

# KARAKTERISTIK PIPA KALOR DENGAN FLUIDA KERJA ASETON, *FILLING RATIO* 80 % PADA BERBAGAI KEMIRINGAN

Rahmat Iman Mainil, Ferly Septian Iskandar, Azridjal Aziz

Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau,  
Kampus Bina Widaya Km 12.5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru, 28293, Indonesia

E-mail : rahmat.iman@lecturer.unri.ac.id

## ABSTRAK

Artikel ini merupakan sebuah kaji experimental pada karakteristik termal pipa kalor (panjang 400 mm dan diameter  $\frac{1}{4}$ " ) dengan menggunakan fluida kerja aseton. Rasio pengisian fluida adalah 80 %. Pengaruh panas masukan dan sudut kemiringan pipa kalor terhadap karakteristik termal pipa kalor telah di pelajari dengan variasi panas masuk 3-6 W dan sudut kerja 0-90°. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kinerja termal pipa kalor pada panas masukan (*heat input*) dan pada sudut kemiringan pipa kalor yang lebih besar.

Kata kunci : Pipa kalor, rasio pengisian, kapasitas panas, kemiringan pipa kalor

## ABSTRACT

*This paper presents an experimental investigation of thermal characteristics of heat pipe (length of 400 mm and diameter of  $\frac{1}{4}$ " ) with working fluid aseton. The filling ratio was controlled at 80 %. The effect of heat input and inclination of heat pipe on the thermal characteristics of the heat pipe had been studied with variations of (3-6 W) and (0-90°), respectively. The result showed that the high heat input and inclination resulted to the increase of thermal performance of heat pipe .*

*Keywords : Heat pipe, filling ratio, heat, inclination of heat pipe*

## PENDAHULUAN

Dalam industri elektronik dibutuhkan perangkat yang mampu membuang panas dari komponen elektronik untuk melindunginya dari kerusakan. Dengan sistem pembuangan panas, temperatur komponen elektronik akan terjaga sehingga bisa menghindari panas berlebih (*over heating*), yang menjadi penyebab kerusakan komponen elektronik. Salah satu perangkat yang dapat digunakan untuk kebutuhan tersebut adalah pipa kalor (Iskandar et al. 2015).

Pipa kalor merupakan alat pemindah panas yang mampu memindahkan panas dengan cepat dengan kapasitas yang besar (Suyitno et al. 2010; Sugita 2016). Perpindahan panas pada pipa kalor terjadi dari daerah evaporator ke kondensor, dimana evaporator berfungsi sebagai penyerap panas dan

kondensor sebagai bagian yang melepaskan panas. Fluida kerja pada pipa kalor berfungsi sebagai media transport panas dari evaporator ke kondensor (Peyghambarzadeh et al. 2013).

Berbagai upaya dilakukan untuk meningkatkan kinerja dari pipa kalor, salah satunya adalah pemilihan fluida kerja (Mozumder et al. 2011; Park and Boo 2012; Pachghare and Mahalle 2013). Penggunaan fluida kerja air sudah dilakukan oleh beberapa penelitian sebelumnya (Siregar et al. 2016). Hasil yang didapat memperlihatkan bahwa laju perpindahan panas pipa kalor dengan posisi horizontal (sudut kemiringan 0°) menggunakan fluida air dapat mencapai 8.82 W. Disamping itu peningkatan laju perpindahan panas dapat meningkat menjadi 9.73 W ketika pipa kalor bekerja pada sudut kemiringan 90°. Sehingga, posisi pipa kalor juga mempunyai pengaruh terhadap laju perpindahan panas.

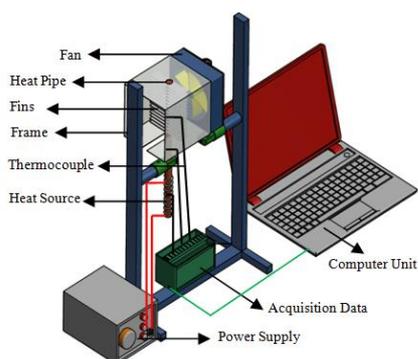
Kaji mengenai pengaruh sudut peletakan terhadap kinerja pipa kalor telah dilakukan oleh beberapa riset sebelumnya (Soedarmanto 2011; Senthilkumar et al. 2012). Hasilnya menunjukkan sudut kemiringan yang besar terhadap garis horizontal memiliki tahanan thermal yang kecil.

Pipa kalor mampu memindahkan panas dengan penurunan temperatur yang kecil. Untuk temperatur yang relatif rendah, penggunaan fluida lain selain air diperlukan, mengingat rentang penggunaan pipa kalor dengan fluida air terbatas pada temperatur 30-200 °C. Aseton dapat bekerja pada temperature yang lebih rendah yakni 0-120 °C. Untuk menentukan kinerja optimal dari pipa kalor maka penentuan sudut kemiringan dan filling ratio sangat dibutuhkan. Sehingga penelitian kali ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pipa kalor menggunakan fluida aseton pada berbagai kemiringan dengan filling ratio 80 %.

## BAHAN DAN METODE

### Metode pengujian

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pipa kalor dengan panjang 400 mm dan diameter 1/4". Sebuah wick (sumbu) dengan ukuran 150 mesh diposisikan di dalam pipa kalor sebagai media sirkulasi fluida di dalam pipa kalor. Pipa kalor diberi sirip pada sisi kondensornya untuk memperbesar luas perpindahan panas. Kawat heater nikelin dengan panjang 800 mm digunakan sebagai sumber panas pada bagian evaporator. Kawat heater nikelin dihubungkan dengan power supply, dengan variasi daya masukan 3-6 W. Pembuangan panas di kondensor dilakukan dengan pendinginan konveksi paksa dengan menggunakan media udara. Bagian adiabatik diisolasi menggunakan material armaflex. Skema alat pengujian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema alat pengujian (Iskandar et al. 2015)

Untuk memulai eksperimen, pipa kalor diisi dengan fluida aseton dengan rasio pengisian 80 % dari volume evaporator. Pipa kalor ditempatkan pada alat uji dengan sudut kerja pipa kalor 0°, 45°, dan 90°. Kemudian pipa kalor diberi panas pada sisi evaporator menggunakan heater dengan variasi panas input 3-6 W.

Termokopel dipasang pada beberapa titik di dinding luar pipa kalor sesuai dengan jarak yang ditentukan. Dimana T1 dipasang pada dinding evaporator, T2 dan T3 pada dinding adiabatik, T4 dan T5 dipasang pada dinding kondensor, T6 dan T7 pada sisi masuk dan keluar pendingin udara. Pengambilan data diambil pada kondisi tunak selama 5 menit dengan interval waktu pengambilan data 30 detik menggunakan data logger TC08.

### Data reduksi

Persamaan-persamaan yang digunakan dalam perhitungan data hasil pengujian ditunjukkan oleh pers. (1-5).

Daya input ( $Q_{in}$ ), beda temperature dan tahanan termal dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Q_{in} = V \times I \quad (1)$$

Beda temperature evaporator dan kondensor ( $\Delta T_{e-c}$ ) dapat dihitung dengan persamaan:

$$\Delta T_{e-c} = \Delta T_e - \Delta T_c \quad (2)$$

Sedangkan tahanan termal ( $R_{th}$ ) pipa kalor dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$R_{th} = \frac{T_e - T_c}{Q_{in}} \quad (3)$$

Nilai koefisien perpindahan panas pipa kalor dihitung menggunakan persamaan:

$$h = \frac{Q_{in}}{A(\Delta T_{e-c})} \quad (4)$$

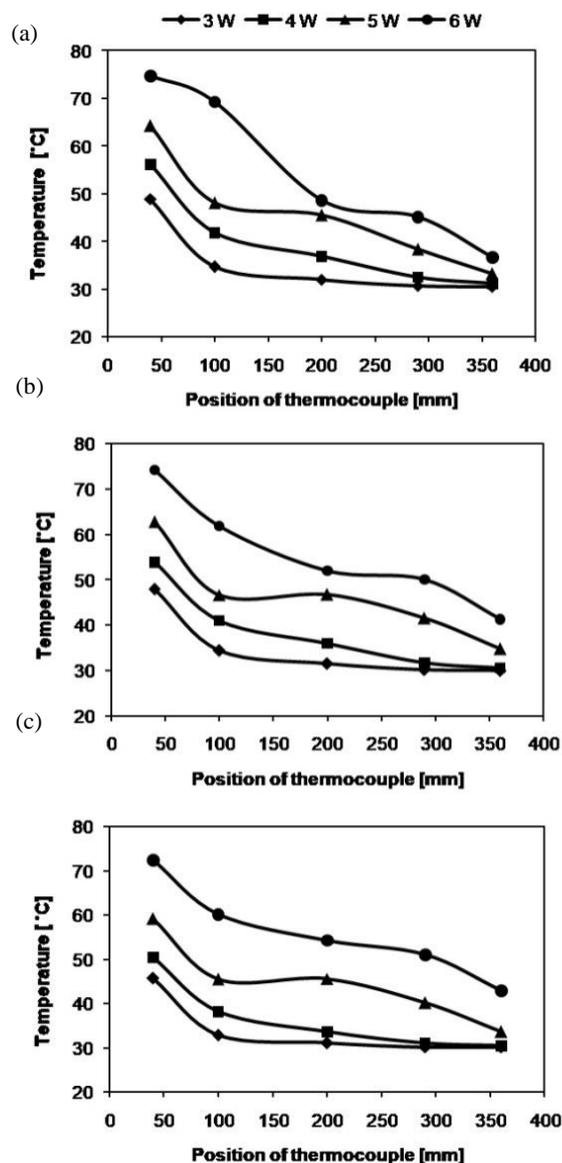
Kalor yang keluar melalui kondensor dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_{out} = \eta \cdot A \cdot h \cdot (T_w - T_u) \quad (5)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mengetahui karakteristik dari pipa kalor meliputi distribusi temperature sepanjang pipa kalor, beda temperatur evaporator dan kondensor, tahanan termal, koefisien perpindahan panas, dan kapasitas

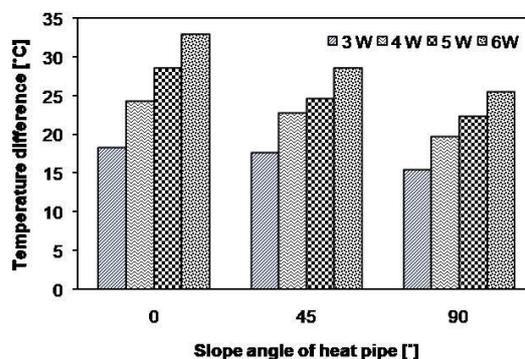
panas keluaran pada beberapa titik di pipa kalor dengan beberapa variasi panas masuk evaporator seperti yang dapat dilihat pada gambar 2. Fluks panas dari heater pada sisi evaporator menyebabkan temperatur evaporator meningkat yang kemudian dipindahkan pada sisi kondensor melalui fluida etanol. Tahanan termal yang disebabkan oleh sirkulasi fluida di dalam pipa kalor menyebabkan penurunan temperatur kondensor.



Gambar 2. Distribusi temperatur pipa kalor pada berbagai kemiringan dengan rasio pengisian 80 % (a) 0 °C, (b) 45 °C, (c) 90 °C

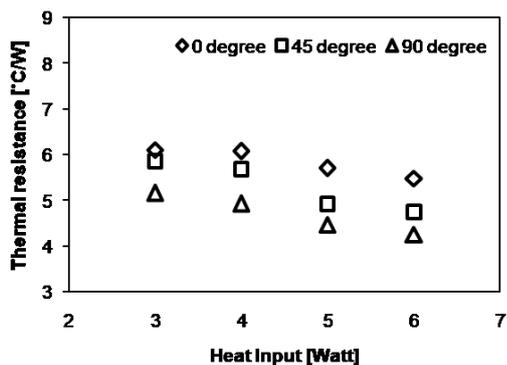
Jika dilihat dari gambar 2, terdapat penurunan temperatur pada evaporator pada sudut yang berbeda untuk setiap variasi panas masuk (*heat input*). Pada sudut 0° temperatur evaporator untuk setiap pembebanan 3W, 4W, 5W dan 6W masing-masingnya bernilai 48,92 °C, 56,18 °C, 64,28 °C dan 74,70 °C. Untuk sudut kemiringan 45° pada pembebanan yang sama temperaturnya 47,83 °C,

kondensor, maka dilakukan set pengambilan data pengujian. Hasil pengujian menunjukkan distribusi temperatur 53,89 °C, 62,71 °C dan 74,22 °C. Untuk sudut 90° temperatur evaporator disetiap pembebanan bernilai 48,31 °C, 51,18 °C, 55,05 °C dan 65,76 °C. Penurunan temperatur evaporator terhadap sudut kemiringan ini dipengaruhi oleh kecepatan balik kondensat dari kondensor untuk kembali menyerap panas di evaporator. Dimana, semakin besar sudut kemiringan maka jumlah fluida yang kembali pada evaporator semakin banyak karena proses kembalinya cairan ke evaporator melalui struktur sumbu (*wick*) lebih cepat karna pengaruh gaya gravitasi.



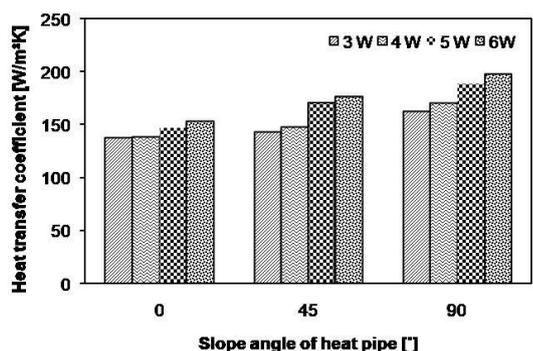
Gambar 3. Pengaruh heat input terhadap beda temperatur evaporator dan kondensor dengan rasio pengisian aseton 80 % pada berbagai sudut kemiringan dan input panas

Salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kinerja pipa kalor adalah beda temperatur (*temperature difference*) antara sisi evaporator dan sisi kondensor. Jika beda temperature rendah, maka pipa kalor memiliki kinerja yang baik, sedangkan jika beda temperatur tinggi, maka evaporator pipa kalor mengalami kekeringan (*dry out*). Kondisi ini terjadi akibat tidak terjadi proses sirkulasi fluida yang menguap dari evaporator ke kondensor. Gambar 3 menunjukkan bahwa posisi 90° merupakan posisi yang memiliki beda temperature yang paling rendah untuk setiap variasi *heat input*. Hal ini menunjukkan pengaruh gaya gravitasi membantu terhadap kembalinya kondensat ke evaporator.



**Gambar 4.** Pengaruh heat input terhadap hambatan termal dengan rasio pengisian aseton 80 % pada berbagai sudut kemiringan dan input panas

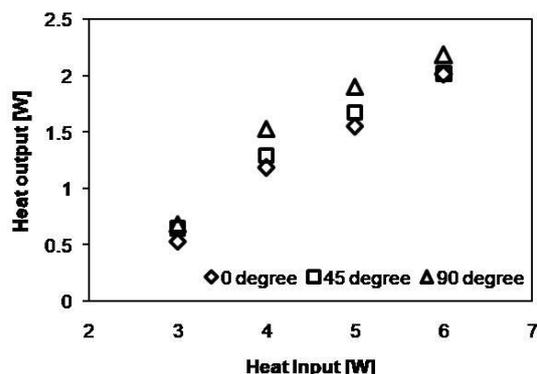
Rasio antara beda temperatur dengan panas input pada pipa kalor atau disebut dengan hambatan termal, dapat juga digunakan untuk melihat kinerja dari pipa kalor. Dimana, semakin tinggi hambatan termal maka semakin sulit perpindahan panas terjadi antara sisi evaporator dan sisi kondensor. Hasil pengujian pipa kalor dengan rasio pengisian 80 % pada berbagai sudut kemiringan dengan variasi panas input ditunjukkan oleh gambar 4. Pengujian tersebut menunjukkan bahwa penambahan panas input berpengaruh terhadap menurunnya hambatan termal. Hambatan termal tertinggi terjadi pada posisi 0° (horizontal) dengan input panas 3 W dan terendah pada posisi 90° (vertikal) dengan input panas 6 W, yaitu 6,1 °C/W dan 4,24 °C/W.



**Gambar 5.** Nilai koefisien perpindahan panas pada pipa kalor dengan rasio pengisian aseton 80 % pada berbagai sudut kemiringan dan input panas

Nilai koefisien perpindahan panas pipa kalor dengan rasio pengisian aseton 80 % meningkat dengan meningkatnya kapasitas panas yang diberikan pada sisi evaporator. Nilai koefisien perpindahan panas ini lebih besar pada posisi vertikal pipa kalor (90°) dari pada posisi 45° dan

posisi horizontal. Koefisien perpindahan panas tertinggi pada posisi 90° dengan kapasitas panas input 6 W adalah 197.80 W/m<sup>2</sup>.°C.



**Gambar 6.** Perbandingan panas input dan panas keluaran pipa kalor dengan rasio pengisian aseton 80 % pada berbagai sudut kemiringan dan input panas pipa kalor dengan rasio pengisian 80 %

Panas yang keluar dari sisi kondensor dipengaruhi oleh besarnya panas masuk dari evaporator. Hal ini dapat dilihat pada gambar 6, dimana semakin tinggi panas yang diserap evaporator maka semakin besar panas yang dihasilkan di kondensor. Pengaruh kemiringan pipa kalor menunjukkan bahwa posisi 90° memiliki kapasitas panas buang yang lebih tinggi dibandingkan dengan kemiringan lainnya, 45° dan 0°. Hal ini dipengaruhi oleh sirkulasi fluida dari evaporator ke kondensor kemudian kembali ke evaporator berlangsung lebih cepat pada posisi pipa kalor vertikal. Kapasitas panas keluar terendah adalah 0,52 W (pada sudut 0°) dan kapasitas panas tertinggi yaitu 2,1 W (pada sudut 90°). Perbedaan kapasitas panas masuk evaporator dan kondensor yang terjadi disebabkan adanya *heat loss* pada sisi adiabatik.

## KESIMPULAN

Pengujian pipa kalor tembaga dengan rasio pengisian fluida 80 % dilakukan untuk mengetahui karakteristik pipa kalor pada beragam variasi kemiringan dan panas input. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas panas keluar pipa kalor meningkat seiring dengan meningkatnya panas input. Panas input juga mempengaruhi besarnya tahanan termal dan koefisien heat transfer. Posisi kerja pipa kalor 90° memiliki kinerja terbaik dibandingkan posisi lainnya (45° dan 0°). Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya tahanan termal dan meningkatnya koefisien perpindahan panas pipa kalor. Dengan kondisi tersebut kapasitas panas yang mampu dipindahkan oleh pipa kalor semakin

meningkat. Sehingga, penelitian ini bermanfaat untuk merencanakan kondisi kerja pada pengaplikasian pipa kalor pada perangkat-perangkat penukar panas.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Rekayasa Termal, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Riau sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Iskandar, F.S. et al. 2015. Karakteristik pipa kalor dengan fluida kerjaaseton , filling ratio 60 % pada posisi horizontal , kemiringan 45 ° dan vertikal. *Jurnal Sains dan Teknologi* 14(1), pp. 28–33.
- Mozumder, A.K. et al. 2011. Performance of Heat Pipe for Different Working Fluids and Fill Ratios. *Journal of Mechanical Engineering* 41(2), pp. 96–102. doi: 10.3329/jme.v41i2.7473.
- Pachghare, P.R. and Mahalle, A.M. 2013. Effect of pure and binary fluids on closed loop pulsating heat pipe thermal performance. *Procedia Engineering* 51(NUiCONE 2012), pp. 624–629. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2013.01.088>.
- Park, M.K. and Boo, J.H. 2012. Thermal Performance of a Heat Pipe with Two Dissimilar Condensers for a Medium-Temperature Thermal Storage System. *Journal of Applied Science and Engineering* 15(2), pp. 123–129. doi: 10.6180/jase.2012.15.2.05.
- Peyghambarzadeh, S.M. et al. 2013. Thermal performance of different working fluids in a dual diameter circular heat pipe. *Ain Shams Engineering Journal* 4(4), pp. 855–861. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.asej.2013.03.001>.
- Senthilkumar, R. et al. 2012. Effect of inclination angle in heat pipe performance using copper nanofluid. *Procedia Engineering* 38, pp. 3715–3721. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.427>.
- Siregar, R. et al. 2016. Pengaruh perpindahan panas pipa kalor pada posisi horizontal. *Jurnal online Mahasiswa* 3(2), pp. 5–8.
- Soedarmanto, H. 2011. Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Kinerja Termal Revolving Heat Pipe Alur Memanjang Dengan Fluida Kerja Metanol. *INTEKNA* 3(1), pp. 51–57.
- Sugita, I.W. 2016. Studi eksperimental kinerja pipa kalor fleksibel. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur* , pp. 142–148.
- Suyitno et al. 2010. Karakteristik Perpindahan Panas Pada Loop Thermosyphon dengan Fluida Kerja R134a Bertekanan 0,8 MPa: *MEKANIKA* 9(September), pp. 226–230.