

Sistem Monitoring Perpindahan Panas pada Water Cooling Tank FASSIP-02 Berbasis LabView

Sumantri Hatmoko, Kussigit Santosa, Dedy Haryanto, Giarno
Badan Tenaga Nuklir Nasional, Pusat Teknologi Keselamatan dan Reaktor Nuklir
Kawasan Puspitek Gd. 80 Tangerang Selatan, Banten
Email: sumantri_08@batan.go.id

Abstrak—Sistem Monitoring Perpindahan Panas Pada Water Cooling Tank FASSIP-02 Berbasis Labview. Dalam rangka kegiatan INSINAS Kemenristekdikti tahun 2017 di laboratorium fasilitas termohidrolika PTKRN BATAN dibangun fasilitas simulasi pendingin pasif teras reaktor ketika terjadi *station blackout*. Fasilitas tersebut diberi nama Fasilitas Simulasi Sistem Pasif versi ke dua (FASSIP-02). Pada FASSIP-02 terdapat fasilitas *water cooling tank*. Fungsi *water cooling tank* untuk mengkondisikan temperatur bagian pendingin FASSIP-02. Pada kegiatan ini dilakukan pembuatan sistem monitoring perpindahan panas *water cooling tank* pada FASSIP-02 berbasis Labview yang terdiri dari input laju aliran massa air, kalor spesifik fluida dan perbedaan temperatur. Tujuan kegiatan ini adalah membuat sistem monitoring perpindahan panas pada WCT FASSIP-02 yang dapat memonitoring, mengolah dan menyimpan data secara komputersisasi secara *realtime*. Untuk perangkat keras sistem monitoring perpindahan panas pada *water cooling tank* FASSIP-02 berbasis labview menggunakan modul akuisisi data *National Instrument CDAQ 9178* dan modul termokopel *National Instrument 9213*. Untuk perangkat lunaknya menggunakan Labview kemudian perangkat keras dikoneksikan dengan komputer dan perangkat lunak yang telah dibuat dengan Labview. Hasil dari pembuatan program sistem monitoring perpindahan panas pada *water cooling tank* FASSIP-02 berbasis labview adalah dapat menampilkan dan merekam perhitungan perpindahan panas *water cooling tank* FASSIP-02.

Kata kunci : Perpindahan panas, *Water cooling tank*, FASSIP-02, Labview

Abstract—Monitoring System Of Heat Transfer In Water Cooling Tank FASSIP-02 Based Labview. In the framework of INSINAS Kemenristekdikti activities in 2017 at the laboratory of PTKRN BATAN thermohydraulic facility will be built simulation for passive core cooling of the reactor core when it occurs *blackout station*. The facility is named Second Passive System Simulation Facility (FASSIP-02). At FASSIP-02 there is a *water cooling tank* facility. *Water cooling tank* function to condition the cooling temperature of FASSIP-02. In this activity a *water cooling tank* heat transfer monitoring system was performed on a Labview based FASSIP-02 consist of input water mass flow rate, specific heat of fluids and temperature difference. The purpose of this activity is to create a heat transfer monitoring system on WCT FASSIP-02 that can monitor, process and store data in computerized *realtime*. For hardware of monitoring system of heat transfer in *water cooling tank* based Labview using national instrument CDAQ 9178 and 9213 thermocouple module. For software use labview

the hardware connected to computer and software that has been made with Labview. The results of the program of heat transfer monitoring system on FASSIP-02 water cooling tank based on labview is able to display and record the calculation of heat transfer tank FASSIP-02.

Keyword: Heat transfer, Water cooling tank, FASSIP-02, Labview

PENDAHULUAN

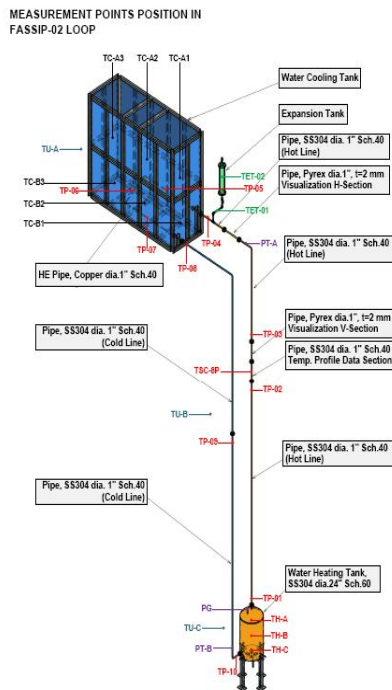
Kecelakaan parah Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) telah terjadi di *Three Miles Islands* Amerika Serikat (1979)[1], Chernobyl Uni Soviet (1986)[2] dan Fukushima Jepang (2011)[3]. Pada kecelakaan reaktor Fukushima terjadi ketika reaktor shutdown dimulai dari gempa besar berikutnya hilangnya daya listrik DC dan AC akibat tsunami. Sistem keselamatan yang menggunakan listrik (sistem aktif) gagal berfungsi sehingga terjadi kecelakaan parah di unit Fukushima 1,2 dan 3[4].

Oleh sebab itu maka pengembangan dan penelitian sistem keselamatan secara sirkulasi alamiah atau disebut dengan sistem pasif perlu dilakukan. Beberapa penelitian telah dilakukan terkait dengan sistem keselamatan secara sirkulasi alamiah. Penelitian aplikasi awal metodologi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) pada analisis sirkulasi laminar fase tunggal dalam kondisi ayunan telah dilakukan oleh Tenglong Cong[5]. Kemudian kajian RELAP5 / MOD3.2 untuk transien startup di fasilitas uji sirkulasi alami oleh Shanbin Shi[6]. A. Rosyidi telah melakukan penelitian eksperimen awal aliran sirkulasi alamiah pada sirkulasi sistem keselamatan pasif[7].

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian sistem monitoring perpindahan panas pada *water cooling tank* FASSIP-02 berbasis Labview dapat dilakukan. Dalam rangka kegiatan riset INSINAS Kemenristekdikti pada laboratorium PTKRN BATAN akan dibangun fasilitas yang diberi nama Fasilitas Simulasi Sistem Pasif versi kedua (FASSIP-02). Fasilitas uji ini digunakan untuk mempelajari simulasi sistem pendinginan teras reaktor secara sirkulasi alamiah ketika terjadi *station blackout* atau kehilangan daya listrik pada sistem pendingin reaktor. Fenomena sirkulasi alamiah adalah fenomena yang muncul berdasarkan hukum fisika yaitu akibat perbedaan kerapatan fluida yang dipengaruhi oleh temperatur dan perbedaan ketinggian fluida[8]. Sistem keselamatan pasif

bekerja dengan prinsip sirkulasi alamiah (*natural circulation*) memanfaatkan perbedaan kerapatan fluida dan gravitasi[9].

FASSIP-02 terdiri dari beberapa komponen yaitu *water heating tank (WHT)*, pemipaan, *expansion tank* dan *water cooling tank (WCT)*. Gambar FASSIP-02 dan titik pengukurannya dapat dilihat Pada Gambar 1.



Gambar 1. FASSIP-02 dan titik pengukurannya (Dokumen teknis FASSIP-02)

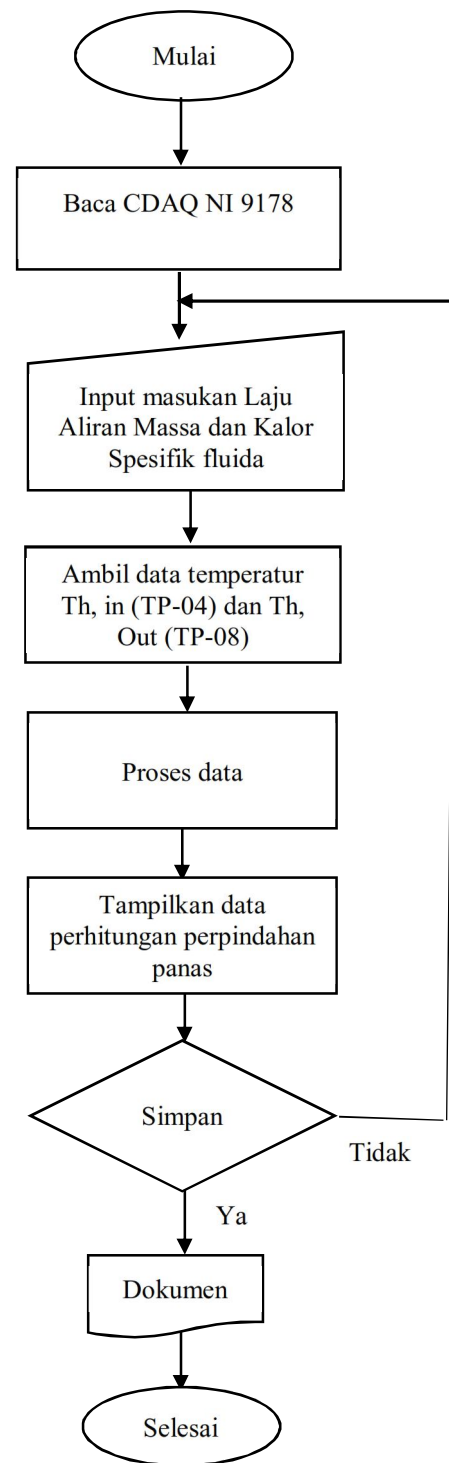
Pada FASSIP-02 terdapat 32 titik pengukuran temperatur, 2 titik pengukuran tekanan dan 1 titik pengukuran laju alir.

Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem monitoring perpindahan panas pada *WCT* FASSIP-02 yang dapat memonitoring, mengolah dan menyimpan data secara komputerisasi secara realtime.

METODE

Sistem Monitoring Perpindahan Panas Pada *Wct* Fassisip-02.

Sistem monitoring perpindahan panas pada *WCT* terdiri dari *input* laju aliran massa air, kalor spesifik fluida dan perbedaan temperatur. Ketika program di jalankan akan mendapatkan hasil perhitungan dan grafik perpindahan panas. Jumlah titik pengukuran FASSIP-02 terdiri dari 32 titik pengukuran temperatur. Pada bagian *WCT* terpasang 12 titik pengukuran temperatur. Penempatan ini disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Untuk flowchart sistem monitoring perpindahan panas pada *WCT* FASSIP-02 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart sistem monitoring perpindahan panas pada *WCT* FASSIP-02

Tahapan pembuatan sistem monitoring perpindahan panas pada *WCT* FASSIP-02 sebagai berikut:

1. Menentukan titik pengukuran

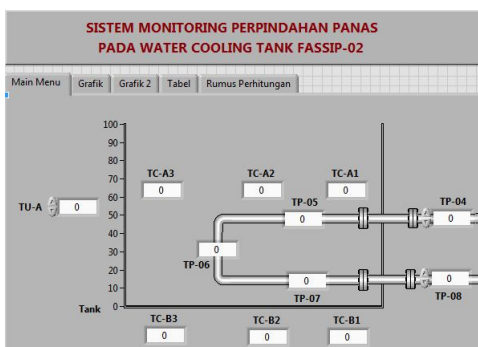
Titik pengukuran pada *WCT* telah ditentukan sesuai dengan kebutuhan penelitian.

2. Menentukan modul Instrumentasi
Modul yang digunakan disesuaikan dengan kebutuhan pengukuran sistem monitoring perpindahan panas pada *WCT* FASSIP-02.
3. Menyusun konfigurasi instrumentasi
Modul yang telah ditentukan maka dirangkai sesuai dengan spesifikasinya untuk kebutuhan monitoring.
4. Pembuatan Perangkat Lunak
Pembuatan perangkat lunak dengan memanfaatkan fasilitas indikator, grafik, *boolean* dan *formula node* pada *software Labview*.
5. Pengujian Perangkat Lunak
Pengujian perangkat lunak dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan pada tampilan program dengan perhitungan manual.

HASIL

1. Menentukan titik pengukuran

Pada titik pengukuran pada *WCT* terdapat 12 titik pengukuran temperatur yang telah diberi kode. Pada tangka *WCT* (TCA1, TCA2, TCA3, TCB1, TCB2, TCB3), 3 titik pada pipa didalam tangki (TP-05, TP-06, TP-07), 1 titik pada pipa input (TP-04), 1 titik pipa output (TP-08) dan 1 pada udara (TU-A). Dari titik pengukuran tersebut dibuat *User interface* Sistem monitoring *WCT* dengan *software Labview* Gambar *User interface* sistem monitoring *WCT* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. User interface sistem monitoring perpindahan panas pada *WCT* FASSIP-02

2. Menentukan modul instrumentasi

Karena menggunakan termokopel sebagai pengukur temperatur dan keluarannya tegangan maka modul Instrumentasi yang di gunakan untuk pengukuran temperatur *WCT* adalah modul *National Instrument (NI) 9213*. Modul *NI 9213* terdiri dari 16 kanal modul input termokopel yang dimasukkan ke sistem akuisisi data untuk diolah dan ditampilkan pengukurannya melalui komputer dengan *software Labview*[10]. Untuk modul akuisisi datanya menggunakan *CDAQ NI 9178*. Modul *CDAQ NI 9178* sebagai akuisisi yang merubah sinyal analog ke sinyal digital agar dapat dibaca oleh

komputer[11]. Modul *NI 9178* terkoneksi dengan data modul *NI 9213* dan komputer.

3. Menyusun konfigurasi instrumentasi

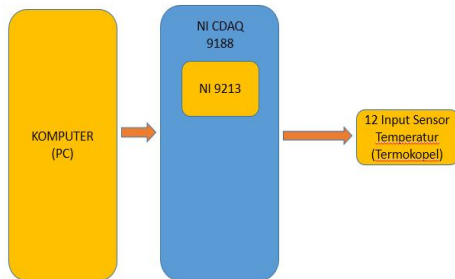
Pada titik pengukuran *WCT* terdapat 12 titik pengukuran. Dari titik pengukuran tersebut dikoneksikan dengan modul temperatur *NI 9213*. Pada modul *NI 9213* terkoneksi didalam modul *NI 9178*. Sebelum menyusun blok diagram instrumentasi melakukan konfigurasi koneksi sensor termokopel dengan modul *NI 9213*. Konfigurasi koneksi termokopel dengan modul *NI 9213* pada sistem monitoring perpindahan panas pada *WCT* FASSIP-02 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi koneksi sensor termokopel dengan modul *NI 9213* pada sistem monitoring perpindahan panas pada *WCT* FASSIP-02

No.	Nama	Modul.
1	TP-04	TC-03 Modul 1 NI 9213
2	TP-05	TC-04 Modul 1 NI 9213
3	TP-06	TC-05 Modul 1 NI 9213
4	TP-07	TC-06 Modul 1 NI 9213
5	TP-08	TC-07 Modul 1 NI 9213
6	TC-A1	TC-02 Modul 2 NI 9213
7	TC-A2	TC-03 Modul 2 NI 9213
8	TC-A3	TC-04 Modul 2 NI 9213
9	TC-B1	TC-05 Modul 2 NI 9213
10	TC-B2	TC-06 Modul 2 NI 9213
11	TC-B3	TC-07 Modul 2 NI 9213
12	TU-A	TC-08 Modul 2 NI 9213

Pada tabel konfigurasi koneksi sensor termokopel sistem monitoring perpindahan panas pada *WCT* FASSIP-02 ada 12 termokopel yang terkoneksi dengan modul *NI 9213*. Untuk TP-04 terkoneksi dengan TC-03 Modul 1 NI 9213, TP-05 terkoneksi dengan TC-04 Modul 1 NI 9213, TP-06 terkoneksi dengan TC-05 Modul 1 NI 9213, TP-07 terkoneksi dengan TC-06 Modul 1 NI 9213, TP-08 terkoneksi dengan TC-07 Modul 1 NI 9213, TC-A1 terkoneksi dengan TC-02 Modul 2 NI 9213, TC-A2 terkoneksi dengan TC-03 Modul 2 NI 9213, TC-A3 terkoneksi dengan TC-04 Modul 2 NI 9213, TC-B1 terkoneksi dengan TC-05 Modul 2 NI 9213, TC-B2 terkoneksi dengan TC-06 Modul 2 NI 9213, TC-B3 terkoneksi dengan TC-07 Modul 2 NI 9213 dan TU-A terkoneksi dengan TC-07

Modul 2 NI 9213. Dari konfigurasi koneksi termokopel dengan modul NI 9213 pada sistem monitoring perpindahan panas pada WCT FASSIP-02 maka dapat dibuat blok diagram instrumentasi. Blok diagram instrumentasi sistem monitoring perpindahan panas pada WCT FASSIP-02 dapat dilihat Gambar 4.

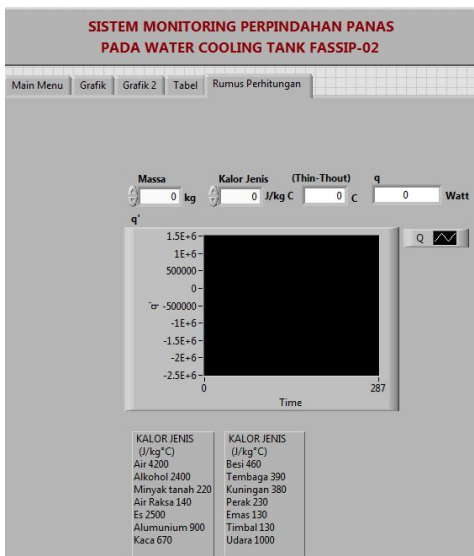


Gambar 4. Blok diagram instrumentasi sistem monitoring perpindahan panas pada WCT FASSIP-02

Pada blok diagram instrumentasi sistem monitoring perpindahan panas pada WCT FASSIP-02 terdiri dari Komputer PC sebagai tampilan program, modul akuisisi data NI CDAQ 9178, modul temperatur NI 9213 dan Sensor termokopel.

4. Pembuatan Perangkat Lunak

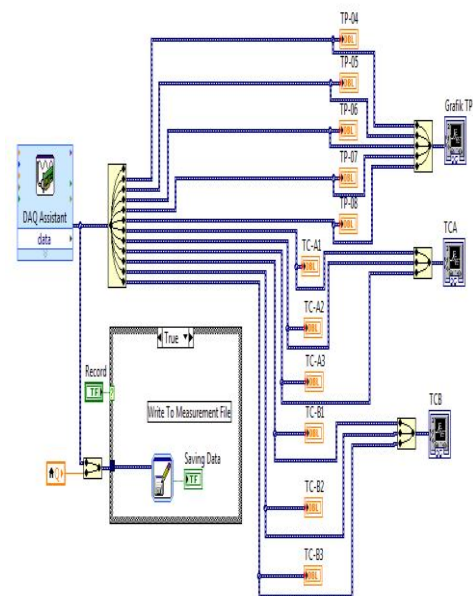
Pada tampilan sistem monitoring perpindahan panas pada WCT FASSIP-02 terdapat fasilitas *input* laju aliran massa air (kg/s), kalor spesifik fluida (J/ Kg °C) dan perbedaan temperatur (°C). Ketika program dijalankan akan mendapatkan hasil perhitungan dan grafik perpindahan panas dan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan pemrograman *input* laju aliran massa air, kalor spesifik fluida dan perbedaan temperatur

Pada laju aliran massa air dan kalor spesifik fluida diisi sesuai dengan data yang akan diteliti dan pada perbedaan temperatur adalah hasil pengukuran pada

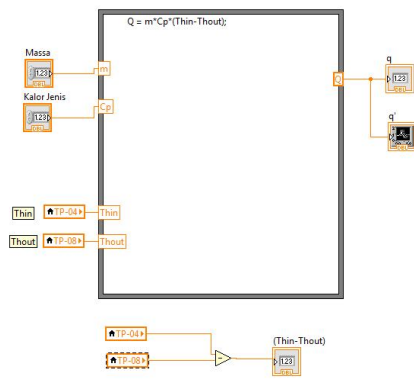
temperatur *input*WCT (TP-04) dikurangi dengan temperatur *output*WCT (TP-08). Hasil perhitungan laju perpindahan panas adalah hasil kali dari laju aliran massa air, kalor spesifik fluida dan perbedaan temperatur ($q = m \cdot Cp \cdot (Th,in-Th,out)$) [12]. Secara otomatis program akan mengukur hasil perhitungan perpindahan panas. Dari hasil perhitungan perpindahan panas ditampilkan dalam bentuk grafik dan data tersebut dapat disimpan secara *realtime* oleh komputer. Pembuatan program WCT terdiri dari 12 titik pengukuran yang terdiri dari 6 titik pada tangki (TCA1, TCA2, TCA3, TCB1, TCB2, TCB3), 3 titik (TP-05, TP-06, TP-07) pada pipa didalam tangki, 1 titik pada pipa input (TP-04), 1 titik pipa output (TP-08) dan 1 pada udara (TU-A). Konfigurasi tersebut diterjemahkan dalam program Labview yang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Program Labview untuk pembacaan temperatur pada WCT FASSIP-02

DAQ assistant berfungsi untuk pembacaan modul CDAQ NI 9178 dan konfigurasi modul NI 9213. *Write to measurement file* untuk menyimpan hasil hasil pengukuran. Data yang diambil untuk perhitungan perpindahan panas adalah TP-04 sebagai temperatur *input* dan TP-08 sebagai temperatur *output*. Untuk *input* data laju aliran massa air dan kalor spesifik fluida diisi sesuai dengan data yang akan diteliti. Misalnya laju aliran massa air diisi sesuai dengan kebutuhan eksperimen yang akan dilakukan pada WCT FASSIP-02. Dan untuk *input* kalor spesifik fluida disesuaikan dengan kebutuhan penelitian, misalnya menggunakan kalor spesifik fluida air. Maka data yang diisi adalah 4200 J/ Kg °C. Sesuai dengan rumus laju perpindahan panas $q = m \cdot Cp \cdot (Th,in-Th,out)$. Maka untuk membuat rumus perhitungan laju perpindahan panas dengan Labview dapat menggunakan fasilitas formula node. Untuk *formula node* pada software Labview

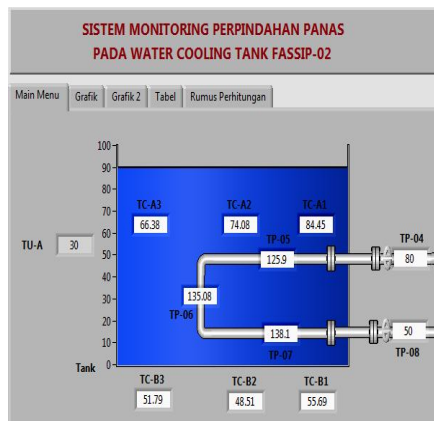
untuk perhitungan laju perpindahan panas dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Formula node untuk pengukuran perpindahan panas pada software Labview

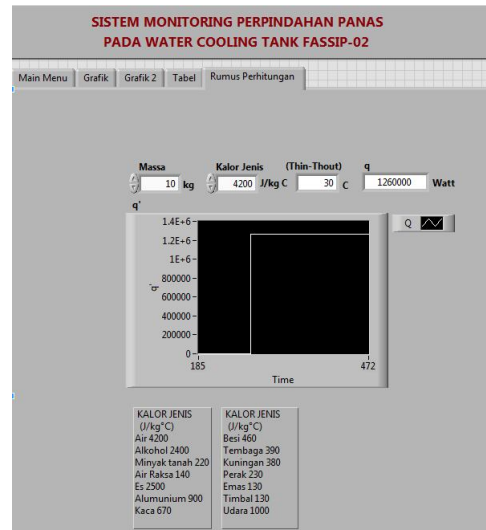
5. Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian program dilakukan dengan menjalankan program dan membandingkan hasil perhitungan program pada labview dengan perhitungan manual. Untuk hasil simulasi pengujian program dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 8. Tampilan hasil simulasi pengujian program sistem monitoring perpindahan panas pada WCT FASSIP-02

Pada tampilan TP-04 memiliki nilai 80 °C dan TP-04 50°C. Maka pada tampilan Thin-Thout (Selisih temperatur input output) pada tampilan perhitungan perpindahan panas pada tampilan program 30 °C. Laju aliran Massa 10 kg/s dan Kalor spesifik fluida air 4200 J/Kg °C. Maka dari hasil perhitungan $q = m \cdot Cp \cdot (Th_{in} - Th_{out}) = 10 \text{ kg/s} \times 4200 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C} \times 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 1.260.000 \text{ Watt}$. Dari tampilan program perhitungan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan program perhitungan pada sistem monitoring perpindahan panas pada WCT FASSIP-02

Dengan perhitungan secara manual. hasil yang didapat pada tampilan program perhitungan sistem monitoring perpindahan panas pada WCT FASSIP-02 menghasilkan hasil yang sama yaitu $q = 10 \text{ kg/s} \times 4200 \text{ J/Kg } ^\circ\text{C} \times 30 \text{ } ^\circ\text{C} = 1.260.000 \text{ Watt}$. Dari hasil tersebut maka sistem monitoring perpindahan panas pada WCT FASSIP-02 dapat digunakan mengolah data pada WCT FASSIP-02.

SIMPULAN

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring perpindahan panas *water cooling tank* (WCT) dapat bekerja dengan baik dalam mencatat, merekam dan melakukan perhitungan perpindahan panas dari hasil pengukuran temperatur pada *water cooling tank* pada fasilitas FASSIP-02. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memudahkan peneliti dalam mengolah data pada *water cooling tank* FASSIP-02.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. M. Broughton, P. Kuan, D. A. Petti, and E. Tolman, "A scenario of the Three Mile Island unit 2 accident," *Nuclear Technology*, vol. 87, pp. 34-53, 1989.
- [2] R. F. Mould, *Chernobyl record: the definitive history of the Chernobyl catastrophe*: CRC Press, 2000.
- [3] H. Thielen, "The Fukushima Daiichi nuclear accident—an overview," *Health physics*, vol. 103, pp. 169-174, 2012.
- [4] M. Holt, R. J. Campbell, and M. B. Nikitin, *Fukushima nuclear disaster*: Congressional Research Service, 2012.

- [5] T. Cong, M. Peng, and Z. Zhang, "Preliminary applications of CFD methodology on analysis of the single-phase laminar natural circulation under swing conditions," *Progress in Nuclear Energy*, vol. 97, pp. 1-10, 2017.
- [6] S. Shi, Q. Zhu, X. Sun, and M. Ishii, "Assessment of RELAP5/MOD3. 2 for startup transients in a natural circulation test facility," *Annals of Nuclear Energy*, vol. 112, pp. 257-266, 2018.
- [7] A. Rosyidi and S. Sagino, "EKSPERIMEN AWAL ALIRAN SIRKULASI ALAMIAH PADA SIMULASI SISTEM KESELAMATAN PASIF," *SIGMA EPSILON-Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir*, vol. 18, 2014.
- [8] 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.
- [9] Y. Zhang, S. Qiu, G. Su, and W. Tian, "Design and transient analyses of emergency passive residual heat removal system of CPR1000," *Nuclear Engineering and Design*, vol. 242, pp. 247-256, 2012.
- [10] K. Santosa, "PENGEMBANGAN SISTEM AKUISISI DATA TEKANAN DAN TEMPERATUR PADA FESPeCo MENGGUNAKAN NI cRIO 9074," *SIGMA EPSILON-Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir*, vol. 17, 2014.
- [11] K. Chatterjee, P. Majumdar, D. Schroeder, and S. R. Kilaparti, "Analysis of Li-Ion Battery Characteristics and Thermal Behavior," *ASME Paper No. HT2013-17815*, 2013.
- [12] A. Nugroho, "Laju Perpindahan Panas Pada Radiator Dengan Fluida Campuran 80% Air Dan 20% Radiator Coolant Pada putaran konstan," *TATAL*, vol. 4, 2009.