UUB berdasarkan temperatur pendingin. Tujuan rancang bangun adalah untuk mendapatkan sistem instrumentasi kendali katup yang bekerja secara otomatis sehingga memudahkan peneliti dalam melaksanakan kegiatan eksperimen dengan menggunakan fasilitas UUB. Kegiatan rancang bangun dimulai dengan menentukan modul-modul yang berhubungan dengan parameter besaran fisis yaitu modul NI 9213 (*termokopel*) untuk memantau temperatur dan modul NI 9476 (*digital I/O*) untuk mematikan dan menyalakan pemanas. Setelah merangkai modul-modul tersebut menjadi satu kesatuan sistem otomatisasi kendali maka dibuat program kendali menggunakan perangkat lunak *LabVIEW* 2011. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengaturan temperatur pendingin pada 55 - 60 °C dapat dicapai pada menit ke-28 dimulai dari suhu kamar dan pemanas mati dan pemanas hidup kembali pada menit ke-98. Dengan demikian sistem otomatisasi katup bukaan pada sistem pendinginan sistem primer dapat digunakan untuk kegiatan eksperimen di UUB.

Kata kunci: rancang bangun, otomatisasi, untai uji BETA, *LabVIEW*

ABSTRACT

DESIGNING THE VALVE AUTOMATION SYSTEM IN THE BETA TEST LOOP USING THE *LABVIEW*. Two-phase heat transfer phenomena that occur on plate-type narrow channel on BETA Test Loop is important to be studied, particularly in the event of loss of coolant accident (LOCA) in the PWR type of Nuclear Power Plant. To support this study, an adequate instrumentation system is required primarily to improve the reliability and safety of the operator that has been done manually by designing a valve opening automation in the test loop based on the coolant temperature. The design is aimed to obtain an automatic valve control instrumentation system that can ease the researchers to conduct the experiment using the BETA Test Loop. The design activity was started by determining interfaces associated with the physical quantities such as the NI 9213 thermocouple to monitor the temperature and the NI 9476 (*digital I/O*) to turn the heater on and off. After assembling those interfaces together as a single unit of automation control system, then a control program was developed using the *LabVIEW* 2011 software. The test result shows that the regulation of the coolant temperature at 55 - 60 °C can be reached in 28 minutes starting from the room temperature and the heating system is "off" and back to "on" again at the minute of 98. Therefore, the automation system of the opening valve in the primary cooling system can be used for the experiment activity in the BETA Test Loop.

Keywords: design, automation, BETA test loop, *LabVIEW*

PENDAHULUAN

Pusat Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir (PTKRN) BATAN khususnya pada Bidang Pengembangan Fasilitas Keselamatan Reaktor (BPFKR) mempunyai beberapa fasilitas eksperimen diantaranya adalah QUEEN-1, QUEEN-II, HeaTING I dan HeaTING II^[1] yang terintegrasi dengan fasilitas Untai Uji BETA (UUB). Fasilitas eksperimen ini digunakan untuk mempelajari fenomena perpindahan panas dalam bentuk geometri dan dimensi yang berbeda. Fasilitas UUB adalah sarana untuk mempelajari fenomena pendinginan pada teras reaktor terutama pada saat terjadinya peristiwa *Loss of Coolant Accident (LOCA)* dimana teras reaktor kekurangan air akibat bocornya pipa pendingin primer pada reaktor. Kekurangan air pendingin ini akan menyebabkan temperatur selongsong bahan bakar akan naik, sehingga sistem pendingin teras darurat akan bekerja secara otomatis^[2]. Untuk menggunakan fasilitas-fasilitas ini diperlukan sirkulasi air pendingin yang bisa dikendalikan dan dipantau.

Untuk melakukan eksperimen pada UUB diperlukan air pendingin yang dapat diatur temperaturnya dan disirkulasikan pada temperatur tertentu pada saat digunakan untuk proses pendinginan. Untuk mengatur temperatur air pendingin pada UUB terdapat *preheater* dan tangki ekspansi (*reservoir*)^[3,4]. Tangki *reservoir* berfungsi sebagai cadangan air pendingin apabila air pendingin yang terdapat pada *preheater* mulai berkurang. Pada saat ini pengendalian aliran pendingin ini masih dikendalikan secara manual artinya kapan temperatur air pendingin bisa digunakan sebagai

pendingin dan kapan katup dibuka dan ditutup dilakukan secara manual^[4]. Karena begitu pentingnya persediaan air pendingin ini maka dilakukan kegiatan perancangan otomatisasi katup bukaan pada sistem primer UUB untuk mengkondisikan temperatur air pendingin.

Metode yang digunakan pada kegiatan ini adalah penggantian katup bukaan manual dengan jenis katup selenoid, dimana katup ini bisa dikendalikan oleh sistem instrumentasi berdasarkan temperatur pendingin. Pengendalian dan pengkondisian temperatur dan bukaan katup dicapai dengan menggunakan Modul pengolahan data Ni 9074 cRIO, Modul NI 9476 (*digital I/O*), dan Modul termokopel NI 9213 yang dikendalikan dengan perangkat lunak LabVIEW^[5]. Tujuan akhir dari otomatisasi ini adalah untuk meringankan beban operator UUB, meningkatkan keandalan serta memudahkan pengambilan data pada penelitian lebih lanjut tentang fenomena pendinginan. Hasil dari kegiatan ini berupa sistem otomatisasi katup bukaan yang dikendalikan secara komputerisasi pada fasilitas UUB.

TEORI

Modul Ni 9074 cRIO

Modul ini merupakan modul utama *Input Output* yang diproduksi oleh *National Instruments*. Hubungan antara masing-masing modul harus sesuai dengan spesifikasi. Modul ini dapat di tata ulang kembali (*reconfigurable IO*) serta *chassis* nya mempunyai ekspansi *ethernet* yang seluruhnya dalam bentuk kompak. Modul ini terdiri dari 7 slot

yang masing-masing slot bisa diakses sendiri sendiri seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Modul Ni 9074 cRIO^[6]

Modul Ni 9213

Modul ini merupakan pengkondisi sinyal dan bersifat penguatan. Termokopel yang dapat dipasang pada modul ini adalah tipe J, K, T, E, N, B, R dan S. Jumlah kanal adalah 16^[9]. Pada kegiatan ini, modul Ni 9213 menerima masukan yang berasal dari sensor termokopel tipe K yang mempunyai jangkauan pengukuran -200 °C sampai dengan 1250 °C sebanyak 2 buah. Bentuk modul ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Modul Ni 9213^[7]

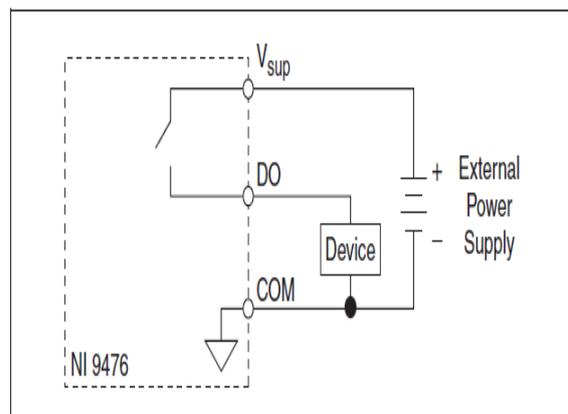
Modul NI 9476

Merupakan modul antarmuka yang digunakan untuk pengendalian sinyal digital atau sinyal *on off*. Modul ini mempunyai 32 kanal dan beroperasi pada tegangan 24 Volt. Modul ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Modul NI 9476^[8]

Konfigurasi penyambungan pada modul Ni 9476 ke *device* misalnya *Solid State Relay* (SSR) dan catu daya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Konfigurasi kaki keluaran pada Ni 9476 ke *device*^[8]

Solid State Relay (SSR)

Adalah saklar elektronik yang di dalamnya tidak mempunyai bagian yang bergerak secara mekanik. Beberapa Jenis SSR diantaranya adalah *photo-coupled SSR*, *transformer-coupled SSR*. Sebuah foto digabungkan SSR dan dikontrol oleh sinyal tegangan rendah yang terisolasi secara optik dari beban. Sinyal kontrol dalam foto yang biasanya digabungkan dengan SSR adalah sebuah led yang mengaktifkan sebuah foto dioda untuk mengaktifkan beban. Salah satu contoh SSR dapat dilihat pada Gambar 4 .



Gambar 4. Solid State Relay

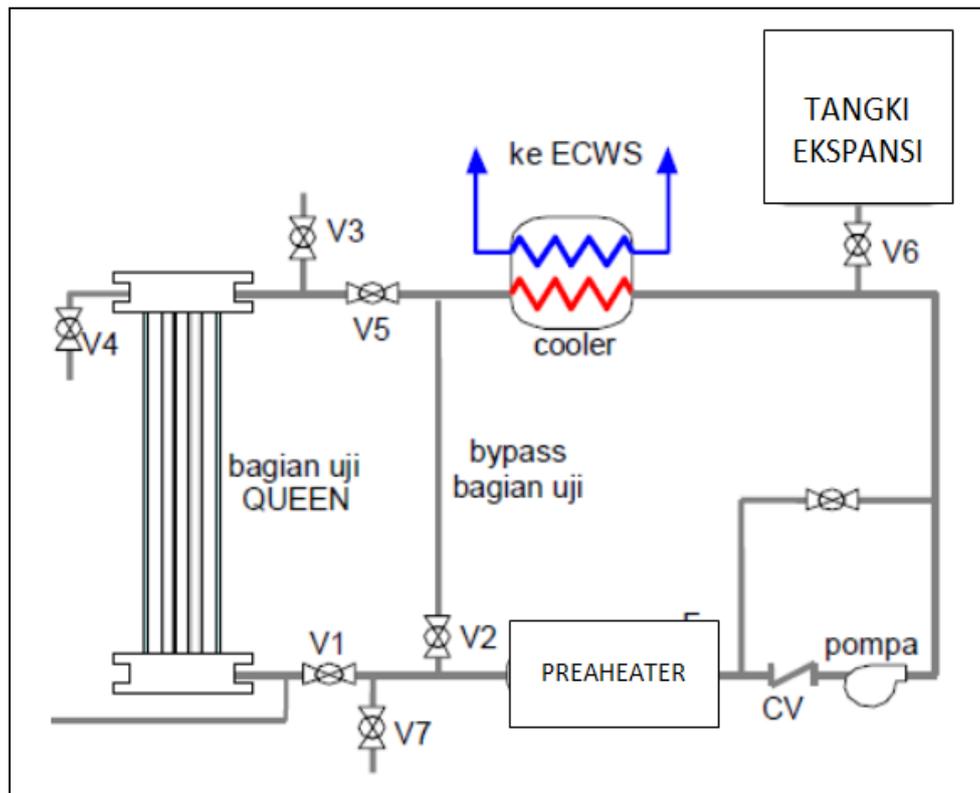
Pada SSR terdapat spesifikasi yang menggambarkan karakterisasi dari komponen tersebut, diantaranya adalah tegangan masuk dan tegangan keluaran beserta arus maksimum yang bisa melewatinya. Pada Gambar 4, tegangan input 3 – 32 Volt DC, output 24-380 Volt AC dan arus maksimum yang bisa dihantarkan adalah 40 Ampere .

TATA KERJA

Langkah pertama perancangan adalah mempelajari spesifikasi modul dan bahan yang akan digunakan. Setelah semua modul dan bahan siap maka langkah kedua adalah merangkai modul-modul dan bahan tersebut sesuai spesifikasi dan fungsi yaitu modul termokopel, modul masukan keluaran digital, catu daya, *solid state relay* dan sensor temperatur termokopel tipe K. Langkah terakhir adalah membuat program *driver* dan antarmuka tampilan menggunakan perangkat lunak LabVIEW versi 2011. Bahan dan alat yang digunakan dalam merancang bangun sistem otomatisasi katup adalah sebagai berikut:

- 1 unit Ni cRIO 9074
- 1 unit Modul NI 921
- 1 unit Modul NI 9476
- 1 unit Power suply DC 24 Volt
- 6 unit *Solid State Relay* (Input 3-32 Volt DC, Output 40 Ampere, 220 Volt)
- 2 unit katup solenoid 220 Volt
- 4 unit *preheater* dengan *heater* (@4000 Watt)
- Tangki ekspansi (*reservoir*) dengan *heater* 4 x 4000 Watt
- Perangkat Lunak LabVIEW 2011.

Gambar 5 menunjukkan diagram alir UUB dimana V1 dan V6 adalah posisi katup yang akan dikendalikan secara otomatis berdasarkan sistem yang akan dibuat. Untuk dapat dikendalikan secara otomatis, kedua katup diganti dengan katup solenoid dengan tegangan 220 Volt.

Gambar 5. Diagram alir Untai Uji BETA^[2]

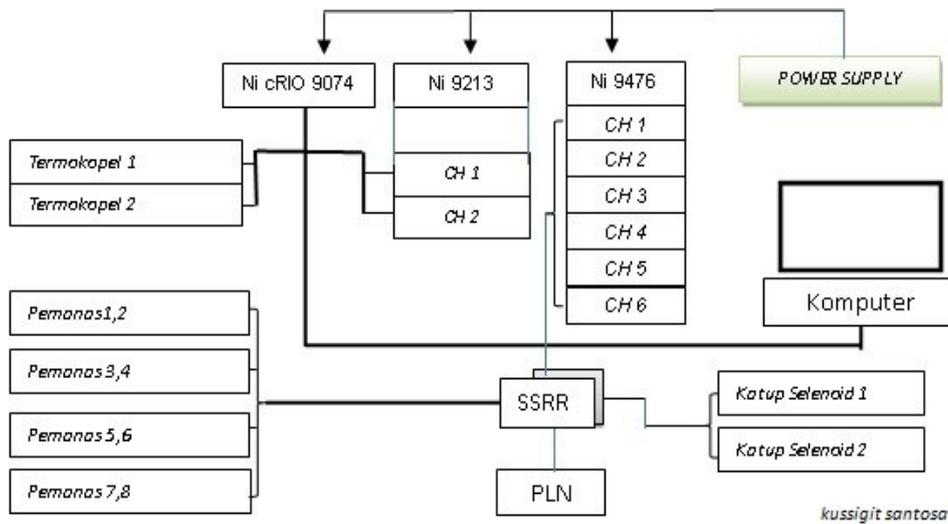
Tangki ekspansi yang terdapat pada UUB merupakan tangki penyimpanan air pendingin (*reservoir*) yang fungsinya untuk cadangan air pendingin bila air pendingin yang terdapat pada tangki *preheater* berkurang. Aliran air dari *reservoir* dikendalikan dengan Katup Selenoid V6, sedangkan aliran air ke bagian uji diatur dengan Katup Solenoid V1. Kedua katup akan membuka bila temperatur air pendingin yang terdapat di *preheater* sudah sesuai dengan yang diinginkan. Air yang terdapat pada tangki *preheater* maupun tangki ekspansi dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pendinginan benda uji. Pengaturan temperatur ini dapat dicapai dengan menyalakan dan mematikan pemanas agar temperatur air pendingin sesuai dengan yang diinginkan.

Pengaturan ini dilakukan dengan menentukan (*setting point*) temperatur yang diinginkan

pada alat otomatisasi yang sudah terkomputerisasi. Penentuan pengaturan nilai temperatur ini bisa divariasikan tergantung keperluan eksperimen. Pada kegiatan ini ditetapkan batas bawah 55 °C dan batas atas 60 °C. Proses menyalakan dan mematikan pemanas ini dikendalikan oleh modul Ni 9476 melalui kontak relay SSR yang dipicu oleh sinyal batas dan batas bawah yang dibangkitkan oleh modul Ni 9213. Demikian juga pembukaan dan penutupan katup. Termokopel yang terdapat pada tangki ekspansi terkondisi, dan tangki *preheater* berfungsi untuk memantau apakah temperatur air pendingin pada tangki ekspansi dan tangki *preheater* sudah sesuai dengan temperatur yang diinginkan. Jika temperatur air sudah sesuai dengan yang diinginkan. Maka modul utama akan memerintahkan aliran listrik pada pemanas untuk

dihentikan dan katup solenoid untuk membuka.
Konfigurasi blok diagram sistem otomatisasi

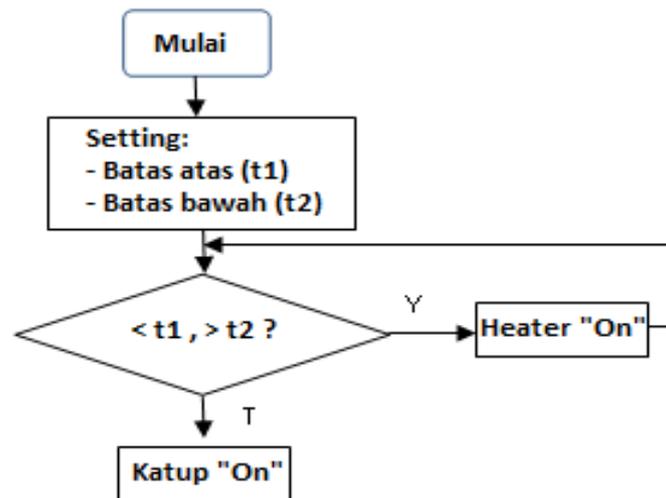
yang menunjukkan hubungan antar modul dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Blok otomatisasi katup bukaan sistem primer dengan modul Ni

Diagram alir otomatisasi katup bukaan pada fasilitas UUB dengan parameter temperatur dapat dilihat pada Gambar 7. Diagram alir tersebut menunjukkan bahwa pengoperasian

katup bukaan bergantung pada kondisi temperatur pendingin yang diatur berdasarkan setting batas atas dan bawah temperatur yang berhubungan dengan pengoperasian Heater

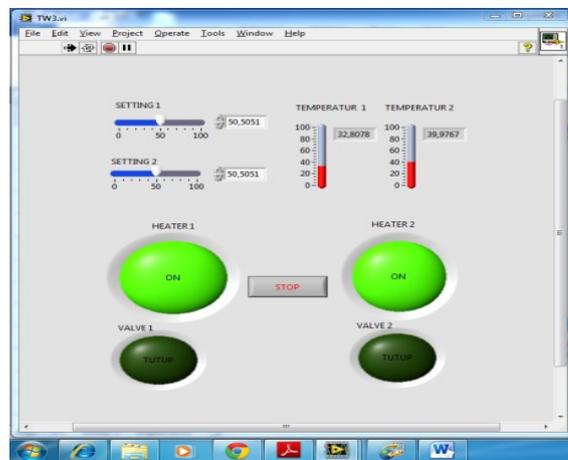


Gambar 7. Diagram alir otomatisasi katup bukaan

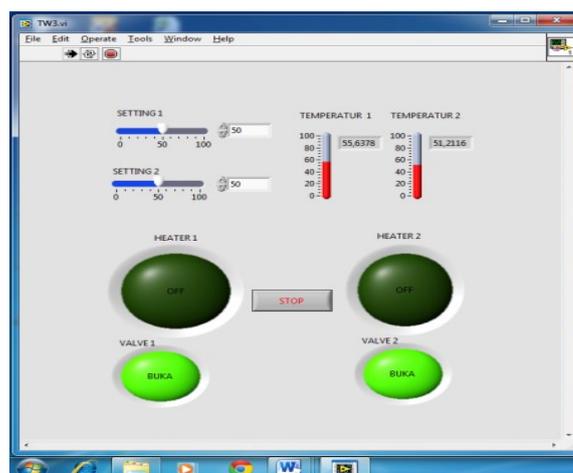
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian pemrograman otomatisasi katup bukaan sistem primer pada UUB dapat dijelaskan sebagai berikut. Langkah pertama adalah menentukan harga awal temperatur yang diinginkan dengan mengatur tombol geser *Setting 1* dan *Setting 2*. Selama Temperatur 1 dan Temperatur 2 di bawah nilai *Setting 2* (batas atas) maka *Heater 1* dan *Heater 2* akan menyala (ON) dan katup bukaan tetap menutup (OFF).

Bila Temperatur 1 dan Temperatur 2 melebihi batasan batas atas yang telah ditentukan, maka *Heater 1* dan *Heater 2* akan tidak beroperasi (OFF) dan Katup 1 dan Katup 2 menyala (ON) atau katup bukaan akan terbuka. Pada pengujian di atas dicoba dengan temperatur pendingin pada kisaran $55^{\circ}\text{C} - 60^{\circ}\text{C}$. Kondisi tersebut ditunjukkan dalam bentuk tampilan kendali yang dikembangkan dengan LabVIEW seperti disajikan pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Kondisi pertama, *Heater ON*, Katup OFF



Gambar 9. Kondisi kedua, *Heater OFF*, Katup ON

Rangkaian modul dan program otomatisasi di atas kemudian diuji di lapangan dengan mengoperasikan UUB. Hasil uji coba sistem

otomatisasi katup bukaan ini dapat disajikan pada Tabel 2 dalam bentuk pengukuran temperatur pendingin.

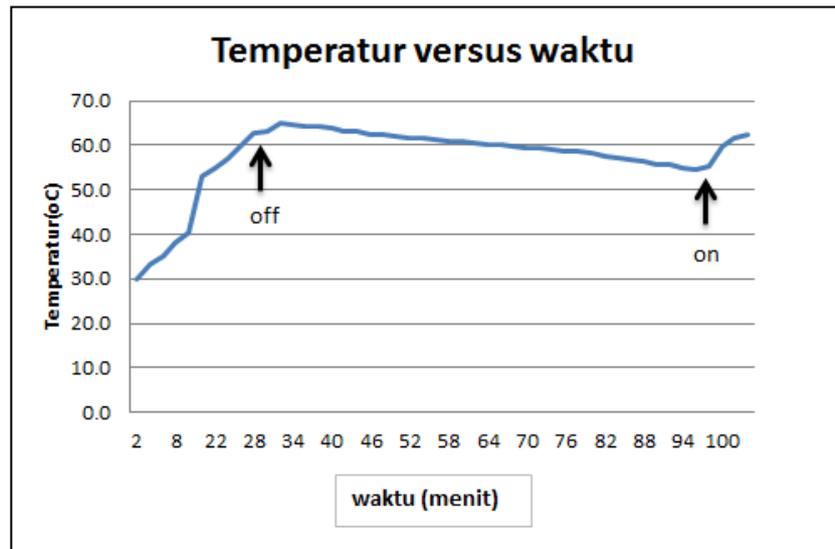
Tabel 2. Rangkuman hasil pengukuran temperatur untuk otomatisasi katup

Waktu (menit)	TC-1 (°C)	TC-2 (°C)	Trerata (°C)
10	38,3	42,1	40,2
20	51,9	53,9	52,9
22	53,8	55,9	54,9
24	55,7	58,4	57,0
26	58,4	61,2	59,8
28	62,0	63,7	62,8
30	62,0	63,9	63,0
32	64,0	65,8	64,9
34	64,0	65,3	64,7
36	63,8	65,0	64,4
38	63,5	64,7	64,1
40	63,2	64,5	63,9
42	63,0	63,3	63,2
44	62,9	63,2	63,1
46	62,0	63,1	62,6
48	61,7	62,8	62,3
50	61,5	62,5	62,0
52	61,3	62,2	61,8
54	61,1	61,9	61,5
56	60,9	61,6	61,3
58	60,7	61,3	61,0
60	60,5	61,0	60,8

Waktu (menit)	TC-1 (°C)	TC-2 (°C)	Trerata (°C)
62	60,3	60,7	60,5
64	60,1	60,4	60,3
66	59,9	60,1	60,0
68	59,7	59,8	59,8
70	59,5	59,5	59,5
72	59,3	59,2	59,3
74	59,1	58,9	59,0
76	58,9	58,6	58,8
78	58,7	58,3	58,5
80	58,5	58,0	58,3
82	57,3	57,7	57,5
84	57,2	57,4	57,3
86	56,5	57,1	56,8
88	55,7	56,8	56,3
90	55,2	56,5	55,9
92	54,9	56,2	55,6
94	54,5	55,5	55,0
96	54,1	54,8	54,5
98	56,2	54,1	55,2
100	60,4	58,9	59,7
102	61,5	62,0	61,8
104	62,0	63,0	62,5

Kondisi nilai pengaturan untuk *Setting 1* (batas bawah) adalah 55 °C dan *Setting 2* (batas atas) adalah 60 °C. Pada saat pertama kali dioperasikan (pemanas dinyalakan) yaitu pada menit ke-10 temperatur di tangki ekspansi dan *pre-heater* tercatat 38,3 °C dan 42,1 °C yang akan naik sesuai dengan fungsi waktu. Pada menit ke-28, temperatur tersebut melewati batas atas sehingga modul Ni 9476 mengeluarkan sinyal untuk mematikan SSR (*Solid State Relay*) sehingga pemanas juga mati (OFF). Temperatur pendingin

akan bertahan pada rentang 55 - 60 °C hingga menit ke-98. Pada menit ke- 98 ketika temperatur pendingin berada pada nilai rerata 55,2 °C, modul Ni 9476 terpicu oleh sinyal dari *setting* batas bawah, sehingga modul Ni 9476 akan kembali ke posisi menghantarkan listrik (ON). Kondisi ON-OFF ini akan terjadi berulang-ulang sesuai *setting* awal dimana perubahan temperatur terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Perubahan temperatur pendingin pada UUB terhadap waktu

KESIMPULAN

Hasil uji coba sistem otomatisasi katup pada Untai Uji BETA menunjukkan bahwa katup bukaan yang ingin diatur dapat beroperasi secara otomatis mengikuti perubahan temperatur pendingin yang dipengaruhi oleh kondisi *Heater*. Rangkaian modul instrumentasi dapat mendeteksi perubahan temperatur pendingin dan mengatur pengoperasian *Heater* dan katup bukaan. Tampilan sistem kendali yang dikembangkan dengan program LabVIEW juga dapat bekerja untuk mengatur pengoperasian katup bukaan melalui perangkat komputer. Dengan demikian sistem otomatisasi ini akan sangat membantu kinerja dan mengurangi beban operator dalam melakukan eksperimen pada Untai Uji BETA.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terimakasih kepada teman-teman Subbidang Fasilitas Termohidrolika, atas diskusi teknis dan bantuannya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan

DAFTAR PUSTAKA

1. MULYA JUARSA, "Analisis Perpindahan Panas Pendidihan Pada Eksperimen Reflooding Menggunakan Bagian Uji QUEEN", Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Reaktor, Yogyakarta 13 Juli 2004
2. MULYA JUARSA, PURADWI I.W., "Studi Awal Pendinginan Pada Batang Pemanas Bertemperatur Tinggi Menggunakan Bagian Uji QUEEN-II", Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Reaktor, Yogyakarta 10 Juli 2007
3. KUSSIGIT S, dkk, "Analisis Efisiensi *Heater* dan Tangki Ekspansi Terkondisi pada Untai Uji BETA", Prosiding Seminar Nasional ke-19 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir Yogyakarta, 9-10 September 2014

4. KUSSIGIT S, “Aplikasi Labview berbasis *field programmable gate array* (FPGA) Ni cRIO 9074 pada Sistem Pengukuran Temperatur Heating-02”, Prosiding Seminar Nasional ke-19 Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir Yogyakarta, 11 September 2013
5. NATIONAL INSTRUMENTS™, ”Operating Instructions and Specifications CompactRIO™ cRIO-9074”, Juni 2010
6. NATIONAL INSTRUMENTS™, “Lab View with cRIO Tutorial Control System Design”. 14 Februari 2006
7. NATIONAL INSTRUMENTS™, ”Operating Instructions and Specifications Ni 9213”. Maret 2009
8. NATIONAL INSTRUMENTS™, ”Operating Instructions and Specifications Ni 9476. April 2008
9. NATIONAL INSTRUMENTS™, ”Tutorial, Manual LABVIEW” , Edisi Januari 2011.