

ANALYSIS HEATING CAPABILITY IN HEATER SECTION BASED ON ALTERATION OF UNTAI USSA FTS-01

Acep Hermawan, Edi Marzuki, Dwi Yuliaji, Mulya Juarsa

Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jl. Sholeh Iskandar, Kedung Badak, Kec. Tanah Sereal, Kota Bogor, Jawa Barat 16162

Email: hermawanacep7@gmail.com

Abstrak. Sistem pendingin yang masih menggunakan energi listrik masih menyumbang energi listrik yang sangat tinggi terutama pada negara bekembang seperti Indonesia. Perlunya pengembangan tentang sistem pendingin aktif ini maka dibuatlah sistem pendinginan pasif untuk mengurangi pemakaian energy listrik pada pembangkit dengan mempelajari penomena NC (*natural circulation*), Sirkulasi alami merupakan fenomena sederhana yang terjadi pada proses perputaran fluida secara kontinyu berdasarkan gaya bouyancy dan gaya gravitasi akibat adanya perbedaan densitas air karena terjadi perbedaan temperatur. Untai USSA-FTS01 dibangun dengan model pemanasan oleh (*heater band*) ke air, dan pendinginan oleh *cooler* (*water-jacket*). Tujuan penelitian untuk menganalisa kemampuan pemanasan dibagian band heater berdasarkan perubahan daya. Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan memvariasiakan daya *heater* 528 Watt, 655 Watt dan 784, Watt. Dengan variasi bukaan valve dan 30° Berdasarkan perubahan daya 528, 655 dan 784 watt di dapatkan nilai perpindahan kalor dengan daya 528 watt yaitu kalor yang diterima oleh pipa sebesar 442,2 watt, pada daya 655 watt kalor yang diterima oleh pipa sebesar 525,2 watt dan pada daya 784 watt kalor yang diterima oleh pipa sebesar 590,88 watt

Kata kunci: Sirkulasi alam, *band heater*, kemampuan Pemanasan, Konversi energi, USSA FTS-01

Abstract. *The cooling system that still uses electrical energy still contributes very high electrical energy, especially in developing countries like Indonesia. The need for the development of an active cooling system is then made a passive cooling system to reduce the use of electrical energy in plants by studying phenomenon. Natural circulation is a simple phenomenon that occurs in the process of fluid rotation continuously based on the force of bouyancy and gravity due to differences in water density due to differences in temperature. The USSA-FTS01 strand was built with the heating model by the heater band into the water, and cooling by the cooler (water jacket). The purpose of the reseach was to analyze the heating capability in the band heater section based on changes in power. The study was conducted experimentally by varying the heater power of 528 Watt, 655 Watt and 784, Watt. With variations in valve openings and 30 °. Based on changes in power 528, 655 and 784 watts, the value of heat transfer with 528 watts is the heat received by the pipe of 442.2 watts, the 655 watts of heat received by the pipe is 525.2 watts and the power of 784 watts is heat received by the pipe amounted to 590.88 watts*

Keywords: *Natural Circulation, Band Heater, Alteration Heating , conversion energy, USSA FTS-01*

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

PENDAHULUAN

Sejatinya dalam melakukan kegiatan sehari hari manusia tak bisa dipisahkan dengan sumber energi, terutama sumber daya listrik dan hasil minyak bumi. Dengan adanya pertumbuhan populasi penduduk serta kemajuan iptek, terjadi peningkatan konsumsi dan eksploitasi SDA. Dampak negatif yang timbul selain kerusakan dan pencemaran lingkungan adalah makin menipisnya ketersediaan SDA [1]. Sejumlah pihak menyatakan bahwa Indonesia saat ini tengah mengalami krisis energi. Alasannya, kebutuhan minyak dalam negeri saat ini lebih banyak ditutupi lewat impor [2]. Jika kita tinjau dari letak kondisi *Geografis*, Indonesia memiliki potensi yang luar biasa dalam pengembangan energi terbarukan. Ketergantungan terhadap bahan bakar *fossil* yang masih tinggi menjadi penghalang utama untuk beralih ke energi terbarukan serta banyak pihak yang masih mempunyai pradigma negatif terhadap teknologi energi terbarukan ini. Padahal, menurut data badan energi terbarukan internasional, Indonesia berpotensi menghasilkan 716 GigaWatt energi dari *solar Photovoltaic* (solar PV) *hydropower*, *bioenergi*, *geothermal* tenaga gelombang laut dan angin. [3]

Penggunaan sistem pendingin untuk pembangkit listrik di Indonesia yang kebanyakan menggunakan sistem pendinginan aktif masih menyumbang pemakaian energi listrik yang tinggi, dikarenakan jenis sistem pendingin yang digunakan masih menggunakan energi listrik dalam pengoperasianya yaitu seperti halnya *air condisioner*, *refrigerator*, *chiller*, *colling tower* dan lain lain. Oleh karena itu perlu adanya suatu sistem pendinginan yang passip sebagai *alternative* untuk mengurangi penggunaan energi listrik. Sistem pendingin passip yaitu suatu sistem penyeimbang antara temperature dan kelembapan melalui aliran energi secara alami tanpa adanya penggunaan listrik, yang menerapkan hukum alam seperti pada konsep (*natural circulation*) [4]. Sirkulasi alam (NC) adalah fasilitas simulasi sistem pasif yang digunakan untuk menginvestigasi fenomena sirkulasi alam guna penguasaan kemampuan sistem pendingin pasif. Fenomena sirkulasi alamiah adalah fenomena yang muncul berdasarkan hukum-hukum fisika, dimana sirkulasi yang timbul secara alami tanpa menggunakan masukan energi listrik dan lain-lain [5]. Sistem sirkulasi alam memberikan harapan dari masalah energi yang sekarang kita alami. Sistem ini sering digunakan menjadi konsep dasar pembuatan kopi *espresso*, *green house*, *Insulation*, dan *Solar shading* bahkan sedang dikembangkan menjadi sistem pendingin pada reaktor nuklir pasif, beberapa penelitian seperti [6] tentang pengembangan

kinerja NC, Kemudian mendeskripsikan aliran loop yang berbeda dalam fase tunggal dan dua fase.

Berdasarkan uraian diatas perlu dilakukan penelitian terkait phenomona sirkulasi alam dengan membangun Fasilitas Untai Simulasi Sirkulasi Alam (USSA-FTS01) yang bertujuan mempelajari fenomena gaya *bouyancy* pada Untai rectangular yang menyebabkan laju aliran secara alam tanpa kerja pompa, dimana aliran terjadi karena adanya pemanasan oleh *heater band* ke air, dan pendinginan oleh *cooler (water jacket)*. Sistem untai tertutup pendinginan dari cooler akan berpindah dan akan berkonduksi keseluruhan permukaan pipa dan berkonveksi kedalam fluida didalam pipa, proses konduksi dan konveksi tersebut akan mengakibatkan sejumlah kalor terlepas kelingkungan sekitar yang bertemperatur lebih rendah dari temperature pipa. Fenomena tersebut disebut dengan *heat loss* dimana pada proses perpindahan panas dari heater ke pipa dan dari pipa ke air, panas yang berasal dari heater tidak terserap seluruhnya oleh pipa dan fluida didalam pipa. Maka penelitian ini USSA-FTS01 yang merupakan penelitian lanjutan dengan memakai bahan Untai dengan stainless steel 304 berdiameter 1" dengan panjang untai 600cm dan debit aliran pada *cooler* dengan variasi bukaan *valve* tetap dengan panjang *cooler* 30cm, dan variasi daya masukan *heater* sebesar 1kW dan Tujuan penelitian untuk menganalisa kemampuan pemanasan di bagian *band heater* berdasarkan perubahan daya pada untai USSA-FTS01.

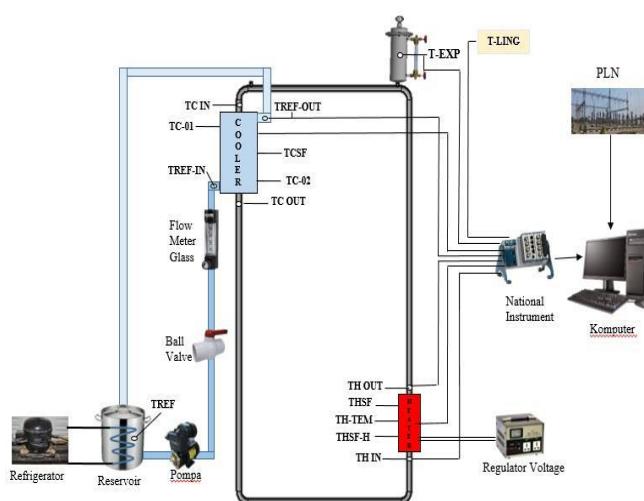
METODELOGI

Fasilitas Untai USSA FTS-01

USSA-FTS01 adalah fasilitas untuk mempelajari phenomona dari sirkulasi alam pada sistem tertutup menggunakan air sebagai fluida kerja. Pada sistem sirkulasi alam sumber panas dan sumber dingin berasal dari alam atau tanpa bantuan listrik, namun untuk alat Untai Simulasi Sirkulasi Alam (USSA)-FTS01 ini sumber panas dan sumber dingin berasal dari *water jacket* dan *band heater* untuk menganalogikan sebagai sumber energi yang berasal dari alam. USSA-FTS01 ini bertujuan untuk menganalisa kemampuan pemanasan dibagian *band heater* berdasarkan perubahan daya. Komponen utama dari fasilitas USSA-FTS01 ini adalah sistem perpipaan yang 2 meter dan lebar (*horizontal*) untai 1meter dan berbahan material stainless steel 304, satu pendingin yang berasal dari refrijeran yang tersistem langsung ke *water jacket* yang dipasang pada pipa bagian *horizontal* atas, satu rangkaian *band heater* yang terdiri dari lima band heater yang

dirangkai secara parallel dan berdaya total 1kW dipasang pada posisi *vertical* sebelah kanan.

Komponen pendingin USSA-FTS01 adalah *Water Jacket Cooler* terbuat dari pipa PVC sebagai dinding pembungkus dan aliran didalam *water jacket* sebagai pendingin pada pipa sisi *cooler*. Air pada pipa posisi pendingin akan didinginkan oleh *water jacket* berdasarkan bukaan valve 30°, 60° dan 90° dan daya pada *band heater* 1kW yang diatur oleh regulator voltage. Tekanan pada untai dijaga pada tekanan 1bar melalui tangki ekspansi, tangki ekspansi dipasang lebih tinggi dari untai. Komponen perpipaan yang terhubung dengan lingkungan luar melalui tangki ekspansi sehingga tekanan tertinggi untai adalah 1 bar.

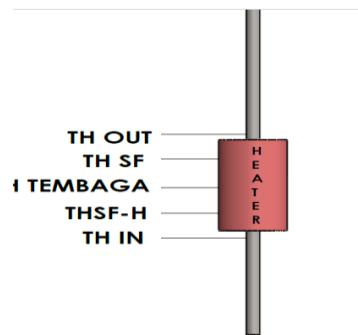


(Courtesy by Kiki Ardian)

Gambar 1. Experimental Untai Simulasi Sirkulasi Alam FTS-01

POSISI PEMASANGAN TERMOKOPEL

Pemasangan termokople tipe-K yang berada pada untai USSA FTS-01 semuanya masing-masing telah diberi nama sesuai peruntukannya. Total termokopel yang dipasang pada untai USSA FTS-01 berjumlah 16 titik termokople yang dipasang pada bagian *Band Heater*, *heater surface*, lapisan antara tembaga dengan tube, udara, *water jacket*, *refrigerator*, . Pada bagian *heater* dipasang 3 titik termokople yang dipasang pada permukaan tube (THSF) pada *heater*(THSF-H), lapisan tembaga(TH-tembaga), tabung heater, dan pada outler heater. dan tabel posisi pemasangan termokopel dapat dilihat pada gambar 2 dan tabel 1 sebagai berikut.

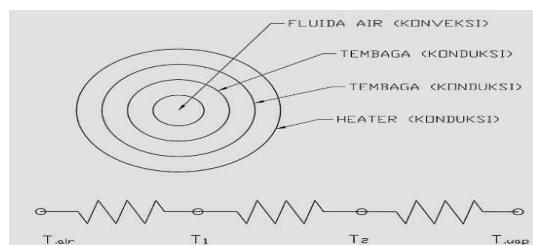


Gambar 2. Pemasangan termokopel pada bagian bagian *band heater*

Keterangan:

THSF	= Temperatur Surface heater
TH TEMBAGA	= Temperatur Tembaga
TH HEATER	= Temperatur Heater
TH IN	= Temperatur Inlet Heater
TH OUT	= Temperatur Out Heater

PERHITUNGAN



Perhitungan untuk menentukan tahanan termal total pada *heater*:

$$R_{tot} = \frac{1}{2\pi r_1 L h_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi K_{ss} L A_{ss}} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi K_{tem} L A_{tem}} \quad (1)$$

Perhitungan Penyerapan kalor secara konveksi:

$$q_H = \frac{\Delta T}{R_{tot}} \quad (2)$$

Perhitungan untuk memperoleh daya *Heater* :

$$P = V \cdot I \cos \phi \quad (3)$$

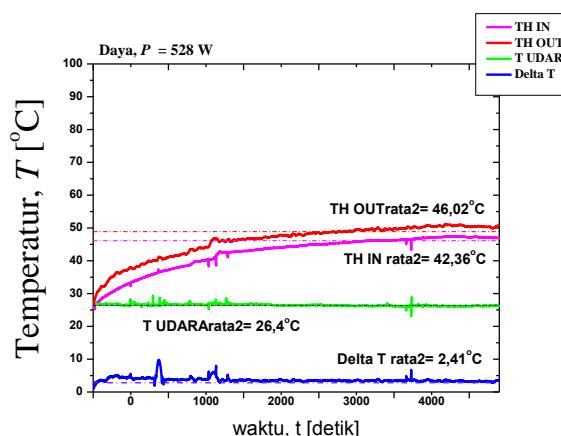
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data eksperiment dilakukan selama 5400 detik, yang berupa data temperatur. Eksperiment dilakukan dengan cara memvariasikan daya pada bagian *band heater* yang telah diukur menggunakan termokopel yang terhubung dengan *National Instrument* yaitu sistem akuisisi data (NI-DAS) kemudian disimpan pada personal komputer (PC). Untuk menentukan laju perpindahan kalor maka perlu diperhatikan termokopel yang terpasang pada pipa loop dibagian *Band Heater* antara lain

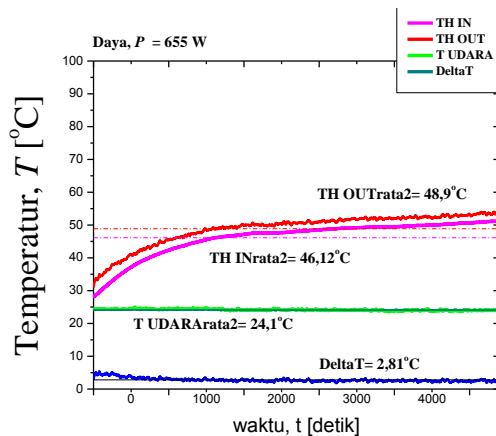
yaitu; TH-IN, TH-OUT, THSF, TH-TEMBAKA, dan THSF-HEATER. Untuk mengetahui kondisi temperatur sesudah *band heater* dihidupkan. Tabel 1 ialah hasil pembacaan termokopel dan karakteristik temperatur terhadap daya di bagian dalam pipa SS.

Tabel 1. karakteristik perubahan temperatur bagian dalam pipa

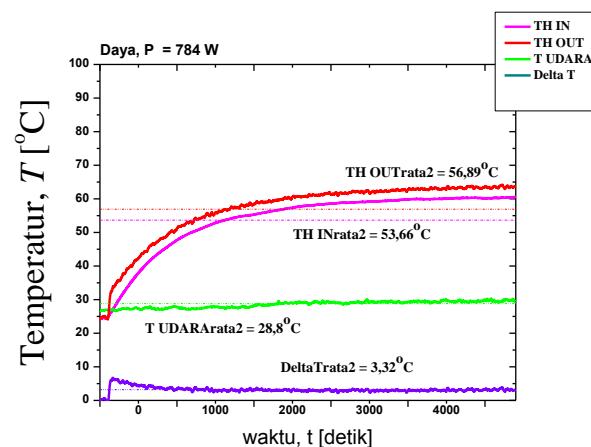
NO	P (Watt)	V (Volt)	TH IN (°C)	TH OUT (°C)	T UDARA (°C)	ΔT (°C)
1	528,4	140	42,36	46,02	26,4	2,41
2	655,2	160	46,12	48,9	24,16	2,81
3	784,1	180	53,66	56,89	28,8	3,32



Gambar 3. Kurva karakteristik temperatur pada daya 528 W



Gambar 4. kurva karakteristik temperatur pada daya 655 W



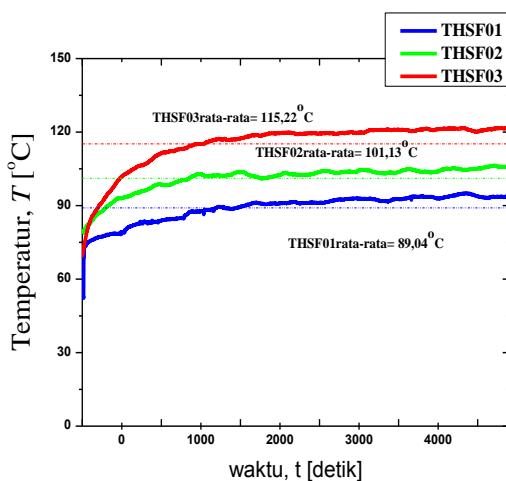
Gambar 5. kurva karakteristik temperatur pada daya 784 W

Berdasarkan dari gambar di atas karakteristik perubahan temperatur terhadap daya 528 w, 655 W dan 784 W pada bagian dalam pipa SS area *heater* yaitu pada titik TH OUT temperatur tertinggi yaitu 56,89°C terendahnya yaitu 46,02°C pada titik TH IN temperatur tertinggi yaitu 53,66°C temperatur terendah yaitu 42,38 °C. Tabel 2 ialah tabel hasil pembacaan termokopel dan karakteristik temperatur terhadap daya di bagian permukaan pipa SS.

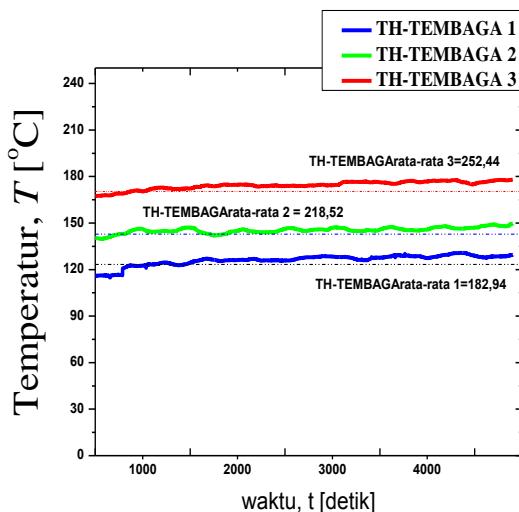
Tabel 2. Karakteristik perubahan temperatur bagian permukaan pipa

NO	P (Watt)	V (Volt)	THSF (°C)	TH HEATER (°C)	TH TEMBAGA (°C)
1	528,4	140	89,04	123,35	182,94
2	655,2	160	101,13	101,8	218,5
3	784,1	180	115,22	170,02	252,44

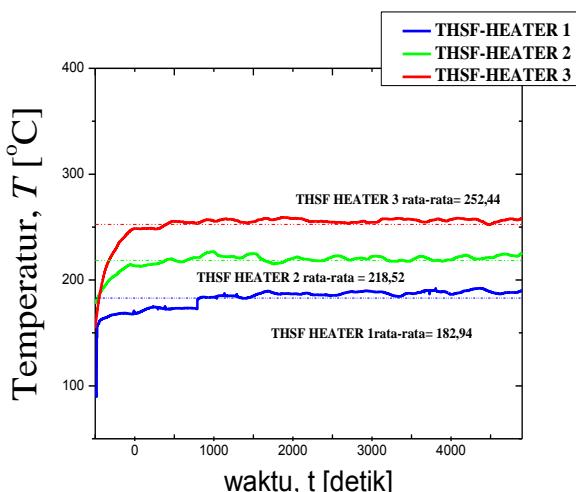
Data hasil eksperiment yang diperoleh pada *heater* selama 5400 detik di titik THSF dengan daya 528, 655 dan 784 W yang di peroleh berdasarkan pembacaan termokopel di bagian permukaan luar pipa yaitu, THSF01, THSF02 dan THSF 3. Data temperatur pemanasan yang di rekam menggunakan sistem akusisi data *National Instrumen* (DAS-NI) dan di simpan dalam personal komputer kemudian diolah menjadi kurva menggunakan software *origin*.



Gambar 6. Kurva karakteristik temperatur *heater* bagian permukaan pipa titik THSF



Gambar 7. Kurva karakteristik temperatur *heater* bagian permukaan pipa titik TH TEMBAGA



Gambar 8. Kurva karakteristik temperatur *heater* bagian permukaan pipa titik THSF HEATER

Hasil pengukuran tempearatur dan karakterisasi hasil eksperiment pada kenaikan temperatur permukaan luar dan temperature air dalam pipa dibagian *band heater* dijadikan acuan untuk menghitung besar nilai laju penyerapan kalor akibat variasi perubahan daya. Konduktivitas termal untuk SS 304 ditentukan melalui sifat fisik dari bahan material. Perhitungan dilakukan pada setiap perubahan daya yang diakukan dengan mengatur *regulator voltage*. Spesifikasi pipa SS 304 pada Untai USSA FTS-01. Di bagian *band heater* adalah seperti berikut:

Panjang <i>heater</i>	: 0,30 meter
Spesifikasi bahan tube adalah :	
Bahan pipa	= StainlesSteel SS 304
Diameter dalam tube (Di)	= $25,4 \times 10^{-3}$ m, r^2
= $12,7 \times 10^{-3}$ meter	
Diameter luar tube (Do)	= $31,4 \times 10^{-3}$ m, r^2
= $15,7 \times 10^{-3}$ meter	
Tebal tube	= 3 mm

Berdasarkan persamaan (1) dan persamaan (2), dilakukan perhitungan dengan memasukan data-data diatas dan data temperature hasil experiment, sebagai berikut:

Penyerapan kalor konduksi pada saat daya 528 W, 655 W dan 784 W

Diketahui :

$$\begin{aligned} r_1 &= 0,0122 \text{ meter} \\ r_2 &= 0,0128 \text{ meter} \\ r_3 &= 0,015 \text{ meter} \\ L &= 0,3 \text{ meter} \\ A_{\text{tem}} &= 0,02826 \text{ meter} \\ A_{\text{ss}} &= 0,02414 \text{ meter} \\ K_{\text{tem}} &= 385 \\ K_{\text{ss}} &= 12117 \end{aligned}$$

Diketahui dengan persamaan berikut

$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{2\pi r_1 L h_1} + \frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi K_{\text{ss}} L A_{\text{ss}}} + \frac{\ln(r_3/r_2)}{2\pi K_{\text{tem}} L A_{\text{tem}}}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{tot}} &= \frac{1}{2,3,14,0,0122} + \frac{\ln(0,0128/0,0122)}{2,3,14,12117,0,3,0,02414} \\ &+ \frac{\ln(0,015/0,0128)}{2,3,14,385,0,3,0,02826} \end{aligned}$$

$$R_{\text{tot}} = 0,102 \text{ k/W}$$

$$qH = \frac{\Delta T}{R_{\text{tot}}}$$

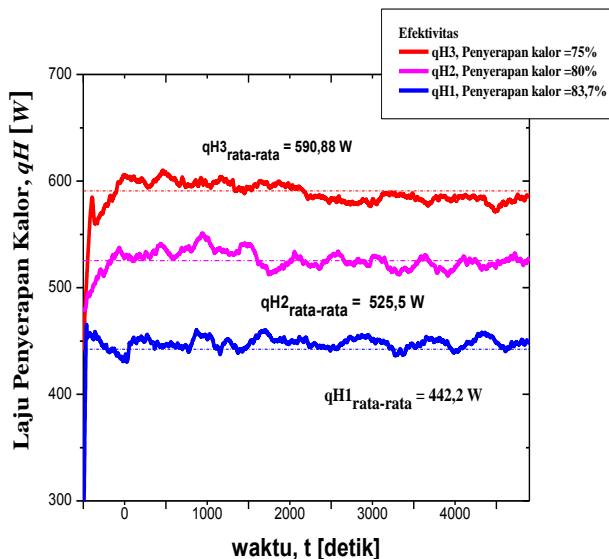
$$\Delta T = \text{THSF Heater} - \text{TH rata - rata}$$

$$\Delta T = 121,94 - 61,67$$

$$\Delta T = 60,27$$

$$qH = \frac{60,27}{0,102}$$

$$qH = 590,88 \text{ W}$$



Gambar 9. Efektivitas penyerapan kalor pada daya 528 W, 655 W dan 784 W

Berdasarkan gambar 9 Efektivitas daya yang di berikan oleh *heater* terhadap permukaan luar pipa yaitu pada daya 528 W presentase penyerapan kalornya yaitu 83,7%, pada daya 655 W presentasi penyerapan kalornya yaitu 80% dan pada daya 784 presentase penyerapan kalornya yaitu 75%. Prensentase kalor yang hilang masih tinggi, hal ini di karena adanya konveksi udara terhadap *heater* yang menyebabkan panas terbuang ke lingkungan

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan di atas serta analisa dan perhitungan yang telah dilaksanakan di Labaratorium Konversi Energi Universitas IBN Khaldun Bogor, maka dapat di peroleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil eksperimen analisa kemampuan pemanasan di bagian *band heater* berdasarkan perubahan daya pada Untai USSA FTS-01. Pada daya 528 watt temperatur tertinggi berada di THSF HEATER mencapai 176°C, daya pada 655 watt didapatkan nilai tertinggi yaitu THSF HEATER mencapai 210°C, pada daya 784,1 watt didapatkan nilai tertinggi yaitu THSF HEATER mencapai 260°C. Adanya perbedaan temperatur terjadi karena variasi perubahan terhadap daya semakin tinggi tegangan yang di berikan oleh regulator voltage terhadap pipa bagian *heater* maka kemampuan laju penyerapan kalor semakin naik

2. Perhitungan penyerapan kalor pada pipa bagian *heater* berdasarkan perubahan daya 528, 655 dan 784 watt di dapatkan hasil dari pembahasan BAB 4 maka di dapat nilai perpindahan kalor dengan daya 528 watt yaitu kalor yang diterima oleh pipa sebesar 442,2 watt, dengan *heat loss* 85,8 watt pada daya 655 watt kalor yang diterima oleh pipa sebesar 525,2 watt dengan *heat loss* dan pada daya 784 watt kalor yang diterima oleh pipa sebesar 590,88 watt dengan *heat loss* 183,12

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan Fakultas Teknik dan Sains UIKA untuk menyediakan fasilitas dan dukungan moril hingga terlaksananya riset ini. Kepada mahasiswa riset di Lab. EDfEC (Fajar Mu'alif, Kiki Ardian dan Bernard Rumpedai) atas kerjasamanya kami ucapkan terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

1. <http://eprints.itenas.ac.id/235/1/A-2%20Strategi%20Green%20Building.pdf> diakes pada tanggal 10 mei 2019
2. <https://eksplorasi.id/ancaman-krisis-energi-nasional/12810> diakes pada tanggal 10 mei 2019
3. <https://ekonomi.kompas.com/read/2018/08/28/160220126/peningkatan-energi-terbarukan-tantangan-besar-bagi-indonesia?page=3> diakes pada tanggal 20 April 2019
4. <http://cahlolok.blogspot.com/2014/12/sekilas-tentang-pendingin-pasiif.html> diakes pada tanggal 10 mei 2019
5. M. Juarsa, J.H. Purba, H.M. Kusuma, T. Setiadipura and S. Widodo, "Preliminary Study on Mass Flow Ratein Passive Cooling Experimental Simulation During Transient Using NC-Queen Apparatus" Atom Indonesia Vol. 40 No. 3 (2014) 141-147
6. M. CHERUBINI,W. GIANNOTTI, D. ARANEO, AND F. D'AURIA, Use of the Natural Circulation Flow Map for Natural Circulation Systems Evaluation. Hindawi Publishing Corporation Science and Technology of Nuclear Installations Volume 2008, Article ID 479673, 7 pages doi:10.1155/2008/479673
7. MAHRAN NOUFAL, GIARNO, JOKO PRASETIO, DEDY HARYANTO, MULYA JUARSA, Analisis Untuk Kerja Pemanas Dan Pendingin Di Untai Fasilitas Simulasi Sistem Pasif, (Vol.19 No. 2 Agustus 2015)
8. MIPTAHUDIN, *perhitungan penyerapan kalor pada pipa bagian heater berdasarkan perubahan daya di untai fassip mod.01(2019)*

9. M. MISALE, dkk. 2005. *Some Considerations On The Interaction Between The Fluid And Wall Tube During Experiments in a Single-Phase Natural Circulation Loops. Proceedings of The 3rd IASME/WSEAS Int. Conf. on Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment*, 128.
10. A. PINIA, A. CAMMIA, M. CAUZZIA, F. FANALEA, L. LUZZIA. *An Experimental Facility to Investigate the Natural Circulation Dynamics in Presence of Distributed Heat Sources* energy procedia 101(2016)10-17
11. M. JUARSA ET AL. *An Experimental Analysis on Nusselt Number of Natural Circulation Flow in Transient Condition Based on the Height Differences between heater dan cooler*. Atom Indonesia Vol. 44 No. 3 (2018) 123 – 130
12. M. JUARSA, J.H. PURBA, H.M. KUSUMA, T. SETIADIPURA AND S. WIDODO. *Preliminary Study on Mass Flow Rate in Passive Cooling Experimental Simulation*