

ANALISIS VARIASI TINGGI DAN JARAK ANTAR SIRIP TERHADAP KINERJA *HEAT PIPE*

Arif Rochman Fachrudin *¹, Fina Andika Frida Astuti¹
Ahmad Hanif Firdaus ²

^{1,2}Teknik Mesin, Politeknik Negeri .Malang
Jl. Soekarno Hatta, Malang, 65141
E-mail: arfachrudin@gmail.com

Abstrak

Heat pipe merupakan alat penukar kalor yang mampu memindahkan sejumlah panas dari evaporator dan dilepaskan di kondensor. Alat ini memanfaatkan panas laten dari fluida kerja dalam perpindahan panasnya dan tanpa memerlukan energi dari luar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tinggi sirip dan jarak antar sirip terhadap kinerja termal *heat pipe*. Metode penelitian ini adalah eksperimen, yaitu menggunakan pipa berdiameter 10 mm dengan panjang bagian kondensor 144 mm, panjang adiabatik 168 mm dan panjang evaporator 88 mm. Populasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pipa dengan jumlah sirip sebanyak 5 buah dengan variasi jarak antar sirip 10 mm, 20 mm, dan 30 mm dan variasi tinggi sirip 0 mm (tanpa sirip), 5 mm, 10 mm dan 15 mm. Hasil penelitian menunjukkan ada perbedaan kinerja *heat pipe* pada masing masing variasi, antara variasi jarak antar sirip dan tinggi sirip. Kinerja termal dengan fluks kalor terendah terjadi pada *heat pipe* tanpa sirip, yaitu 10,2 W/cm². Sedangkan kinerja termal tertinggi dengan fluks kalor terbesar terjadi pada interaksi jarak antar sirip 30 dan tinggi sirip 15 mm.

Kata kunci: *heat pipe*, penukar kalor, sirip,.

PENDAHULUAN

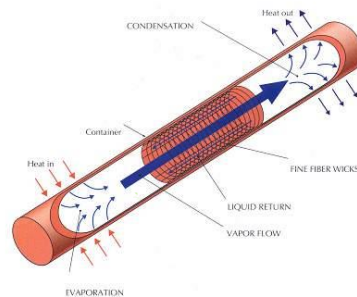
Alat penukar panas berperan untuk mengalirkan panas dari suatu tempat ke tempat lain, sehingga pada tempat awal tidak terjadi penumpukan energi panas. Alat ini mempunyai peranan penting pada alat yang berpotensi *overheating*. *Overheating* terjadi karena adanya penumpukan energi panas dan tidak bisa langsung terbangun karena keterbatasan penghantaran atau keterbatasan tempat.

Berbagai macam alat penukar panas yang digunakan untuk memindahkan panas dari suatu tempat ketempat lain. Salah satu alat penukar kalor yang efektif memindahkan panas adalah adalah *heat pipe*. *Heat pipe* memindahkan panas dari suatu tempat ketempat lain dengan menggunakan prinsip perubahan fase dari cair kemudian menjadi uap, setelah panas dilepaskan kembali menjadi cair lagi. *Heat pipe* menggunakan panas laten dalam

memindahkan energi panas dan tidak membutuhkan energi dari luar, misalnya kipas, sehingga mempunyai tingkat efektifitas yang baik.

Konstruksi *heat pipe* adalah pipa tertutup yang terdiri dari 3 bagian dengan fungsi sendiri sendiri. Bagian pertama adalah evaporator yang didalamnya diisikan fluida. Evaporator berfungsi menerima panas dari sumber panas. Bagian kedua adalah adiabatik. Bagian ini berfungsi sebagai penghubung antara bagian evaporator dengan bagian kondensor. Bagian ini tertutup secara rapat sehingga tidak ada kalor yang keluar masuk ketika melewatinya. Bagian ketiga adalah kondensor. Kondensor berfungsi untuk melepas panas ke lingkungan yang berasal dari evaporator [1]

Cara kerja alat ini adalah panas yang berasal dari sumber panas memberikan sejumlah panas pada bagian kondensator. Panas di kondensator memanaskan fluida yang ada di kondensator sehingga fluida berubah fase menjadi uap. Uap yang dibangkitkan mempunyai tekanan yang besar sehingga bergerak menuju ke kondensator melalui bagian adiabatik. Pada bagian kondensator, panas dilepaskan secara kondensasi sehingga uap berubah kembali menjadi cair dan kembali ke bagian evaporator. Hal ini terjadi secara terus menerus dalam sistem tertutup sehingga bisa memindahkan sejumlah panas yang masuk pada bagian evaporator dan dilepas pada bagian kondensator.



Gambar 1. Bagian bagian heat pipe dan cara kerja [2]

Kinerja *heat pipe* dapat dianalisis dari nilai *end to end* , tahanan termal, dan fluks kalor. *End to end* adalah selisih dari rata rata temperatur evaporator dengan rata rata temperatur kondensator. *End to end* dapat dirumuskan:

$$\Delta T = T_e - T_k$$

dengan:

ΔT = selisih temperatur ($^{\circ} \text{C}$)

T_e = temperatur evaporator (m^2)

T_k = temperatur kondensor angin (m/s)

Tahanan termal merupakan *end to end* dibagi Q_{out} . Tahanan termal dirumuskan:

$$R_{\text{th}} = \Delta T / Q_{\text{out}}$$

dengan:

R_{th} = tahanan termal ($^{\circ} \text{C/Watt}$)

ΔT = Selisih temperatur ($^{\circ} \text{C}$)

Q_{out} = Panas yang dikeluarkan kondensor ($^{\circ} \text{C}$)

. Fluks kalor adalah banyaknya energi panas yang dikeluarkan kondensor (Q_{out}) per satuan luas. Fluks kalor dirumuskan [3]:

$$q_{\text{mak}} = Q_{\text{out}} / A$$

dengan:

q_{mak} = fluks Kalor (W/m^2)

Q_{out} = panas yang dikeluarkan kondensor ($^{\circ} \text{C}$)

A = luas penampang (m^2)

Beberapa kajian mengenai pipe telah dilakukan. [4] mengamati *heat transfer* dan *pressure drop* pada *helical heat exchanger* dengan menggunakan coiled tube dengan diameter helical tube 127 mm – 197 mm, dan diameter tube 9,5 mm. Selain itu, bahwa aliran fluida dalam spiral plate memberikan efek yang positif terhadap nilai heat transfer pada heat exchanger juga telah dieliti oleh [5].

Beberapa kajian mengenai pipe telah dilakukan [6] dalam artikelnya memberikan tinjauan secara komprehensif tentang aplikasi, bahan dan kinerja canggih dari heat pipe. [7] melakukan review tentang *heat pipe* menyatakan bahwa *heat pipe* dapat meningkatkan kemampuan perpindahan panas tanpa memerlukan gradien suhu yang signifikan antara sumber panas dan heat sink. Efektivitas pipa panas disebabkan oleh panas laten perubahan fasa fluida kerja dalam tahap kondensasi dan penguapan. *Heat pipe* dengan sudut inklinasi dan dinding wick di teliti oleh [8]. Hasilnya menunjukkan bahwa memvariasikan kondisi pendinginan dan jenis sumbu secara paralel diperlukan untuk mencapai kinerja maksimal. Panjang dan suhu pendinginan yang tepat meningkatkan batas termal heat pipe dengan sumbu berperforma rendah. Sumbu komposit mendorong kinerja stabil yang lebih

cepat, startup yang mulus, dan ketidakstabilan yang rendah. dalam investigasinya menyimpulkan bahwa fluida kerja sangat berpengaruh terhadap kinerja *heat pipe*[9]. [10] juga meneliti mengenai putaran yang dikenakan pada *heat pipe*. Penelitiannya menyimpulkan bahwa semakin besar putaran akan meningkatkan kinerja *heat pipe*

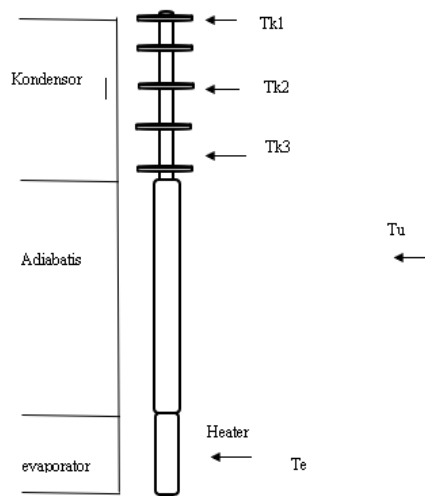
Inti dari beberapa penelitian yang telah dilakukan seperti tercantum diatas adalah mempelajari efek dari dimensi, fluida kerja, perlakuan serta posisi terhadap kinerja *heat pipe* yang dihasilkan, khususnya daya, fluks kalor dan tahanan termal yang dihasilkan Permasalahannya adalah perlu dilakukan pembahasan mengenai sirip (*heat sink*) terhadap kinerja *heat pipe*.

METODE PENELITIAN

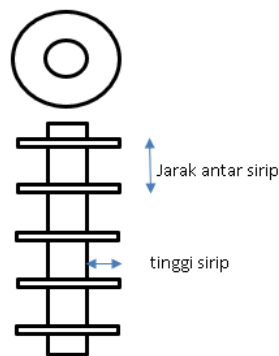
Penelitian dilakukan secara eksperimen untuk mendapatkan data penelitian.. Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah: Tinggi sirip: 0 mm (tanpa sirip), 5 mm, 10 mm dan 15 mm dan Jarak antar sirip: 10 mm, 20 mm dan 30 mm. Variabel terikat adalah kinerja *heat pipe* yang dapat dilihat dari nilai fluks kalornya.

Tabel 1. Spesifikasi *Heat Pipe*

No	SPEKIFIKASI	KETERANGAN
1	Panjang total (mm)	400
2	Panjang kondensor (mm)	144
3	Panjang adiabatik (mm)	168
4	Panjang Evaporator (mm)	88
5	Diameter Pipa (mm)	10
6	Tebal Pipa (mm)	0,5
7	Kedalaman Groove	0,5
8	Fluida kerja	Air
9	Jarak antar sirip (mm)	10,20,30
10	Tinggi sirip (mm)	0,5,10,15



Gambar 2 Skema penelitian



Gambar 3 *Heat pipe* dengan sirip pada bagian kondensor

Skema penelitian bisa dilihat di gambar 2 dan letak sirip dan jarak antar sirip bisa dilihat di gambar 3.

Langkah langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat uji *heat pipe* sesuai dengan variasi tinggi sirip dan jarak antar sirip.
2. Mengisi fluida air pada alat uji.
3. Memasang alat ukur Temperatur (termokopel) pada evaporator (Te), kondensor (Tk1, Tk2, Tk3) dan temperatur lingkungan (Tu)
4. Memasang *heater* pada evaporator dilengkapi dilengkapi pengatur temperatur
5. Memasang isolasi pada bagian adiabatik .

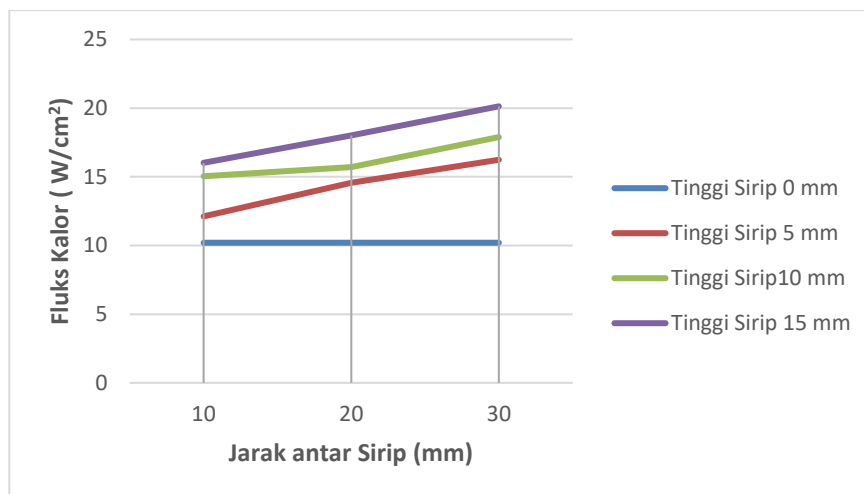
6. Menjalankan alat uji sampai *heat pipe* berfungsi normal dengan temperatur 100°C
7. Mengkondisikan temperatur yang ada pada evaporator
8. Mencatat temperatur yang ditunjukkan oleh pengukur temperatur.
9. Mengulangi pengujian sampai 5 kali dengan alat uji dengan tinggi sirip dan jarak antar sirip yang berbeda beda

Pengambilan data temperatur adalah pada bagian, evaporator (T_e), kondensor (T_{k1} , T_{k2} , T_{k3}), dan temperatur ruangan/udara (T_u). Pengambilan data dilakukan setelah kondisi kerja *heat pipe* stabil, yaitu kurang lebih 30 menit setelah *heat pipe* mulai beroperasi. Pengukuran dilakukan 3 kali dan setiap temperatur diambil datanya 10 data dengan jeda pengambilan data 5 menit, sehingga setiap temperatur memperoleh 30 data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

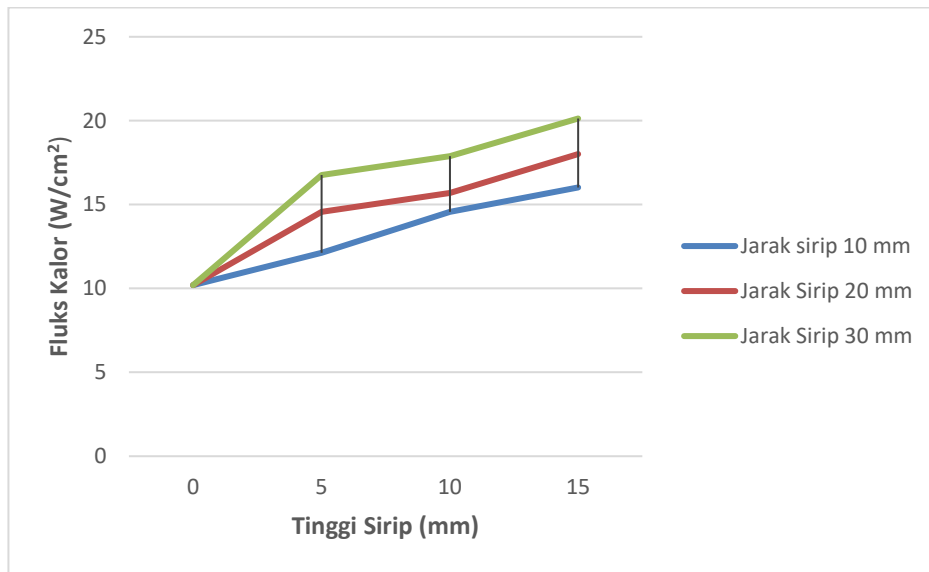
a. Hubungan antara jarak antar sirip terhadap fluks kalor

Gambar 3 menunjukkan bahwa, pada jumlah sirip sama semakin besar jarak antar sirip dengan variasi tinggi sirip, maka akan semakin kecil *end to end* ΔT , yaitu semakin kecil selisih antara temperatur di evaporator dengan temperatur di kondensor, semakin rendah tahanan termal sehingga nilai fluks kalor semakin besar. Nilai *fluks kalor* tertinggi terjadi pada jarak sirip 30 mm dan pada tinggi sirip 15 mm, yaitu $20,13\text{ W/cm}^2$. Pada *heat pipe* tanpa sirip mempunyai nilai terendah yaitu $10,22\text{ W/cm}^2$



Gambar 3. Hubungan Jarak antar sirip dengan fluks Kalor

4.1.2 Hubungan antara Tinggi sirip dengan Fluks Kalor



Gambar 4. Hubungan Tinggi Sirip terhadap Fluks Kalor

Gambar 4 menunjukkan bahwa, semakin tinggi sirip, maka akan semakin kecil *end to end* ΔT , yaitu semakin kecil selisih antara temperatur di evaporator dengan temperatur di kondensor (*end to end* ΔT), semakin rendah tahanan termal sehingga nilai fluks kalor semakin besar. Nilai *fluks kalor* tertinggi terjadi pada jarak antar sirip 30 mm pada tinggi sirip 15 mm, yaitu sebesar 20,13 W/cm². Penelitian ini juga dibandingkan dengan tanpa menggunakan sirip. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanpa sirip, menghasilkan fluks kalor yang terendah yaitu sebesar 10,2 W/cm²

Semakin tinggi sirip dan semakin besar jarak antar sirip, maka luas bidang perpindahan panas yang dilepas ke lingkungan secara konveksi semakin besar, sehingga kemampuan mentransfer panas secara konveksi keudara semakin besar. Bertambahnya kemampuan melepas panas ke udara, semakin bertambah pula daya panas per luas penampang (fluks Kalor) yang dihantarkan dari evaporator ke kondensor. Semakin besar fluks kalor, maka selisih temperatur antara evaporator dan kondensor (*end to end* ΔT) dan tahanan termal semakin kecil. Semakin kecil *end to end* ΔT dan tahanan termal dan dan semakin besar fluks kalor menunjukkan bahwa *heat pipe* mempunyai kinerja yang semakin baik.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis dari hasil penelitian mendapatkan simpulan bahwa: semakin jauh jarak antar sirip dan semakin tinggi sirip meningkatkan kinerja termal *heat pipe* yang ditandai dengan semakin kecilnya nilai *end to end* ΔT , nilai tahanan termal dan semakin besarnya nilai fluks kalor. Kinerja termal dengan fluks kalor terendah terjadi pada *heat pipe* tanpa sirip. Sedangkan kinerja termal tertinggi dengan fluks kalor terbesar terjadi pada interaksi jarak antar sirip 30 mm dan tinggi sirip 15 mm yaitu sebesar 20,13 W/cm². Pada *heat pipe* tanpa sirip mempunyai fluks kalor terendah, yaitu 10,2 W/m². Untuk penelitian selanjutnya bisa difokuskan pada perbedaan sirip mendatar dan sirip horisontal pada bagian kondensor dan dengan variasi suhu input.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Ziapour, B. M., Mohammadnia, A., & Baygan, "More about thermosyphone rankine cycle performance enhancement," *Int. J. Eng. Trans. A Basics*, vol. 28(4), pp. 650–659.
- [2] A. R. Fachrudin, "Pengaruh Panjang Kondensor terhadap Kinerja Termal Heat Pipe," vol. 20, no. 1, pp. 47–52, 2020.
- [3] J. P. Holman, *Heat Transfer*. Mc Graw Hill, 1986.
- [4] P. Naphon, "Thermal Performance and Pressure Drop of Helical-Coil Heat Exchangers," *J. Heat Mass Transf.*, pp. 142–149, 2006.
- [5] R. Sarvanan., "An Experimental Study of Spiral Plate Heat Exchanger for Electrolytes," *J. Univ. Chem. Technol. Metall.*, pp. 255-260., 2008.
- [6] H. Jouhara, A. Chauhan, T. Nannou, S. Almahmoud, B. Delpech, and L. C. Wrobel, "Heat pipe based systems - Advances and applications," *Energy*. 2017, doi: 10.1016/j.energy.2017.04.028.
- [7] C. W. Chan, E. Siqueiros, J. Ling-Chin, M. Royapoor, and A. P. Roskilly, "Heat utilisation technologies: A critical review of heat pipes," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 50, pp. 615–627, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.05.028.
- [8] F. K. Kholi, A. Mucci, H. Kallath, M. Y. Ha, J. Chetwynd-Chatwin, and J. K. Min, "Experimental investigation of the effects of inclinations and wicks on the thermal

- behavior of heat pipes for improved thermal applications,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 26, no. January, p. 100997, 2021, doi: 10.1016/j.csite.2021.100997.
- [9] A. R. Fachrudin, “Unjuk Kerja Thermoshypon dengan variasi Fluida Kerja,” vol. 18, no. 2, pp. 67–71, 2018.
- [10] A. R. Fachrudin, “Pengaruh kecepatan putaran terhadap kinerja termal rotating closed thermosyphon,” vol. 18, no. 1, pp. 1–14, 2017.