

STUDI EKSPERIMENTAL KINERJA PIPA KALOR FLEKSIBEL

I Wayan Sugita

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik - Universitas Negeri Jakarta
e-mail: wayan-sugita@unj.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kinerja pipa kalor fleksibel. Pipa kalor fleksibel dibuat dengan panjang 450 mm. Bagian evaporator terbuat dari tembaga dengan panjang 150 mm, diameter dalam 4 mm dan diameter luar 5 mm. Bagian kondensor terbuat dari tembaga dengan panjang 150 mm, diameter dalam 4 mm dan diameter luar 5 mm. Bagian adiabatik terbuat dari bahan elastis *silicon* dengan diameter dalam 5 mm dan diameter luar 8 mm. Struktur sumbu *stainless steel mesh 100 dan stainless steel mesh 50*. Fluida kerja menggunakan air murni. Bagian dalam adiabatik ditambahkan pegas untuk menjaga struktur sumbu tidak rusak pada saat ditekuk. Evaporator dipanaskan menggunakan heater dengan daya sebesar 12 W. Pipa kalor ditekuk dengan sudut tekuk 0°, 45°, 90°, 135° dan 180°.

Hasil yang didapat menunjukkan kinerja pipa kalor fleksibel meningkat dengan berkurangnya sudut tekuk yang ditunjukkan dengan hasil perhitungan tahanan termal pipa kalor. Tahanan termal pipa kalor mempunyai nilai paling kecil pada saat pipa tidak ditekuk dan paling besar pada saat pipa kalor ditekuk dengan sudut 180°. Kinerja pipa kalor mesh 100 lebih baik dibandingkan pipa kalor mesh 50. Ini menunjukkan bahwa kapasitas perpindahan panas pipa kalor dipengaruhi oleh sudut tekuk pipa kalor. Nilai tahanan termal mesh 50 paling kecil terjadi pada sudut 0° sebesar 0.24 K/W dan terbesar pada sudut 180° sebesar 0.40 K/W. Nilai tahanan termal mesh 100 paling kecil juga sama terjadi pada sudut 0° sebesar 0.15 K/W dan terbesar pada sudut 180° sebesar 0.23 K/W.

Keyword : pipa kalor, fleksibel, struktur sumbu, evaporator, kondensor.

1. Pendahuluan

Kehidupan masyarakat pada jaman modern ini tidak terlepas dari penggunaan berbagai macam peralatan elektronik. Peralatan elektronik pada umumnya akan menghasilkan panas pada saat beroperasi. Apabila digunakan secara terus-menerus dalam waktu yang lama maka akan dihasilkan panas yang cukup banyak. Supaya kinerja terjaga dan terhindar dari kerusakan, maka panas yang dihasilkan harus dibuang. Untuk membuang panas tersebut diperlukan alat pembuang panas yang mampu membuang panas dengan baik. Salah satu alat yang digunakan untuk membuang panas adalah pipa kalor. Pada umumnya pipa kalor dibuat dalam bentuk yang kaku sehingga tidak bisa ditekuk. Apabila tempat yang menghasilkan panas berada pada posisi yang sulit, maka akan terjadi kesulitan untuk membuang panas. Pipa kalor biasa akan kesulitan untuk mencapainya. Oleh karena itu perlu dibuat pipa kalor yang mampu mencapai posisi tersebut dengan kemampuan pemindahan panas yang tetap baik. Oleh

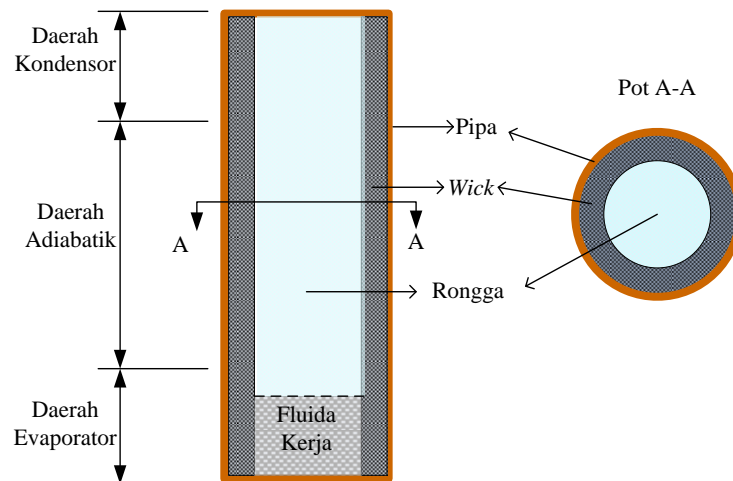
karena itu penulis melakukan suatu penelitian pipa kalor dengan judul “**Studi Eksperimental Kinerja Pipa Kalor Fleksibel**”.

2. Teori Dasar

Pipa kalor adalah perangkat yang dapat memindahkan panas dari suatu titik ke titik yang lain dengan sangat cepat pada beda temperatur kecil yang konstan dan dengan kapasitas perpindahan panas yang besar [1]. Pipa kalor pertamakali ditemukan oleh R.s Gaugler pada tahun 1942. Cikal bakal terbentuknya pipa kalor berasal dari pipa perkins pada abad 18, saat ini dikenal sebagai pipa thermosyphon. Kemudian R.s Gaugler dari General Motors, ohio, USA mengembangkan pipa thermosyphon dengan menambahkan struktur sumbu didalam pipa dengan tujuan untuk mempercepat laju aliran fluida cair. Pipa tersebut dipatenkan dengan nama pipa kalor, kemudian dikembangkan

lagi oleh G.M Grover pada tahun 1964 dari laboratorium Los Alamos Nasional, New Mexico yang mempublikasikan artikel pertama tentang pipa kalor [2]. Pipa kalor terdiri atas pipa berongga yang kedua

ujungnya tertutup yang didalamnya terdapat fluida kerja dan struktur sumbu (wick) seperti ditunjukkan oleh gambar 1. Daerah pipa kalor secara aksial dibagi menjadi tiga bagian yaitu evaporator, adiabatik dan kondensor.



Gambar 2.1 Struktur Pipa Kalor

3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimental.

Diawali dengan studi literatur mengenai perpindahan panas yang terjadi pada pipa kalor. Pada tahap ini diharapkan mendapat informasi lengkap dan berguna untuk mencapai tujuan penelitian ini.

Kedua merancang dan membuat pipa kalor fleksibel.

Ketiga, melakukan pengujian pipa kalor fleksibel.

Merancang dan Membuat Pipa kalor Fleksibel

Sesuai dengan data pada table 1, pipa kalor dibuat dari pipa tembaga dan pipa polimer (*silicon*). Bagian kondensor dan evaporator terbuat pipa tembaga diameter luar 5 mm dan diameter dalam 4 mm dengan panjang masing-masing 150 mm. Sedangkan bagian adiabatik menggunakan pipa polimer (*silicon*) dengan diameter luar 8 mm dan diameter dalam 5 mm dengan panjang 150

mm. Pipa tembaga dibersihkan dari kotoran-kotoran menggunakan larutan HCl kemudian dicuci dengan air murni. Setelah itu pipa kalor dan silicon digabungkan menggunakan lem tahan panas pada temperatur ruang. Klem dipasang pada bagian sambungan pipa dengan silicon untuk mencegah terjadinya kebocoran. Struktur sumbu (*wick*) dengan bahan stainless steel (100 dan 50 *mesh*) digunakan. Pipa kalor yang dirancang menggunakan wick 100 dan 50 *mesh*.

Penyambungan pipa dilakukan sebagai berikut. Salah satu ujung pipa dilas terlebih dahulu. Ujung yang lain dipasangkan pintil untuk disambungkan ke pompa vakum. Pipa kalor kemudian divakum selama 15 menit untuk mencapai tekanan -75 cmHg. Setelah di vakum, pipa kalor diisi fluida kerja dengan *filling* rasio 20%. Air murni dipilih sebagai fluida kerjanya. Setelah fluida kerja dimasukkan maka ujung satunya ditutup dengan cara dilas. Termokopel dipasang pada bagian evaporator dan kondensor untuk mengetahui temperaturnya masing-masing.

Tabel 1 Dimensi Pipa Kalor

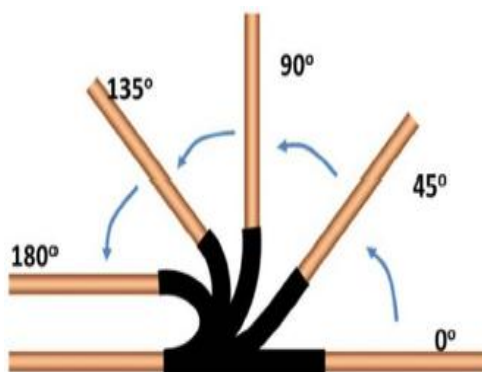
Parameter pipa kalor	Dimensi
Panjang pipa kalor fleksibel, L (mm)	450
Panjang evaporator, Le (mm)	150
Panjang Kondensor, Lc (mm)	150
Diameter luar pipa tembaga (mm)	5
Diameter dalam pipa tembaga (mm)	4
Panjang pipa polimer, La (mm)	150
Diameter luar pipa polimer (mm)	8
Diameter dalam pipa polimer (mm)	5
Struktur sumbu	#100 dan 50 screen



Gambar 2 Pipa Tembaga dengan Wick



Gambar 4 Pipa Kalor Fleksibel



Gambar 3 Sudut Tekuk Penelitian

Pengujian pipa kalor

Pipa kalor fleksibel diuji dengan memberikan panas pada bagian evaporator dengan daya tetap 12W. Data pengujian yang diambil adalah temperatur rata-rata pada bagian kondensor dan evaporator. Pipa kalor fleksibel ditekuk dengan variasi sudut 0°, 45°, 90°, 135° dan 180°. Pipa kalor yang diuji adalah dengan wick 50 dan 100 mesh.

4. Hasil dan Pembahasan

Data pengujian pipa kalor yang digunakan adalah temperatur rata-rata pada pipa kondensor dan evaporator. Data yang diperoleh digunakan untuk menunjukkan distribusi temperatur pada pipa kalor fleksibel. Untuk menentukan kemampuan pipa kalor fleksibel dilakukan perhitungan tahanan termal.

Tahanan termal pipa kalor fleksibel:

$$R = \frac{\bar{T}_e - \bar{T}_c}{q}$$

Dimana:

Q = daya heater (w)

Tc = temperatur rata-rata dinding pipa kondensor (°C)

Te = temperatur rata-rata dinding pipa kondensor (°C)

Data hasil pengujian pipa kalor fleksibel.

Tabel 1 Temperatur rata-rata evaporator dan kondensor pipa kalor mesh 50

Sudut Tekuk (°)	Temperatur rata-rata (°C)	
	Te	Tc
0	52.53	49.68

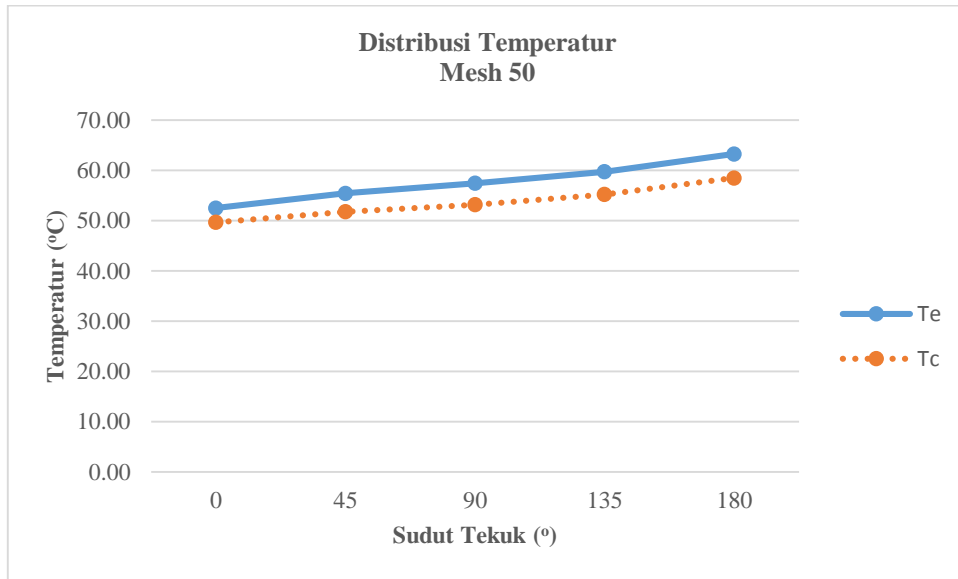
45	55.43	51.79
90	57.44	53.19
135	59.76	55.21
180	63.27	58.52

Tabel 4.2 Temperatur rata-rata evaporator dan kondensor pipa kalor mesh 100

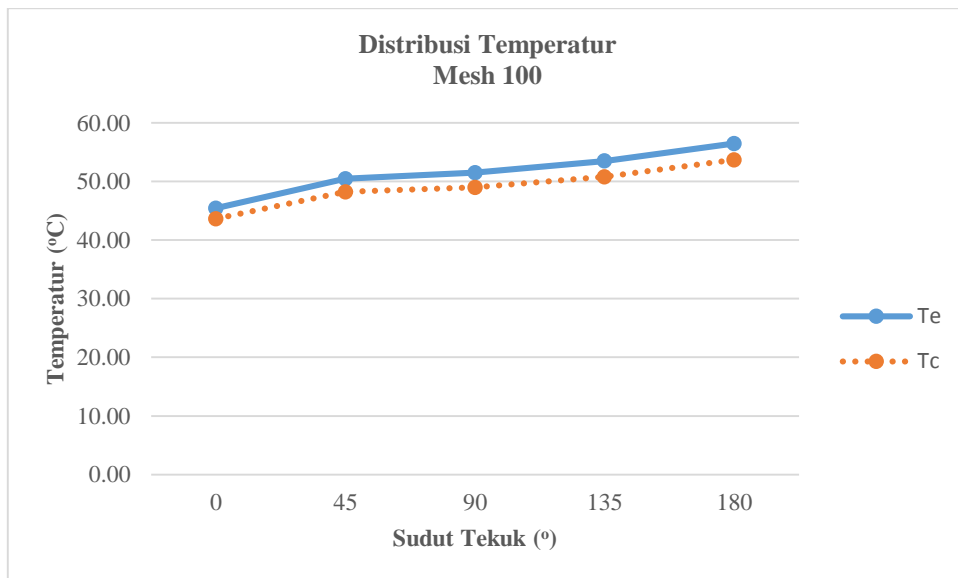
Sudut Tekuk (°)	Temperatur rata-rata (°C)	
	Te	Tc
0	45.43	43.63
45	50.46	48.21
90	51.49	48.99
135	53.50	50.80
180	56.47	53.67

Tabel 4.3 Tahanan Termal Pipa Kalor

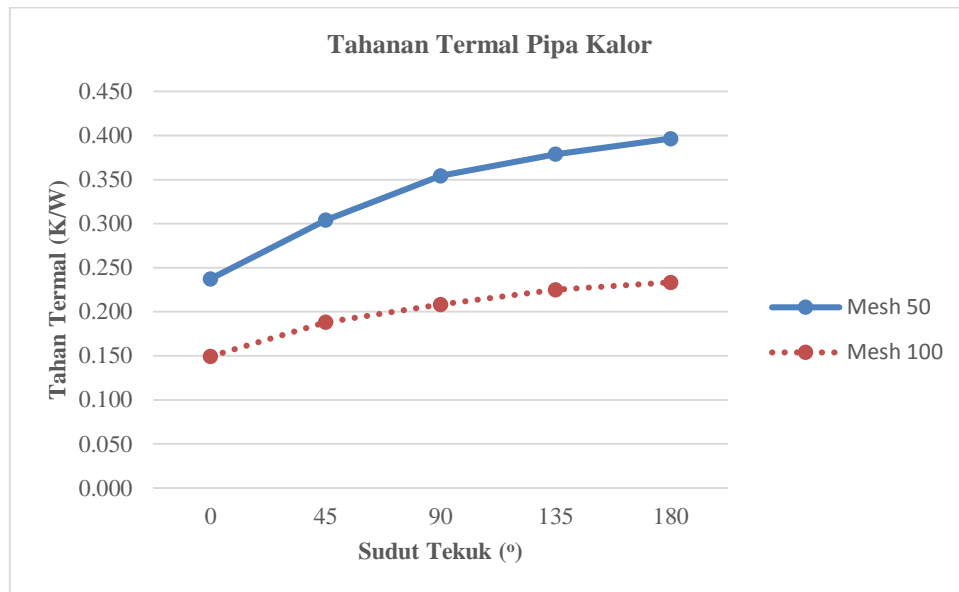
Sudut Tekuk (°)	Daya, q (W)	Mesh 50			Mesh 100		
		Te (°C)	Tc (°C)	R (K/W)	Te (°C)	Tc (°C)	R (K/W)
0	12	52.53	49.68	0.24	45.43	43.63	0.15
45	12	55.43	51.79	0.30	50.46	48.21	0.19
90	12	57.44	53.19	0.35	51.49	48.99	0.21
135	12	59.76	55.21	0.38	53.50	50.80	0.22
180	12	63.27	58.52	0.40	56.47	53.67	0.23



Grafik 1 Distribusi Temperatur Terhadap Sudut Tekuk Mesh 50



Grafik 2 Distribusi Temperatur Terhadap Sudut Tekuk Mesh 100



Grafik 3 Tahanan termal Pipa Kalor

Dari grafik 1 dan 2 terlihat bahwa kenaikan sudut tekuk mengakibatkan naiknya tahanan termal. Pipa kalor *mesh* 50 dan pipa kalor *mesh* 100 mempunyai kecenderungan yang sama. Namun nilai temperatur pipa kalor *mesh* 50 untuk sudut yang sama mempunyai nilai temperatur lebih tinggi dibandingkan dengan pipa kalor *mesh* 100. Ini menunjukkan bahwa keadaan tunak pada pipa kalor *mesh* 100 tercapai pada temperatur yang lebih rendah dibandingkan dengan pipa kalor *mesh* 50.

Dari grafik 3 terlihat bahwa tahanan termal meningkat dengan kenaikan sudut tekuk. Peningkatan tahanan termal terjadi karena adanya hambatan bagi uap ke bagian kondensator dan bagi kondensat kembali ke evaporator akibat adanya tekukan.

5. Kesimpulan

Sudut tekuk mempengaruhi kinerja pipa kalor, semakin besar sudut tekuk semakin tinggi hambatan termalnya yang berarti kinerjanya semakin rendah. Kinerja pipa kalor fleksibel dengan *mesh* 100 lebih tinggi dibandingkan pipa kalor *mesh* 50 berdasarkan

Nilai tahanan termal *mesh* 50 paling kecil terjadi pada susut 0° sebesar 0.24 K/W dan terbesar pada sudut 180° sebesar 0.40 K/W.

Nilai tahanan termal *mesh* 100 paling kecil juga sama terjadi pada susut 0° sebesar 0.15 K/W dan terbesar pada sudut 180° sebesar 0.23 K/W.

Pengaruh sudut tekuk terhadap kinerja pipa kalor adalah pada sirkulasi fluida kerja, semakin kecil sudut tekuk pipa kalor maka semakin lancar aliran fluida kerja. Uap dari evaporator bergerak dengan hambatan yang kecil. Kondensat yang terbentuk di bagian kondensator akan kembali bersirkulasi ke bagian evaporator melalui struktur sumbu, dengan hambatan yang kecil.

tahanan termal. Nilai tahanan termal *mesh* 50 paling kecil terjadi pada susut 0° sebesar 0.24 K/W dan terbesar pada sudut 180° sebesar 0.40 K/W. Nilai tahanan termal *mesh* 100 paling kecil juga sama terjadi pada susut 0° sebesar 0.15 K/W dan terbesar pada sudut 180° sebesar 0.23 K/W.

Daftar Pustaka

1. Dunn, P., and Reay, D A, (1982): Heat Pipes, Third Edition,

- Pergamon Press, Oxford United Kingdom.
2. Reay, David., Kew, Peter, (2006): Heat Pipes Theory, Design and Application, Fifth Edition, Elsevier, United Kingdom
 3. Chi, S.W., (1976), Heat Pipe Theory and Practice, Hemisphere Publishing Corporation, Washington.
 4. F.E. Bliss, E.G. Clark, B. Stein, in: Proceedings of ASME Space Systems and Thermal Technologies for the 70's, 1970, pp.1–7.
 5. Engineering Science Data Unit, 79012, (1980), Heat Pipes – performance of capillary – driven design.
 6. F. Bagus Prayitno SP (1990), Pembuatan dan Komputerisasi Bangku Uji Pipa Kalor Dengan Studi Kasus Kaji Eksperimental Pipa Kalor Pada Daerah temperatur Menengah, ITB, Bandung
 7. Sembiring, Tarlo, (2005), Kajian Peningkatan Perpindahan Panas dengan Pipa Kalor yang Beroperasi pada Temperatur Menengah, ITB, Bandung
 8. Yoga, Nugroho Gama, (2005), Kaji Eksperimental Karakteristik Pipa Kalor Untuk Berbagai Rasio Pengisian, Fluks Panas dan Kemiringan, Thesis ITB, Bandung
 9. Zulfikar, (2006), Kaji Eksperimental Pipa Kalor Dengan Berbagai Jenis Fluida Kerja, ITB, Bandung
 10. Sutrisno, (2009), Kaji Eksperimental Pipa Kalor Diaplikasikan Sebagai Pendingin CPU, ITB, Bandung
 11. Incropera, Frank P, and De Witt, David P., (1990), Introduction to Heat Transfer, Second Edition, John Wiley & Sons, New York.
 12. Takaoka, Michio; Motai Tsuneaki dkk, (1958), Development of Long Heat Pipes and Heat Pipe Applied Products, Fujimura Technical Review
 13. Journal of Mechanical Engineering, Vol. ME 41, No. 2, December 2010
 14. Transaction of the Mech. Eng. Div., The Institution of Engineers, Bangladesh
 15. Y.X. Wang, G.P. Peterson, J. Thermophys. HeatTransf.17(2003) 354–359.
 16. K. Tanaka, Y. Abe, M. Nakagawa, C. Piccolo, R. Savino, Ann.N.Y. Acad. Sci.1161(2009)554–561.
 17. C. Oshman, B. Shi, C. Li, R. Yang, Y.C. Lee, G.P. Peterson, V.M. Bright, J. Microelectromech. Syst.20(2011)410–417.
 18. G.-W. Wu, W.-P. Shih, S.-L. Chen, in: Proceedings of the 10th International Heat Pipe Symposium, 2011, pp.80–85.
 19. C. Oshman, Q. Li, L.A. Liew, R. Yang, V.M. Bright, Y.C. Lee, J. Micromech. Microeng. 23(2013) 015001.
 20. S. Ogata, E. Sukegawa, T. Kimura, in: Proceedings of the IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems, 2014, pp.519–526.
 21. S.S. Hsieh, Y.R. Yang, Energy Convers. Manag. 70(2013)10–19.
 22. Y. Ji, G. Liu, H. Ma, G. Li, Y. Sun, Appl. Therm.Eng.61(2013) 690–697