

PENGARUH RATIO DIAMETER EVAPORATOR DAN KONDENSOR (d/D) TERHADAP DISTRIBUSI TEMPERATUR DAN WAKTU PENDIDIHAN PADA *TAPERING HEAT PIPE*

Sarip^{1,2}, Sudjito², Lilis Yuliaty³, Moch. Agus Choiron⁴

¹Mechanical of Engineering, Brawijaya University Jl. MT. Haryono 167, Malang 65151, Indonesia

²Ronggolawe Cepu School of Technology Jl. Kampus Blok B/I Mentul, Blora Cepu Central Java Indonesia
(0296)422322

E-mail: hidayatullohsarip566@gmail.com

Abstract

Ratio diameter evaporator dan kondensor (d/D) pada tapering heat pipe merupakan perbandingan luasan bagian sumber kalor dan pelepas kalor. Diameter evaporator dibuat lebih kecil dan tetap daripada kondensor sehingga dapat memperluas bagian pelepas kalor. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh ratio diameter evaporator dan kondensor terhadap distribusi temperatur dan temperatur pendidihan yang terjadi pada tapering heat pipe. Penelitian ini menggunakan heat pipe berbentuk tirus dari pipa tembaga dengan variasi ratio 1/1, 1/2, 1/3 dan 1/4 dengan panjang 200 mm. Pada tapering heat pipe terdapat wick screen mesh yang berfungsi sebagai sumbu kapilaritas untuk aliran balik fluida dari kondensor ke evaporator. Bagian kondensor ujungnya dipasang sebuah katup untuk menginjeksi fluida kerja ke dalam tapering heat pipe. Thermocouple type-k diintegrasikan dengan modul NI-9211 dan c-DAQ 9271 pada tapering heat pipe dengan sumber kalor 30 Watt dari DC power supply. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perbedaan distribusi temperatur dan temperatur pendidihan yang disebabkan oleh variasi ratio diameter evaporator dan kondensor. Perbedaan itu terjadi karena bagian kondensor mempunyai volume yang lebih besar sehingga dapat mempercepat pelepasan kalor. Distribusi temperatur dan temperatur pendidihan yang terjadi pada berbagai ratio diameter cenderung turun bila dibandingkan dengan 1/1 dan pada ratio diameter 1/2, 1/3 dan 1/4 diperoleh hasil yang relative stabil seperti ratio diameter 1/1.

Keywords: *Tapering heat pipe, Distribusi temperatur, Temperatur pendidihan, Ratio Diameter Evaporator dan Kondensor*

ABSTRACT

The diameter ratio (d/D) evaporator and condenser on tapering heat pipe is the area ratio section heat source and heat release. The evaporator diameter is made smaller and fixed than the condenser so as to expand the heat release section. The purpose in this study was conducted to determine the effect of the diameter ratio evaporator and condenser to of temperature distribution and boiling temperature that occurred on tapering heat pipe. In this study using a tapering heat pipe of copper tube with diameter ratio evaporator and condenser 1/1, 1/2, 1/3 and 1/4 with 200 mm of the length. On tapering heat pipe there is the screen mesh wick functioning as a capillary axis for fluid backflow from condenser to evaporator. The end part condenser is mounted a valve to inject the working fluid into the tapering heat pipe. K-type thermocouple is integrated with NI-9211 module and c-DAQ 9271 on tapering heat pipe with 30 Watt heat source from DC power supply. The results showed that there was a difference of temperature distribution and boiling temperature caused of variation of diameter ratio evaporator and condenser. The different is occurs because condenser section to has a large volume so can accelerate heat release. The temperature distribution and boiling temperature that occurs of various diameter ratio tends to decrease by compared 1/1 and ratio 1/2, 1/3 and 1/4 obtained results stable relatively the like diameter ratio 1/1.

Key Word: *Tapering heat pipe, Temperature Distribution, Boiling Temperature, Ratio Diameter evaporator and Condenser.*

PENDAHULUAN

Heat pipe adalah suatu alat transfer kalor pasif dari heat source (sumber kalor) sebagai evaporator ke heat sink sebagai tempat pelepas kalor dengan rentang waktu yang relatif lama melalui penguapan kalor laten dari fluida kerja. Secara umum heat pipe mempunyai tiga bagian yaitu bagian evaporator, bagian adiabetic (transfer) dan bagian kondensor sebagai pelepas kalor.

Perkembangan teknologi heat pipe saat ini telah banyak dirasakan manfaatnya, salah satunya digunakan sebagai sistem pendingin pada komponen elektronik sebagai disipasi panas (pelepasan panas) terutama pada microprocessor yang menghasilkan fluks kalor yang semakin besar akibat peningkatan kinerja dan semakin kecilnya dimensi.

Pendinginan teknologi Heat Pipe memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan pendinginan konvensional seperti fan (kipas) atau bahkan sistem water cooling. Heat Pipe tidak memerlukan berbagai alat input, pompa dan reservoir fluid, selain itu juga tidak menghasilkan noise yang mengganggu seperti halnya pada pendinginan yang menggunakan kipas.

Prinsip dasar kerja heat pipe adalah pada tekanan tertentu, cairan akan menguap, sementara itu uap juga akan mencair pada temperatur tertentu (temperatur jenuh yang tidak bisa naik lagi), sehingga akan terjadi pengaturan tekanan di dalam heat pipe yang pada gilirannya juga akan mengatur temperatur kerja dan terjadi perubahan fase cair ke uap dan dari uap ke cair, pada tekanan atau temperatur tertentu, jumlah energi panas yang diserap ketika cairan menguap akan sama dengan jumlah energi panas yang dilepaskan ketika uap air mengembun. Tekanan kapiler di dalam wick akan menggerakkan cairan dalam saluran wick tersebut bahkan melawan gravitasi akibat adanya efek kapilaritas, Cairan dalam suatu kanal bergerak ke arah tekanan yang lebih rendah.

Gambaran mengenai suatu proses resesi pada lapisan cair serta kemungkinan terjadinya evaporasi atau pendidihan transisi dengan adanya peningkatan fluks kalor oleh Faghri [1], Brautsch et al [2], dan Li et al [3]. Terdapatnya wick yang berupa sumbu

kapilaritas di dalam heat pipe menyebabkan terjadinya evaporasi atau pendidihan transisi secara intensif yang mengakibatkan fluks kalor meningkat secara tajam.

Thermal performance heat pipe dipengaruhi oleh banyak parameter, seperti beban kalor/sumber kalor, porousitas dan permeabilitas wick, jenis dan jumlah fluida kerja serta geometri dari heat pipe. Bentuk geometri heat pipe tergantung pada jenis aplikasi heat pipe, lima jenis utama dari heat pipe berbentuk pipa termasuk heat pipe mikro, pelat datar, heat pipe mikro dan array, heat pipe lingkaran dan sistem kontak langsung oleh Davit. R [6].

Heat pipe type-U bersirip telah diperkenalkan oleh Liang dan Hung [5] untuk mendinginkan mikroprosesor berfrekuensi tinggi seperti Intel Core 2 Duo, Intel Core 2 Quad, seri AMD Phenom dan AMD Athlon 64. Russel et al [7] meneliti pengaruh orientasi thermal performance pada heat pipe berbentuk U dengan perbedaan struktur wick.

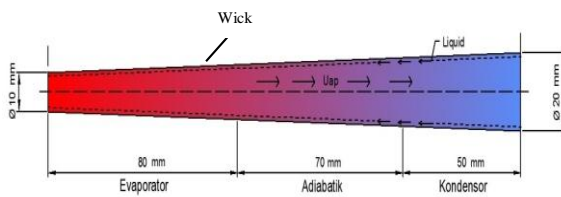
Tapering heat pipe dibuat dari pipa tembaga dengan ratio diameter $d/D=1/1, 1/2, 1/3,$ dan $1/4$ dengan d berfungsi sebagai evaporator berdiameter luar 10 mm, sedangkan D berfungsi sebagai Kondensor berdiameter luar $2 \times d$ (mm) dengan panjang Tapering heat pipe 200 mm. Wick screen mesh berfungsi sebagai sumbu kapilaritas untuk return liquid/ aliran balik fluida dari kondensor ke evaporator. Menurut (Smirnov. G.F, Afanasiev B.A., 1982) Wick merupakan struktur kapilaritas atau arteri yang berfungsi sebagai saluran balik dari fluida kerja pada daerah kondensor menuju ke daerah evaporator melalui bagian adiabatik. Dalam hal ini batasan operasional dari wick pada heat pipe dapat digambarkan melalui hambatan termal dari heat pipe tersebut.

Pemilihan struktur wick untuk heat pipe tergantung dari banyak faktor, salah satunya ialah terkait dengan propertis dari fluida kerja. Dalam hal ini tujuan utama dari wick adalah untuk menghasilkan tekanan kapiler guna mengalirkan fluida kerja kembali dari daerah kondensor menuju daerah evaporator. Disamping itu pula wick harus mampu mendistribusikan cairan yang ada disekitar evaporator ke daerah dimana panas diterima pada evaporator. Dalam hal ini kita

mempunyai dua fungsi wick dimana cairan kondensasi harus dikembalikan dalam jarak yang cukup panjang dengan tekanan gravitasi sama dengan nol.

Pada kondensator ujungnya dipasang sebuah katup untuk tempat menginjeksi fluida kerja ke dalam *tapering heat pipe*. *Wick heat pipe* berupa *screen mesh* berdiameter kawat 56,5µm beranyaman tunggal dengan jumlah anyaman 67.416 per mm. *Wick screen mesh* dibuat dari kawat *stainless steel* dengan konduktivitas termal 40W/(m·K), dalam bentuk gulungan mengikuti bentuk *tapering heat pipe* sehingga berbentuk lapisan (*layer*) dengan jumlah *screen* 100 *mesh*. Disain *tapering heat pipe* pipa tembaga dapat dilihat pada Gb. 1.

Gambar 2 merupakan skema pengujian dengan berbagai variasi ratio diameter pada *tapering heat pipe* yang dibuat dari pipa tembaga dengan posisi peletakkan 45° dan Gambar 3 merupakan posisi peletakkan thermocouple pada *tapering heat pipe*.



Gambar 1 *Tapering heat pipe* dari pipa tembaga.

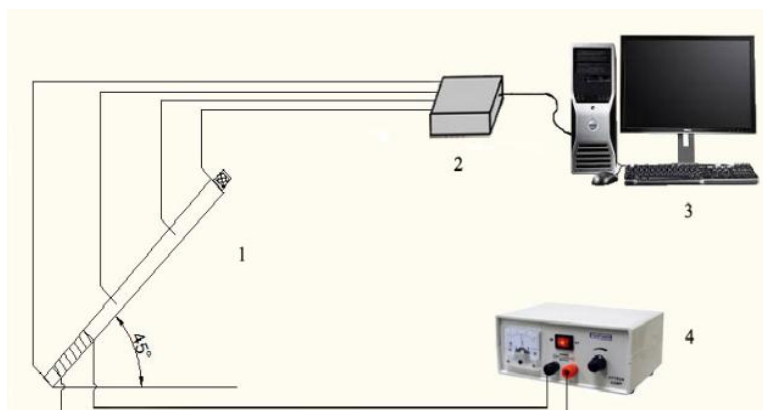
METODOLOGI PENELITIAN

Pengujian *tapering heat pipe* dilakukan dengan mengukur temperatur pada beberapa titik dengan posisi thermocouple 1 cm, 8 cm, 15 cm, dan 20 cm seperti pada gambar 3. Salah satu ujung *tapering heat pipe* difungsikan sebagai evaporator, heater kabel (fleksibel heater) dililitkan pada sisi evaporator berfungsi sebagai heat source/ sumber kalor dan bagian kondensator berfungsi sebagai pelepas kalor. Untuk menghindari kehilangan kalor pada bagian evaporator dan adiabatik diisolasi dan bagian kondensator dibiarkan terbuka bebas berhubungan dengan udara luar agar pelepasan kalor dapat berjalan dengan baik. Sumber kalor (Q) dari DC-power supply 30 Watt, untuk memberikan energy kalor pada *tapering heat pipe*. Thermocouple type-K dipasang pada beberapa titik untuk mengukur distribusi temperature pendidihan yang dihubungkan dengan data acuisi c-DAQ 9171 dan NI module 9211. Fluks kalor pada bagian evaporator (q_e) dihitung melalui persamaan [1]:

$$q_e = Q / (2\pi r_o L_e) \tag{1}$$

$$T_i = T_o \frac{q_e r_o}{\lambda_w} \ln \frac{r_i}{r_o} \tag{2}$$

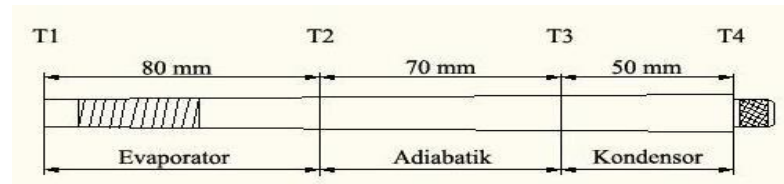
Dengan Q adalah input power, r_o dan r_i merupakan jari-jari luar dan dalam *tapering heat pipe*, L_e adalah panjang bagian evaporator, T_i dan T_o adalah temperatur bagian dalam dan luar dinding *tapering heat pipe* dan λ_w adalah konduktivitas termal dari tembaga.



Gambar 2 Skema instalasi penelitian

Keterangan:

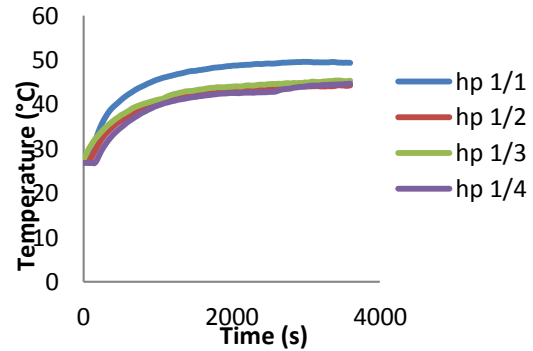
1. *Tapering heat pipe* dari Tembaga
2. c-DAQ = 9171 dan Module NI 9211
3. 1 Unit Komputer
4. Heater DC-Power Supply



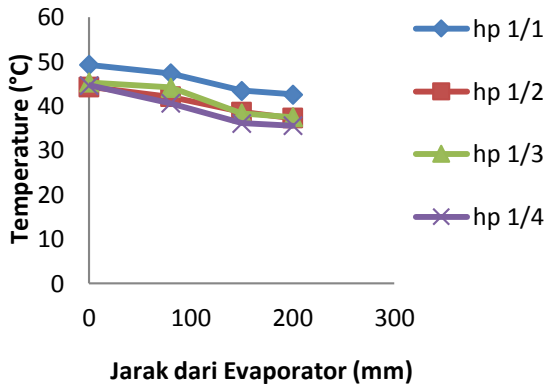
Gambar 3 Posisi peletakan Thermocouple

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4 dan 5 memperlihatkan bahwa terjadi perbedaan distribusi temperatur dan waktu pendidihan pada *tapering heat pipe* dengan ratio diameter yang berbeda. Nilai ratio diameter semakin besar waktu pendidihan yang terjadi relatif sama dengan ratio diameter 1/1 tetapi temperature pendidihannya lebih tinggi. Distribusi temperatur pendidihan pada masing masing ratio diameter diukur dari ujung evaporator bahwa ada perbedaan temperature pendidihan disebabkan turunnya tekanan di bagian evaporator maupun kondensor. Sedangkan temperatur pendidihan yang tercapai pada masing masing ratio diameter juga terjadi perbedaan, kalau pada ratio diameter 1/1 temperatur pendidihan yang dicapai lebih tinggi dibandingkan dengan berbagai ratio diameter yang digunakan.



Gambar 5 Temperatur pendidihan terhadap waktu evaporasi pada *tapering heat pipe*



Gambar 4 Distribusi temperature pada *tapering heat pipe*.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa ratio diameter evaporator dan kondensor (d/D) yang mempunyai nilai semakin besar dapat menghasilkan distribusi temperature dan temperatur pendidihan yang cenderung turun dan lebih stabil serta waktu pendidihannya relatif sama pada sumber kalor 30 Watt. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan tekanan di bagian evaporator dan kondensor pada *tapering heat pipe* terjadi secara terus menerus/kontinyu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Faghri, *Heat pipe science and technology*, Taylor & Francis publishing, Oxon, 1995
- [2] A. Brautsch, P.A. Kew., *Examination and visualization of heat transfer processes during evaporation in capillary porous structures*, Appl. Therm. Eng. 22 (2002) 815–824
- [3] C.Li, G.P.Peterson, Y.Wang, *Evaporation/boiling in thin capillary wicks (I) – wick thickness effects*, J. Heat Transfer 128 (2006) 1312–1319
- [4] Harris, James R., *Modeling, Designing, Fabricating and Testing of Channel Panel Flat Plate Heat Pipe*. Utah State University, pp.1-6, 2008
- [5] Liang TS, Hung YM., *Experimental investigation on the thermal performance and optimization of heat sink with U-shape heat pipes*. Energy Convers Manage 2010; 51:21: 09-16
- [6] Reay, David & Peter Kew., *Heat Pipe, Theory, Design and Applications*, 5th Edition, USA, 2006
- [7] Russel MK, Young C, Cotton JS, Ching CY, *The effect of orientation on U-shaped grooved and sintered wick heat pipe*, Appl Therm Eng 2011; 31: 69-76