

# Pengaruh Nano Fluida terhadap Temperatur Kondensor Cascade Straight Heat Pipe

I Gusti Agung Ayu Desy Wulandari<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran, Bali 80362  
Email: [desywulandari889@gmail.com](mailto:desywulandari889@gmail.com)

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2019.v05.i02.p03>

## Abstrak

Perkembangan teknologi *Central Processing Unit* (CPU) pada komputer telah mengarah pada *smart technologies* yaitu memiliki kinerja yang semakin baik namun dengan dimensi yang diperkecil. Dengan pengurangan dimensi tersebut, maka dapat menyebabkan peningkatan daya yang sangat signifikan dan peningkatan fluks kalor pada CPU yang tinggi. Pada penelitian ini, *cascade straight heat pipe* dirancang untuk sistem pendingin CPU yang lebih baik tanpa memerlukan tambahan daya dalam pengoperasiannya. Dari data penelitian yang didapat, kinerja termal terbaik ada pada *cascade straight heat pipe* dengan fluida kerja  $Al_2O_3 - TiO_2 - air$ , dengan penurunan temperatur plat simulator sebesar 41,872 % pada beban maksimum dan temperatur keluaran kondensor yang tertinggi. Kinerja termal terbaik kedua adalah pada penggunaan fluida kerja  $Al_2O_3 - air$  dengan penurunan temperatur plat simulator sebesar 35,243 % pada beban maksimum. Kinerja termal yang kurang baik ada pada penggunaan fluida kerja air dengan penurunan temperatur plat simulator sebesar 28,648 % dan temperatur keluaran kondensor yang terendah.

**Kata kunci:** *smart technologies, heat pipe, nanofluida*

## Abstract

*The technology development of Central Processing Unit (CPU) on computers has led into smart technologies, which have better performance but with smaller dimensions. With the reduction of the dimensions, it can cause a very significant increase in power and high increasement of heat flux in the CPU. In this research, cascade straight heat pipe is designed for better CPU cooling systems without the need of additional power for the operation. From the data obtained, the best thermal performance is cascade straight heat pipe with the working fluid of  $Al_2O_3 - TiO_2 - water$ , with a simulator plate temperature decrease of 41.872 % at maximum load and the highest condenser output temperature. The second best thermal performance is on the use of  $Al_2O_3 - water$  with the simulator plate temperature decrease of 35,243 % at maximum load. The poor thermal performance is on the use of water with the simulator plate temperature decrease of 28,648 % and the lowest condenser output temperature.*

**Keywords:** *smart technologies, heat pipe, nanofluid*

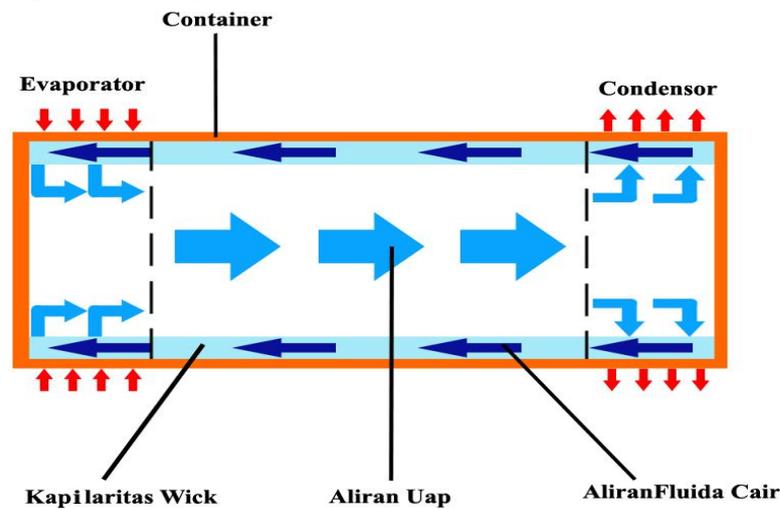
## 1. PENDAHULUAN

*Central Processing Unit* (CPU) adalah perangkat keras yang sangat penting pada komputer yang mengontrol instruksi program komputer. Saat ini, teknologi CPU telah dikembangkan ke arah *Smart Technologies* yang memiliki kinerja yang lebih baik dengan dimensi yang lebih kecil [1][2]. Perkembangan *Smart Technologies* mempengaruhi fluks panas berlebih yang dihasilkan oleh prosesor. Fluks kalor tersebut perlu untuk dibuang dari sistem CPU untuk mempertahankan kinerja dan umur pemakaian [3][4]. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memecahkan permasalahan manajemen fluks panas, salah satunya dengan aplikasi pipa kalor (*heat pipe*).

---

Penulis korespondensi,  
Email: [desywulandari889@gmail.com](mailto:desywulandari889@gmail.com)

*Heat pipe* merupakan suatu teknologi penghantar kalor yang menggunakan pipa berukuran tertentu dan berisi cairan khusus sebagai penghantar kalor dari ujung panas (evaporator) ke ujung lain sebagai pendingin (kondensor) [5]. Pipa tersebut biasanya berbahan Aluminium, Tembaga, atau Tembaga berlapis Nikel. Pada dinding bagian dalam *heat pipe* berisi sumbu kapiler (*wick*) sebagai lintasan bagi cairan kondensat untuk kembali dari kondensor ke evaporator. Setelah fluida menguap di bagian evaporator, uap tersebut mengalir menuju bagian kondensor dan setelah mengalami kondensasi di bagian kondensor maka uap akan mencair, cairan atau kondensat tersebut akan mengalir kembali ke sisi panas (evaporator) dari *heat pipe* dan begitu seterusnya [6].



Gambar 1. Prinsip kerja *heat pipe*

Sesuai dengan prinsip dasarnya, *Cascade Heat Pipe* merupakan rancangan desain *heat pipe* dengan konstruksi bertingkat yaitu menggabungkan dua *heat pipe* menjadi satu, dimana pemasangan kondensor *heat pipe* pertama menyatu dengan bagian evaporator *heat pipe* kedua, dimana *heat pipe* pertama disebut *heat pipe* tingkat pertama, dan *heat pipe* kedua disebut tingkat kedua [7].

Penelitian mengenai aplikasi *heat pipe* sebagai sistem pendingin beberapanya dilakukan dengan penggunaan nanofluida dan nanofluida *hybrid* sebagai fluida kerja *heat pipe* seperti  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -air,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ethylene glycol,  $\text{TiO}_2$ -air,  $\text{TiO}_2$ -ethylene glycol, dan  $\text{ZnO}$ -ethylene glycol [8] yang dilakukan untuk meningkatkan kinerja termal *heat pipe* guna mengatasi permasalahan manajemen fluks panas pada CPU.

## 2. METODE

### 2.1. Rancangan *Cascade Straight Heat Pipe*

Desain *cascade straight heat pipe* dibuat dari 2 buah pipa tembaga datar dengan dimensi yang sama. Ukuran desain dibuat dengan mempertimbangkan batas kerja pipa panas dan CPU serta area sekitar prosesor. *Heat pipe* tingkat pertama berfungsi sebagai evaporator yang menyerap panas dari prosesor. Sedangkan *heat pipe* tingkat kedua dilengkapi dengan *heat sink* untuk memperluas daerah perpindahan kalor.

### 2.2. Injeksi Fluida Kerja *Cascade Straight Heat Pipe*

Fluida kerja yang digunakan pada penelitian *cascade straight heat pipe* ini adalah air murni ( $\text{H}_2\text{O}$ ), nanofluida alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  – air) dan *hybrid* nanofluida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  –  $\text{TiO}_2$  – air)), dimana air murni adalah fluida dasar (pabrikasi) dari *straight heat pipe* yang digunakan. Tahapan injeksi fluida kerja diawali dengan pembuatan dua buah lubang pada *heat pipe* yang nantinya akan dipasangkan katup (pentil freon) di masing-masing lubang tersebut. Katup

pertama adalah sebagai katup vakum dan juga pengeluaran fluida kerja *heat pipe* dan katup kedua sebagai katup pengisian fluida (injeksi). Vakum dilakukan dengan menggunakan pompa vakum yang dihubungkan dengan katup vakum, sedangkan injeksi fluida kerja dilakukan dengan menggunakan *vapor chamber* (spuit).

### 2.3. Pengujian Kinerja Termal *Cascade Straight Heat Pipe*

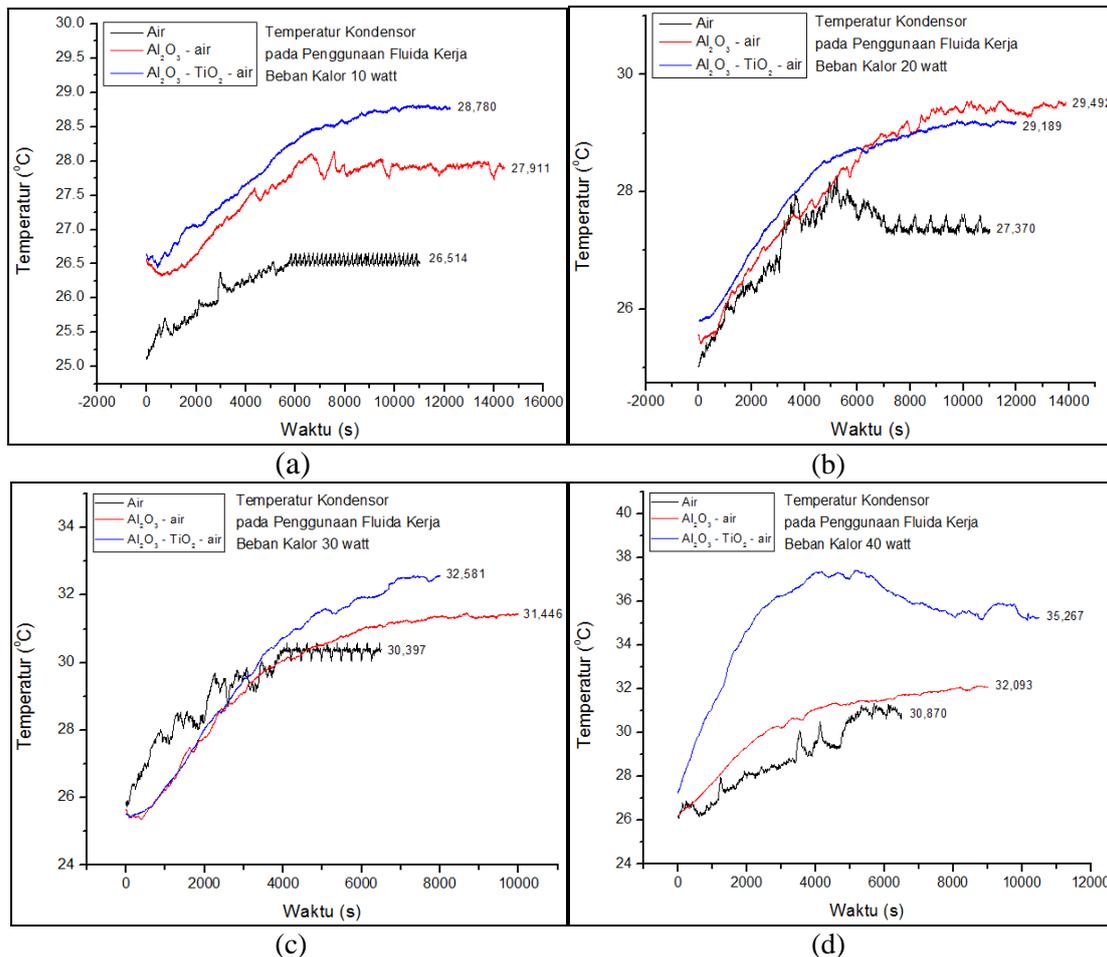
Pada langkah pengujian kinerja termal *cascade straight heat pipe*, variasi beban kalor yang diberikan pada saat pengujian berkisar dari 10 watt sampai 40 watt. Sesuai dengan beban kalor tersebut, maka sebelum pengujian dilakukan karakterisasi pada plat simulator, dimana plat simulator ini berfungsi untuk mensimulasikan beban kalor oleh prosesor tipe *mini CPU core i5 3.30 GHz*. Pada pengujian ini digunakan termokopel tipe-K sebagai sensor temperatur sebanyak 7 buah yang dipasangkan pada bagian atas plat simulator, evaporator tingkat satu, kondensor tingkat satu, evaporator tingkat dua, kondensor tingkat dua, *heat sink*, dan udara lingkungan. Kemudian pembacaan temperatur oleh sensor termokopel dihubungkan dan dimonitori pada komputer melalui data akuisisi *cDAQ system* dengan modul NI-9213.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Distribusi Temperatur Kondensor oleh *Cascade Straight Heat Pipe*

Untuk melihat kinerja pendinginan oleh *cascade straight heat pipe* pada masing-masing fluida kerja yang digunakan, maka dibuat pula perbandingan distribusi temperatur keluaran pada kondensor tingkat kedua dengan variasi beban kalor yang diberikan. Gambar 6 menunjukkan perbandingan distribusi temperatur keluaran kondensor dari masing-masing fluida kerja pada pembebanan kalor 10 watt – 40 watt.

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa temperatur *steady* kondensor tertinggi ada pada penggunaan fluida kerja nanofluida *hybrid Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – TiO<sub>2</sub> – air*, kedua adalah nanofluida *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – air* dan yang terendah adalah air. Temperatur kondensor pada penggunaan *Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – TiO<sub>2</sub> – air* mencapai 29,911 °C, pada *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – air* mencapai 28,780 °C, dan pada air mencapai 26,514 °C. Sedangkan pada Gambar 4.21 yang menunjukkan perbandingan distribusi temperatur kondensor dari masing-masing fluida kerja pada pembebanan kalor 20 watt, temperatur *steady* kondensor tertinggi ada pada penggunaan fluida kerja *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – air* mencapai 29,492 °C, yang kedua adalah nanofluida *hybrid Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – TiO<sub>2</sub> – air* mencapai 29,189 °C, dan yang terendah adalah air mencapai 27,370 °C. Gambar 4.22 yang menunjukkan perbandingan distribusi temperatur kondensor dari masing-masing fluida kerja pada pembebanan kalor 30 watt, dapat dilihat bahwa temperatur *steady* kondensor tertinggi ada pada penggunaan fluida kerja nanofluida *hybrid Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – TiO<sub>2</sub> – air* mencapai 32,581 °C, kedua adalah *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – air* mencapai 31,446 °C, dan yang terendah adalah air mencapai 30,397 °C. Selanjutnya Gambar 4.23 yang menunjukkan perbandingan distribusi temperatur kondensor dari masing-masing fluida kerja pada pembebanan kalor 40 watt, dapat dilihat bahwa temperatur *steady* kondensor tertinggi ada pada penggunaan fluida kerja nanofluida *hybrid Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – TiO<sub>2</sub> – air* mencapai 35,267 °C, kedua adalah *Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – air* mencapai 32,093 °C, dan yang terendah adalah air mencapai 30,870 °C.



Gambar 1. Perbandingan distribusi temperatur keluaran kondensator oleh *cascade straight heat pipe* pada masing-masing penggunaan fluida kerja dengan beban kalor (a) 10 watt, (b) 20 watt, (c) 30 watt dan (d) 40 watt

Hal ini sesuai dengan konsep pendinginan pada *heat pipe* dimana semakin tinggi penurunan temperatur pada sumber panas, dalam hal ini temperatur yang dihasilkan pada plat simulator semakin rendah, maka temperatur keluaran pada kondensator akan semakin tinggi. Pada hasil dari penelitian ini, temperatur pada penggunaan fluida kerja Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – TiO<sub>2</sub> – air memiliki temperatur keluaran kondensator tertinggi pada pembebanan kalor 10 watt, 30 watt dan 40 watt, kemudian diikuti oleh fluida kerja Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – air, dan yang terendah adalah fluida kerja air. Namun, pada pembebanan kalor 20 watt, temperatur keluaran kondensator tertinggi justru ada pada penggunaan fluida kerja Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – air, yang kedua adalah fluida kerja Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – TiO<sub>2</sub> – air, dan yang terendah tetap pada penggunaan fluida kerja air. Hal tersebut dikarenakan perbedaan kondisi temperatur udara lingkungan yang dapat mempengaruhi temperatur keluaran kondensator pada masing-masing *cascade straight heat pipe* dengan fluida kerja yang berbeda.

#### 4. SIMPULAN

Sistem pendingin CPU berbasis *cascade straight heat pipe* yang memiliki kinerja pendinginan terbaik adalah dengan penggunaan fluida kerja Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – TiO<sub>2</sub> – air yang dapat menurunkan temperatur plat simulator sebesar 41,872 %, pendinginan terbaik kedua adalah pada penggunaan fluida kerja nanofluida Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – air dengan penurunan sebesar 35,243 %, sedangkan pendinginan yang kurang baik adalah *cascade straight heat pipe* pada penggunaan fluida kerja air dengan penurunan sebesar 28,648 %.

Kinerja pendinginan terbaik jika dilihat dari temperatur keluaran pada kondensor adalah *cascade straight heat pipe* dengan penggunaan fluida kerja  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiO}_2 - \text{air}$  yang memiliki temperatur keluaran tertinggi, yang kedua adalah fluida kerja  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{air}$ , dan yang terendah adalah fluida kerja air, sehingga air memiliki kinerja pendingin yang kurang baik di antara ketiga penggunaan fluida kerja.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. W. Brenner, *Law in an Era of "Smart" Technology*. 2007.
- [2] Q. Chen and Y. Huang, "Scale effects on evaporative heat transfer in carbon nanotube wick in heat pipes," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 111, pp. 852–859, 2017.
- [3] A. B. Solomon, K. Ramachandran, and B. C. Pillai, "Thermal performance of a heat pipe with nanoparticles coated wick," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 36, p. vol. 36, pp. 106–112, 2012.
- [4] K. V. Paiva and M. B. H. Mantelli, "Wire-plate and sintered hybrid heat pipes: Model and experiments," *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 93, pp. 36–51, 2015.
- [5] N. K. Gupta, A. K. Tiwari, and S. K. Ghosh, "Heat transfer mechanisms in heat pipes using nanofluids - A review," *Exp. Therm. Fluid Sci.*, vol. 90, pp. 84–100, 2018.
- [6] N. Putra and W. Nata Septiadi, *Teknologi Pipa Kalor Teori, Desain dan Aplikasi*. Jakarta: UI-PRESS, 2014.
- [7] N. Putra, A. Duanovsah, and K. Haliansyah, "Investigation of Cascade Loop Heat Pipes," *World Acad. Sci. Eng. Technol. Int. J. Mech. Aerospace, Ind. Mechatron. Manuf. Eng.*, vol. 9, no. 10, pp. 1868–1872, 2015.
- [8] N. Putra, W. N. Septiadi, and R. Irwansyah, "Effect of Concentration and Loading Fluid of Nanofluids on the Thermal Resistance of Sintered Powder Wick Heat Pipe," vol. 651, pp. 728–735, 2013.