

# HEAT LOSS CALCULATION DURING HEATING IN HEATER USING USSA-FTS01

Adang Firshafa<sup>1\*</sup>, Muhammad Galih Prawiradilaga<sup>1</sup>, Renaldy Sharin Lesmana<sup>1</sup>, Mulya Juarsa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran.

<sup>2</sup>Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir-Badan Tenaga Nuklir Nasional.

\*Corresponding author: Adang16001@mail.unpad.ac.id

**Abstrak.** Bencana gempa bumi dan tsunami yang terjadi di Fukushima mengakibatkan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) mengalami ledakan akibat sistem pendingin yang tidak bekerja. Sistem pendingin tidak bekerja dikarenakan tidak adanya sumber listrik. Untuk itu dibutuhkan sistem pendingin yang dapat bekerja tanpa adanya sumber listrik. Untai Simulasi Sirkulasi Alam Fakultas Teknik dan Sains unit-01 (USSA-FTS01) merupakan sistem pendingin yang dapat bekerja tanpa adanya listrik. Cara kerja USSA-FTS01 menggunakan prinsip sirkulasi alam yang memanfaatkan perbedaan temperatur. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah memperoleh karakteristik temperatur dan rugi kalor pada bagian *heater*. Metode yang dilakukan dalam 2 proses, yaitu *starting up* untai dengan temperatur 150°C, 200°C dan *turning off* untai dengan temperatur 200°C, 125°C selama 15 menit pemanasan. Hasil yang didapat menunjukkan temperatur yang berada di *heater* akan naik saat *starting up* dan turun saat *turning off* secara eksponensial serta rugi kalor yang didapat sebesar (689,114 – 690,9906) W untuk temperatur 125°C, (690,9953 – 692,9496) W untuk temperatur 150°C, (687,886 – 690,8056) W untuk temperatur 175°C, (695,7917 – 699,708) W untuk temperatur 200°C.

**Kata kunci:** PLTN, USSA-FTS01, Sirkulasi Alam, Rugi Kalor, Karakteristik Temperatur

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

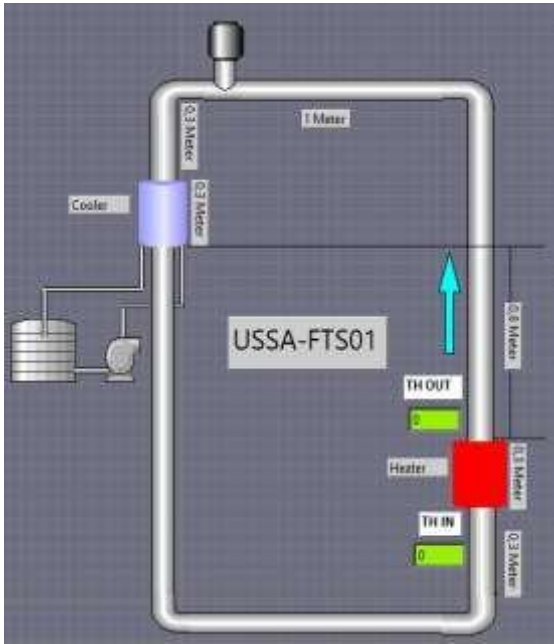
Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) adalah salah satu jenis pembangkit tenaga listrik yang prospektif karena mempunyai potensi sebagai pembangkit energi yang besar [1]. Keuntungan PLTN dari pembangkit listrik lain adalah bahan baku PLTN U-235 dalam 1 kg menghasilkan energi sebesar 17 milyar Kkalori yang setara dengan energi yang dihasilkan dari pembakaran 2,4 juta kg (2400 ton) batubara [2]. Tetapi di samping keuntungan tersebut, pembangunan PLTN sangat bahaya. Salah satu kecelakaan yang terjadi pada PLTN pernah terjadi pada PLTN tipe *Boiling Water Reactor* (BWR) di Fukushima, Jepang pada tanggal 11 Maret 2011 [3]. Kecelakaan yang dipicu oleh kejadian gempa bumi berskala 8,9 ritcher (diatas perkiraan *site evaluation*) menyebabkan tsunami yang timbul menerjang batas air di pantai Fukushima di kompleks reaktor. Kondisi tersebut menyebabkan terendamnya sistem tenaga cadangan berupa genset diesel untuk pendinginan reaktor pasca *shutdown*. Akibat terakhir adalah terjadinya ledakan hidrogen dan lelehnya bahan bakar dan bejana tekan reaktor [4]. Untuk mencegah terjadinya kegagalan tersebut, dibutuhkan sebuah pendingin yang dapat bekerja tanpa adanya listrik. Hal ini lah yang dilakukan oleh Universitas Ibn Khaldun Bogor, membuat sistem pendingin yang

dapat bekerja tanpa adanya listrik dan diberi nama Untai Simulasi Sirkulasi Alam Fakultas Teknik dan Sains unit-01 (USSA-FTS01).

USSA-FTS01 merupakan sistem pendingin yang menggunakan prinsip sirkulasi alam. Sirkulasi alam adalah fenomena pergerakan fluida yang terjadi akibatkan perbedaan temperatur. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh M. Juarsa dkk mengenai karakteristik temperatur didapatkan perbedaan temperatur [4]. Perbedaan temperatur menunjukkan adanya aliran sirkulasi alam yang terjadi di untai. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Giarno dkk mengenai kerugian kalor pada bagian *heater* didapatkan sebesar 100 W – 1000 W [5]. Sehingga, penelitian ini bertujuan memperoleh karakteristik temperatur dan rugi kalor pada *heater* selama proses pemanasan berlangsung.

## Metode Penelitian

Metode penelitian dilakukan dengan mengumpulkan data geometri dari USSA-FTS01, pemasangan termokopel yang dihubungkan ke *software national instrument* dan perhitungan rugi kalor. Desain USSA-FTS01 dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Desain USSA-FTS01.

Ukuran USSA-FTS01 adalah 1x2 meter dengan diameter pipa 2,54 centimeter dan tinggi heater 0,3 meter. Pemasangan termokopel dilakukan di dua titik, yaitu pada bagian TH in dan TH out seperti yang terdapat pada gambar 1.

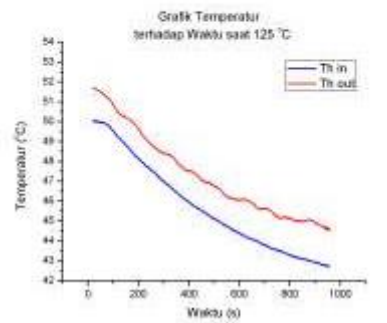
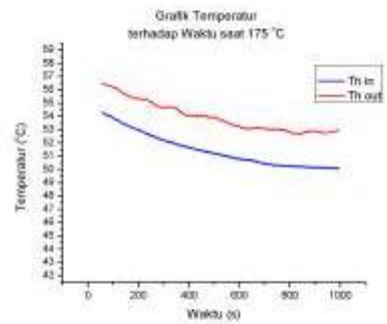
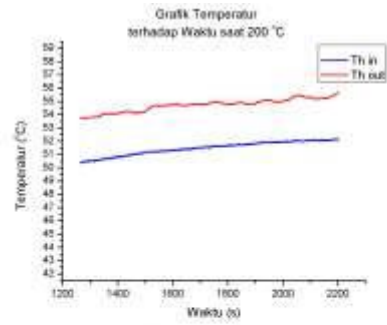
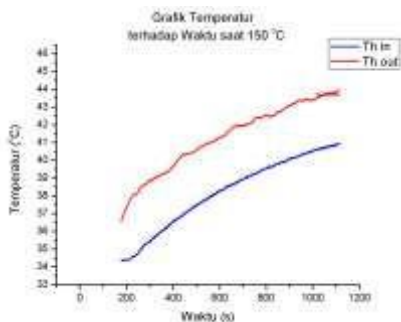
Eksperimen dilakukan dalam 2 proses, yaitu *starting up* dan *turning off*. *Starting up* dilakukan pada temperatur heater 150°C dan 200°C dengan masing-masing temperatur dilakukan selama 15 menit. Setelah *starting up* dilakukan proses *turning off* pada temperatur heater 175°C dan 125°C dengan waktu yang sama. Perhitungan rugi kalor menggunakan persamaan :

$$Q = A v \rho c \Delta T \quad (1)$$

Dengan  $Q$  adalah laju aliran kalor (W),  $A$  adalah luas pipa (m<sup>2</sup>),  $v$  adalah kecepatan aliran (m/s),  $\rho$  adalah kerapatan air,  $c$  adalah kalor jenis air,  $\Delta T$  adalah perubahan temperatur (°C).

### Hasil dan Pembahasan

Karakteristik temperatur yang terjadi selama proses terdapat dalam Gambar dibawah ini.



Gambar 2. Grafik Temperatur terhadap Waktu.

Saat proses *starting up*, grafik temperatur akan naik seiring berjalannya waktu. Grafik tersebut menunjukkan temperatur air masih melakukan penyesuaian terhadap temperatur heater. Kemudian saat proses *turning off*, grafik temperatur akan turun seiring berjalannya waktu. Bentuk grafik yang turun menunjukkan temperatur air yang tinggi akan menyesuaikan terhadap temperatur heater yang lebih rendah. Kedua proses menunjukkan bahwa air membutuhkan waktu untuk melakukan penyesuaian temperatur terhadap temperatur heater.

Setelah mendapatkan data temperatur heater, dilakukan perhitungan terhadap rugi kalor. Hasil perhitungan rugi kalor ditampilkan dalam bentuk tabel dibawah ini.

Tabel 1. Rugi Kalor Pada Setiap Temperatur.

Temperatur Heater (°C)	Kalor Masuk (Watt)	Kalor Keluar (Watt)	Rugi Kalor (Watt)
125	691	0,009 – 1,886	689,1 – 690,1
150	693	0,0504 – 2,004	690,99 – 692,9
175	690,9	0,094 – 3,014	687,886 – 690,8
200	699,9	0,192 – 4,108	695,79 – 699,71

Pada saat *starting up* maupun *turning off* rugi kalor yang didapat tidak jauh berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa kalor yang digunakan untuk memanaskan air sangat sedikit dan lebih banyak kalor yang mengalir ke lingkungan. Tetapi terdapat perbedaan pada temperatur 200°C rugi kalor yang digunakan untuk memanaskan air lebih sedikit dan lebih banyak yang mengalir ke lingkungan. Hal ini dapat dibuktikan dari Gambar 2 saat temperatur 200°C, menunjukkan grafik yang mendekati konstan.

### Kesimpulan

Karakteristik temperatur yang berada di *heater* saat *starting up* akan naik dan saat *turning off* akan turun. Grafik naik dan turun menunjukkan terjadinya penyesuaian temperatur air dengan temperatur *heater*. Rugi kalor yang didapat sebesar (689,114 – 690,9906) W untuk temperatur 125°C, (690,9953 – 692,9496) W untuk temperatur 150°C, (687,886 – 690,8056) W untuk temperatur 175°C, (695,7917 – 699,708) W untuk temperatur 200°C.

### Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Research Group of Engineering Development For Energy Conversion And Conservation (EDfEC)* yang telah menyediakan fasilitas untuk eksperimen.

### Referensi

- [1] E. Supriyadi, „Pusat Listrik Tenaga Nuklir : Energi dan Pengaruhnya Terhadap Lingkungan,“ *Cakrawala Pendidikan Nomor 1 Tahun XIII*, p. 141, 1994.
- [2] T. T. S. A. R. A. A. F. Z. P. Rachmat Sahputra, „Analisis Kebutuhan Dan Kecelakaan Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN),“ *Jurnal Penelitian Universitas Tanjungpura*, Bd. XXI, 2011.
- [3] T. Vieru, „Earthquake Damages Japanese Nuclear Reactors,“ 14 Maret 2011. [Online]. Available: <https://news.softpedia.com/news/Earthquake-Damages-Japanese-Nuclear-Reactors-189294.shtml>. [Zugriff am 28 September 2019].
- [4] M. Noufal, G. J. Prasetio, D. Haryanto und M. Juarsa, „Analisis Unjuk Kerja Pemanas dan Pendingin Di Untai Fasilitas Simulasi Sistem Pasif,“ 2015.
- [5] G. M. H. Kusuma, M. Juarsa und A. R. Antariksawan, „Perhitungan Ketebalan Minimum Isolasi Akibat Rugi Kalor pada Water Heating Tank Untai FASSIP-02,“ *Prosiding Seminar Nasional Energi Telekomunikasi dan Otomasi (SNETO)*, 2017.