

## **PERHITUNGAN KEBUTUHAN DAYA *HEATER* PADA KOLAM PEMANAS *HEAT PIPE***

**Joko Prasetio Witoko<sup>\*</sup>, Dedy Haryanto, Giarno,  
Mukhsinin Hadi Kusuma, Mulya Juarsa, Anhar R. Antariksawan**  
Pusat Teknologi dan Keselamatan Reaktor Nuklir-BATAN  
Kawasan PUSPIPTEK Gd. 80 Setu, Tangerang Selatan, Banten  
e-mail: <sup>\*</sup>jokopn@batan.go.id

### *Abstrak*

*Sistem pasif adalah suatu sistem aliran yang tidak menggunakan energi listrik dalam pengoperasiannya, Salah satu aspek yang harus diperhitungkan adalah pembuangan panas sisa hasil peluruhan yang tetap dihasilkan oleh reaktor ketika mengalami kecelakaan, khususnya ketika mengalami station blackout. Sedangkan fasilitas heat pipe dengan pemanas air kolam merupakan bagian dari penelitian FASSIP-02. Sebelum dilakukan konstruksi kolam pemanas yang dibutuhkan, maka perlu dilakukan perhitungan daya heater yang dibutuhkan untuk memanaskan air di dalam kolam tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung kebutuhan daya heater yang akan dipasang pada kolam pemanas heat pipe yang berbentuk drum. Kolam pemanas tersebut akan digunakan untuk memanaskan bagian evaporator heat pipe yang terendam di dalam kolam. Metode yang digunakan untuk menghitung kebutuhan daya heater tersebut adalah dengan perhitungan manual. Hasil perhitungan yang didapatkan akan dijadikan dasar untuk pemasangan heater kolam pemanas heat pipe yang akan dilakukan. Kolam heat pipe yang akan dikonstruksi terbuat dari drum dengan diameter 60 cm, dan memiliki tinggi 250 cm. Drum tersebut akan diisi air dengan ketinggian 210 cm. Dalam disain drum akan dipasang 9 buah heater yang akan dihubungkan dengan slide regulator voltage. Kebutuhan maksimal daya heater yang dibutuhkan oleh drum pemanas heat pipe dengan waktu pemanasan 1 jam adalah 30,4 kW. Sesuai disain yang ada bahwa akan diletakkan 9 buah heater, maka maksimal masing-masing heater yang dibutuhkan adalah 3500 W. Dari perhitungan dapat dilihat bahwa semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air akan membutuhkan daya heater yang semakin besar, dan begitu juga sebaliknya.*

**Kata kunci:** *Daya Heater, Kolam Pemanas, Heat Pipe, FASSIP-02*

## **PENDAHULUAN**

Kecelakaan pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) Fukushima Dai-ichi menjadi momen penting untuk semakin meningkatkan keselamatan sistem reaktor di dunia. Salah satu aspek yang harus diperhitungkan adalah pembuangan panas sisa hasil peluruhan yang tetap dihasilkan oleh reaktor ketika mengalami kecelakaan, khususnya ketika mengalami *station blackout* (SBO) [1].

Studi sistem pasif mulai banyak dipelajari oleh peneliti di dunia nuklir. Sistem pasif adalah suatu sistem aliran yang tidak menggunakan energi listrik dalam pengoperasiannya. Sistem ini memanfaatkan sirkulasi alamiah karena adanya beda densitas antara fluida dingin dan panas yang ada di dalam sistem pasif tersebut. Salah satu contohnya adalah *termosiphon* sebagai alat penukar kalor yang memiliki kemampuan memindahkan kalor dari suatu sumber kalor yang bertemperatur tinggi ke temperatur lebih rendah [2].

Saat ini akan dilakukan pembuatan konstruksi untai FASSIP-02, dalam rangka pengembangan studi sistem pendingin pasif. Diharapkan dengan dibangunnya untai uji yang baru, akan diperoleh studi yang lebih detail mengenai fenomena perpindahan panas secara alamiah di sistem reaktor ketika mengalami SBO [3]. Sistem keselamatan pasif atau FASSIP-02 terdiri dari dua sistem yaitu sistem pemanas dan sistem pendingin.

Komponen utama water cooling tank (WCT), piping, water heating tank (WHT), tangki ekspansi dan pemipaan dimana sirkulasi alami fluida terjadi akibat adanya

perbedaan temperatur pada kedua sisi. Sedangkan yang diharapkan sistem pemanas dapat berfungsi dengan efektif dan menghasilkan pemanasan sesuai dengan kebutuhan studi yang akan dilakukan. Panas sisa hasil peluruhan dapat diambil oleh sistem pasif tanpa memerlukan bantuan sumber listrik, pompa dan sumber eksternal lainnya [4].

Fasilitas *heat pipe* dengan pemanas air kolam merupakan bagian dari penelitian FASSIP-02. Sebelum dilakukan konstruksi kolam pemanas yang dibutuhkan, maka perlu dilakukan perhitungan daya heater yang dibutuhkan untuk memanaskan air di dalam kolam tersebut [5]

Sistem pemanas yang fungsinya untuk memanaskan fluida didalam tangki dengan menggunakan *heater*, kemudian dikendalikan oleh *slide regulator* serta mengatur suhu yang sesuai dengan kebutuhan [6].

Daya *heater* dengan waktu penerimaan kalor dimana bila *heater* bekerja dengan daya yang besar maka waktu yang dihasilkan pun akan menjadi semakin cepat. Perhitungan perpindahan kalor di asumsikan dianggap pada kondisi adiabatik dan pola perpindahan kalor terjadi secara 1dimensi [7]

Pada kanal daya UUTR, berkat sejumlah batang pemanas yang dialiri arus listrik searah, dapat dibangkitkan daya panas sebesar 3,2 MW. Air pendingin mengalir dari bagian bawah kanal daya, melewati celah batang pemanas dan keluar di sisi atas [8].

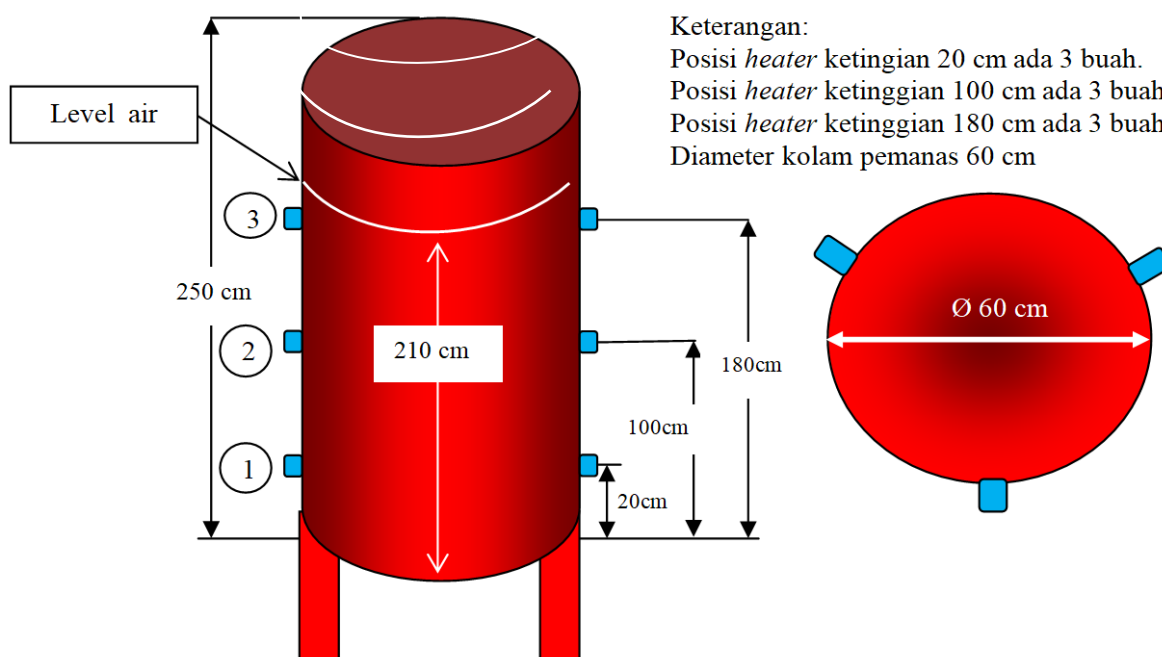
Pemanas air manual dapat memungkinkan sistem bekerja menghasilkan temperatur lebih dari yang diinginkan dan menggunakan daya yang tidak diperlukan [9].

Dengan penggunaan perangkat yang memiliki efisiensi konversi energy yang tinggi dan kontrol temperatur yang otomatis diharapkan pemanas air berbasis termoelektri kini mengkonsumsi energi lebih sedikit dibandingkan dengan pemanas air listrik konvensional [10].

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung kebutuhan daya *heater* yang akan dipasang pada kolam pemanas *heat pipe* yang berbentuk drum. Kolam pemanas tersebut akan digunakan untuk memanaskan bagian *evaporator heat pipe* yang terendam dalam kolam. Metode yang digunakan untuk menghitung kebutuhan daya *heater* tersebut adalah mempertimbangkan volume air yang ada di dalam drum dan waktu pemanasan. Hasil perhitungan yang didapatkan akan dijadikan dasar untuk pemasangan *heater* di kolam pemanas *heat pipe*.

## **METODE**

Dalam penelitian ini akan dihitung kebutuhan daya heater pada kolam pemanas *heat pipe*. Sistem ini merupakan bagian dari fasilitas uji FASSIP-02. *Heater* akan digunakan untuk memanaskan air pada drum. Air panas tersebut akan digunakan sebagai sumber kalor bagi *heat pipe*. Kolam *heat pipe* yang akan dikonstruksi terbuat dari drum dengan diameter 60 cm, dan memiliki tinggi 250 cm. Drum tersebut akan diisi air dengan ketinggian 210 cm. Dalam disain drum akan dipasang 9 buah *heater* yang akan dihubungkan dengan *slide regulator voltage* yang memiliki tegangan 220 V. Skematik kolam pemanas *heat pipe* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kolam pemanas

Untuk mengetahui berapa besarnya daya yang dibutuhkan dari tiap *heater* yang akan dipasang, maka perlu dilakukan perhitungan dengan langkah sebagai berikut:

Menghitung volume air di dalam drum;

Persamaan yang digunakan untuk menghitung volume air di dalam drum yang terbuka bagian atasnya adalah:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (1)$$

Dimana:

V = volume air di dalam drum (ℓ)

r = jari-jari tabung (m) = 0.6 m

h = tinggi air di dalam tabung (m) = 2.1 m

Menghitung massa air di dalam drum;

Persamaan yang digunakan untuk menghitung massa air di dalam drum yang terbuka bagian atasnya adalah:

$$m = \rho \cdot V \quad (2)$$

Dengan:

m = massa air di dalam drum (kg)

$\rho$  = massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ ) = 1000  $\text{kg/m}^3$

V = volume air di dalam drum (ℓ)

Menghitung besarnya daya *heater* yang akan di pasang di kolam pemanas.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung besarnya daya *heater* yang akan dipasang pada drum adalah:

$$Q = m \cdot c_p \cdot \frac{dT}{dt} \quad (3)$$

Dengan:

Q = daya heater yang dibutuhkan untuk memanaskan air di dalam drum (W)

m = massa air di dalam drum (kg)

- $c_p$  = kalor jenis air (J/kg.K) = 4187 J/kg.K  
 $dT$  = Selisih temperatur saturasi terhadap temperatur initial air di dalam drum (K)  
 $\quad = T_{\text{saturasi air}} - T_{\text{initial air}}$   
 $dt$  = waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air di dalam drum (s)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

Volume air di dalam drum

$$V = 3.14 \times 300^2 \times 0.21$$

$$= 0.594 \text{ m}^3 = 594 \text{ l}$$

Massa air di dalam drum

$$m = 1000 \times 0,594$$

$$= 594 \text{ kg}$$

Besarnya daya *heater* yang akan di pasang di kolam pemanas, temperatur air panas yang ingin dicapai untuk memanaskan *heat pipe* adalah 70°C. berdasarkan asumsi bahwa temperatur initial air didalam drum adalah sebesar 26°C (299 K), dan waktu yang diinginkan untuk mencapai temperatur air 70°C adalah 1 jam (3600 s) maka:

$$Q = 594 \times 4187 \times \frac{(343 - 299)}{3600} \text{ joule/s}$$

$$= 30397,62 \text{ W} = 30,4 \text{ kW}$$

Dalam perhitungan ini divariasikan waktu yang dibutuhkan oleh air untuk mencapai temperatur 70°C, yaitu pada waktu 2 jam, 3 jam, 4 jam, dan 5 jam. Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa akan dipasang 9 buah *heater* pada drum, maka hasil perhitungan yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan daya listrik terhadap waktu

No	Waktu (jam)	Daya Keseluruhan Heater (kW)	Daya/Heater yang di butuhkan (kW)
1.	1	30,4	3,38
2.	2	15,1	1,77
3.	3	10,1	1,12
4.	4	7,5	0,83
5.	5	6.0	0,67

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa daya *heater* yang dibutuhkan untuk memanaskan air di dalam drum adalah bervariasi, tergantung pada waktu yang diinginkan untuk memanaskan air. Semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air akan membutuhkan daya *heater* yang semakin besar, dan begitu juga sebaliknya. Perhitungan yang didapatkan dalam penelitian ini akan digunakan untuk mendisain kebutuhan masing-masing *heater* yang akan dipasang pada drum kolam pemanas *heat pipe*.

## KESIMPULAN

Kebutuhan maksimal daya *heater* yang dibutuhkan oleh drum pemanas *heat pipe* dengan waktu pemanasan 1 jam adalah 30,4 kW. Sesuai disain yang ada bahwa akan diletakkan 9 buah *heater*, maka maksimal masing-masing heater yang dibutuhkan adalah

3500 W. Dari perhitungan dapat dilihat bahwa semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan air akan membutuhkan daya heater yang semakin besar, dan begitu juga sebaliknya.

#### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis mengucapkan terima kasih atas pendanaan melalui program INSINAS 2017 Kementerian Ristekdikti dengan Nomor Kontrak: 02/INS-2/PPK/E/E4/2017. Mengucapkan terima kasih kepada PTKRN atas tersedianya fasilitas di laboratorium termohidrolika.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] M. noufal, "Analisa perpindahan panas pada heatertank FASSIP-01," (2017).
- [2] J. Cleveland, N. Aksan, P. Vijayan, A. Nayak, D. Saha, J. Reyes Jr, *et al.*, "Natural circulation in water cooled nuclear power plants."
- [3] V. M. G. Pandey, (2014) "exsperiment studies in weater for safety grade decay heat removal of prototype fast breeder reactor," *annals of nuclear energy*,.
- [4] A. R. Antariksawan, (2000)"accident analysis of pwr station black out with pump seal leak using melcor 1.8.4 ".
- [5] M. H. Kusuma, N. Putra, S. Widodo, and A. R. Antariksawan, (2017)"Simulation of Heat Flux Effect in Straight Heat Pipe as Passive Residual Heat Removal System in Light Water Reactor Using RELAP5 Mod 3.2," in *Applied Mechanics and Materials*, 2016, pp. 122-126.
- [6] M. Baihaqi and I. M. Arsana, (2014)"PERENCANAAN SISTEM PEMANAS PADA RANCANG BANGUN ALAT PENGUJI EFISIENSI WIRE AND TUBE HEAT EXCHANGER," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 1.
- [7] M. Noufal, G. Giarno, J. Prasetyo, D. Haryanto, and M. Juarsa, (2016)."ANALISIS UNJUK KERJA PEMANAS DAN PENDINGIN DI UNTAI FASILITAS SIMULASI SISTEM PASIF," *SIGMA EPSILON-Buletin Ilmiah Teknologi Keselamatan Reaktor Nuklir*, vol. 19.
- [8] H. Khairul, A. R. Antariksawan, I. Handoyo, D. Haryanto, and P. Joko,(1998) "EKSPERIMEN KONDISI KECELAKAAN AKIBAT PIPA PECAH UKURAN BESAR PADA UUTR."
- [9] I. Nurhalim, (2010)."Rancang Bangun Dan Pengujian Unjuk Kerja Alat Penukar Kalor Tipe Serpentine Pada Split Air Conditioning Water Heater," *UI Depok*,
- [10] D. S. Wulandari, M. R. Kirom, and T. A. Ajiwiguna, (2016)"Rancang Bangun Dan Implementasi Sistem Pemanas Air Terkontrol Berbasis Termoelektrik," *eProceedings of Engineering*, vol. 3,.