

Kinerja Termal Pipa Kalor Tembaga pada Fluida Kerja Air

David Febraldo¹⁾, Wayan Nata Septiadi^{1)*}, Ketut Astawa¹⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali, Indonesia 80361

Email: davidfebraldo@gmail.com, wayan.nata@unud.ac.id, awatsa@yahoo.com

doi: <https://doi.org/10.24843/METTEK.2019.v05.i01.p07>

Abstrak

Pipa kalor (Heat pipe) merupakan salah satu teknologi penukar kalor dua fase sistem pasif, pipa kalor itu sendiri memiliki struktur dengan konduktivitas termal tinggi, hal ini memungkinkan transportasi panas dengan mempertahankan perbedaan suhu sehingga seragam di sepanjang bagian yang dipanaskan dan didinginkan. Kinerja termal pipa kalor dapat ditentukan dari nilai hambatan panas. Ketika hambatan panas bernilai kecil, maka laju perpindahan kalor meningkat begitu pula sebaliknya. Pengujian kinerja termal pipa kalor tembaga pada fluida kerja air telah dilakukan. Kinerja termal dapat diamati dari hasil pengambilan data temperatur dan pengolahan data. Hasil dari penelitian ini menunjukkan perbedaan temperatur antara temperatur pemanas dan temperatur fluida terus meningkat dengan kenaikan laju perpindahan panas dari variasi beban pemanasan 70 volt, 90 volt, 110 vot, 130 volt, dan 150 volt.

Kata kunci: Pipa Kalor, Kinerja Termal, Koefisien Perpindahan Panas

Abstract

Heat pipe is a passive two-phase heat exchanger technology, heat pipe itself has a structure with high thermal conductivity, this allows heat transportation by maintaining a uniform temperature difference along the heated and cooled part. Thermal performance of heat pipes can be determined from the value of heat resistance. When heat resistance is small, the heat transfer rate increases and vice versa. Testing the thermal performance of copper heat pipes on the working fluid of water has been carried out. Thermal performance can be observed from the results of temperature data collection and data processing. The results of this study indicate the temperature difference between heating temperature and fluid temperature continues to increase with increasing heat transfer rates from variations in heating loads of 70 volts, 90 volts, 110 vot, 130 volts, and 150 volts.

Keywords: Heat Pipe, Thermal Performance, Heat Transfer Coefficient

1. PENDAHULUAN

Penggunaan dan pengembangan *heat pipe* sebagai sistem pendingin pada suatu mekanisme penghasil panas sudah sering diaplikasikan pada era kemajuan teknologi seperti saat ini. Dengan tren peningkatan peformansi kinerja serta pengecilan dimensi pada komponen mekanisme penghasil panas, maka akan berdampak pada peningkatan fluk panas yang dihasilkan [1]-[2]. Saat ini pipa kalor merupakan produk yang banyak diaplikasikan dalam sistem pendingin. Selain kemampuan pipa kalor dalam menyerap fluks panas tinggi, karakter lain dari pipa kalor adalah tidak membutuhkan daya dari luar dan tidak ada bagian mekanis yang bergerak. Pipa kalor adalah sebuah alat yang memiliki nilai konduktivitas termal tinggi, yang digunakan untuk memindahkan kalor, dimana jumlah kalor yang dipindahkan jauh lebih besar dari pada kenaikan temperaturnya yang kecil antara permukaan panas dan dingin.

* Penulis korespondensi,
Email : wayan.nata@unud.ac.id

Pipa kalor konvensional terkadang merupakan suatu individual pipa kalor, namun ada juga yang pemakaiannya digabung dengan komponen lain. Pipa kalor konvensional ada yang memiliki tipe tabular atau silinder, tipe pipih atau datar dan tipe pelat. Pada pipa kalor tipe tabular atau silinder lebih mudah diaplikasikan karena antara daerah evaporator yang digunakan sebagai tempat penyerapan kalor dan bagian kondensor sebagai tempat pelepasan kalor dapat diatur panjangnya bagian kondensor juga lebih mudah jika akan digunakan sebagai pendingin berupa sirip, fan, ataupun model terendam dalam fluida. Kinerja termal pipa kalor dapat ditentukan dari nilai hambatan panas. Ketika hambatan panas bernilai kecil, maka laju perpindahan kalo meningkat begitu pula sebaliknya [1]-[5].

2. METODE

2.1. Fluida Kerja

Fluida kerja berfungsi untuk memindahkan panas dari evaporator menuju ke kondensor yang dapat berupa fluida dasar (air, helium, ethyleneglycol, ethanol, dll) atau fluida campuran (nano fluida dll). Pemakaian fluida campuran harus merupakan suatu fluida yang tidak menyebabkan deposit pada bagian dalam heat pipe yang dapat mengurangi kinerja heat pipe secara keseluruhan. Jenis fluida kerja bergantung dari rentang temperatur kerja dari aplikasi tersebut.

Kinerja heat pipe sangat dipengaruhi oleh fluida kerja yang digunakan dengan material container. Jika fluida dan material container yang digunakan sesuai, maka kinerja dari heat pipe dalam menghantarkan panas bisa maksimal begitu sebaliknya. Hal ini di karenakan sifat dari fluida kerja yang berbeda-beda terhadap setiap material [1]-[5].

Besarnya nilai koefisien perpindahan kalor didapatkan dari perhitungan dengan menggunakan persamaan 2.1 [6] :

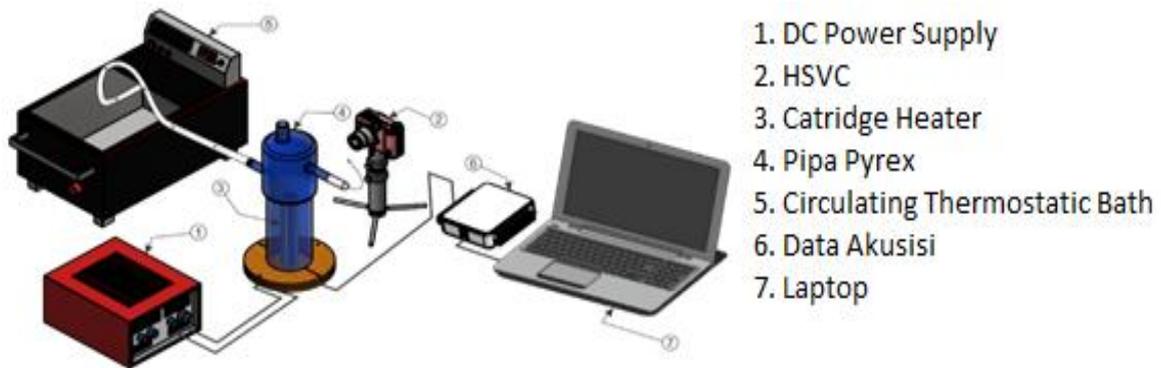
$$h = \frac{q''}{\Delta T_s} = \frac{P/\pi DL}{(T_w - T_{sat})} = \frac{(V \times I)}{(T_w - T_{sat})} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- h = koefisien perpindahan kalor [W/m²K]
- q'' = fluks kalor [W/m²]
- ΔTs= (Tw - T_{sat})
= temperatur wall superheat (°C)
- P = Daya Pemanas Listrik (W)
- D = Diameter Substrat (m)
- L = Panjang Substrat (m)
- V = Voltase Pemanas Listrik (V)
- I = Arus Pemanas Listrik (A).

2.2. Pengambilan Data Termal





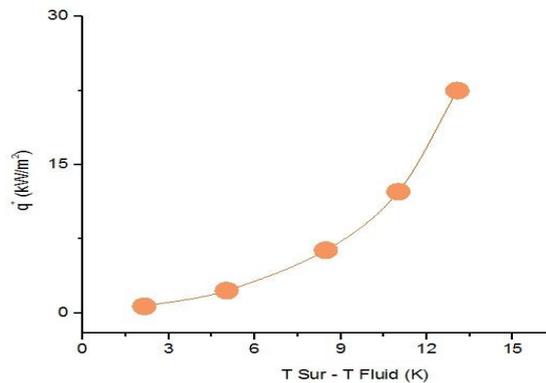
Gambar 1. Skema Pengujian Didih Kolam

Gambar 1 menunjukkan skema pengambilan data termal, pada pengujian ini digunakan pemanas listrik komersil dengan daya maksimum 300 W dan tegangan maksimum 170 V, pemanas ini terhubung dengan *adjustable DC power supply*. Dimensi dari pemanas listrik adalah : panjang 150 mm dan diameter 6 mm yang terbuat dari *stainless steel*. Sebelum pemanas utama digunakan, proses pendidihan dibantu dengan pemanas tambahan. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termokopel tipe k pada dua titik, satu titik pada permukaan pemanas dan satu titik pada fluida. Termokopel dihubungkan dengan data akuisisi NI 9201 yang mengirimkan sinyal analog yang akan diubah menjadi sinyal digital pada komputer melalui perangkat lunak LabView jumlah sampel data yang diambil adalah 1 data per detik. Bagian kondensier terhubung dengan *circulating thermostatic bath* yang beroperasi pada suhu 25 °C.

Tabung yang digunakan pada pengujian pendidihan ini terbuat dari *pyrex glass* dengan tebal 6 mm, tinggi 200 mm, diameter terluar 115 mm dan diameter bagian dalam tabung 103 mm. bagian terbawah terbuat dari tembaga yang juga berfungsi sebagai tempat dudukan pemanas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

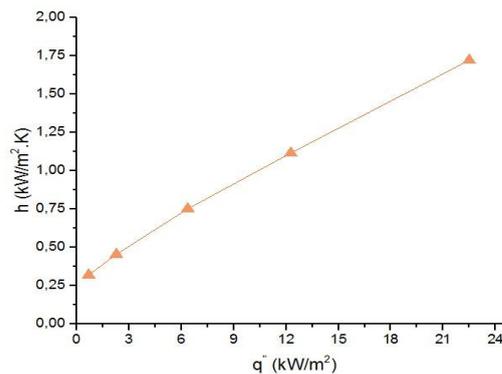
Hasil penambahan voltase listrik dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Heat Flux terhadap ΔT

Gambar 2. merupakan grafik perbandingan heat flux terhadap ΔT , dimana pada setiap penambahan heat flux terjadi penambahan ΔT , dimulai dari heat $0,68 \text{ kW/m}^2$ menghasilkan ΔT sebesar $2,14 \text{ K}$, hingga pada heat flux maksimum penelitian ini $22,49 \text{ kW/m}^2$ menghasilkan ΔT

$13,07 \text{ K}$.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Heat Flux terhadap Koefisien Perpindahan Panas

Gambar 3. merupakan grafik perbandingan heat flux terhadap koefisien perpindahan panas, dimana pada setiap penambahan heat flux terjadi penambahan koefisien perpindahan panas, dimulai dari heat $0,68 \text{ kW/m}^2$ menghasilkan koefisien perpindahan panas sebesar $0,31 \text{ kW/m}^2.\text{K}$, hingga pada heat flux maksimum penelitian ini $22,49 \text{ kW/m}^2$ menghasilkan koefisien perpindahan panas $1,72 \text{ kW/m}^2.\text{K}$.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai kinerja termal pipa kalor tembaga pada fluida kerja air dengan beban pemanasan yang digunakan 70 volt , 90 volt , 110 volt , 130 volt , dan 150 volt dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Kenaikan *heat flux* juga mempengaruhi kenaikan ΔT pipa kalor tembaga.
2. Kenaikan *heat flux* juga mempengaruhi kenaikan koefisien perpindahan panas pipa kalor tembaga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia dan LPPM Universitas Udayana atas bantuan dana melalui skema Hibah Penelitian Unggulan Udayana (PUU) 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. N. Septiadi dan N. Putra, *Teknologi Pipa Kalor: Teori, Desain dan Aplikasi*, 1 ed. Jakarta: UI-Press, 2014..
- [2] Putra, Nandy, Wayan Nata Septiadi, Haolia Rahman, and Ridho Irwansyah. 2012. "Thermal Performance of Screen Mesh Wick Heat Pipes with Nanofluids." *Experimental Thermal and Fluid Science* 40: 10–17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2012.01.007>. Bhayangkara, A., *Desain Mesin Injeksi*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin, Institut Teknologi Bandung, 25-35, 2009.
- [3] Idrus, Fairosidi, Nazri Mohamad, and Ramlan Zailani. 2013. "Experimental Model to Optimize the Design of Cylindrical Heat Pipes for Solar Experimental Model to Optimize the Design of Cylindrical Heat Pipes for Solar Collector Application." *Trans Tech Publications* (September).
- [4] Wang, Xiang-qi, and Arun S Mujumdar. 2007. "Heat Transfer Characteristics of Nanofluids : A Review." *International Journal of Thermal Sciences* 46: 1–19.
- [5] Wong, Shwin-chung, and Yi-huan Kao. 2008. "Visualization and Performance Measurement of Operating Mesh-Wicked Heat Pipes." *International Journal of Heat and Mass Transfer* 51: 4249–59.
- [6] Frank Incropera. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*.