

Studi Eksperimental Pengaruh Sumber Kalor Terhadap Distribusi Temperatur dan Temperatur Pendidihan pada *Tapering Heat Pipe*

Sarip¹, Sudjito², Lilis Yuliati³ dan Moch. Agus Choiron⁴

^{1,2,3,4}Mechanical Engineering, Brawijaya University

Jl. MT. Haryono 167, Malang 65151, Indonesia

¹email: hidayatullohsarip566@gmail.com, ²email: sudjitospn@yahoo.com

³email: lilis_y@yahoo.ac.id, ⁴email: agus_choiron@ub.ac.id

Abstrak

Sumber kalor merupakan energi kalor yang dapat mempengaruhi distribusi temperatur dan temperatur pendidihan pada *tapering heat pipe* yang terletak pada bagian evaporator. Tujuan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh sumber kalor terhadap distribusi temperatur dan temperatur pendidihan yang terjadi pada *tapering heat pipe*. Pada penelitian ini, digunakan *heat pipe* berbentuk tirus dari pipa tembaga berdiameter 10 mm sebagai evaporator dan 20 mm sebagai kondensor dengan panjang 200 mm. Di dalam *tapering heat pipe* terdapat *wick screen mesh* berfungsi sebagai sumbu kapilaritas untuk *return liquid*/ 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 untuk mengukur distribusi temperatur sepanjang *tapering heat pipe* dengan sumber kalor dari DC power supply sebesar (25, 30, 35, 40, 45, 50) Watt. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi perbedaan distribusi temperatur dan temperatur pendidihan yang disebabkan oleh variasi sumber kalor. Distribusi temperatur dan temperatur pendidihan yang cenderung naik pada nilai sumber kalor yang semakin besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa sumber kalor mempunyai pengaruh terhadap distribusi temperatur dan temperatur pendidihan pada *tapering heat pipe* dengan sumber kalor 50 Watt menghasilkan distribusi temperatur dan temperatur pendidihan yang stabil.

Kata Kunci: Tapering heat pipe, Distribusi temperatur, Temperatur pendidihan, Sumber Kalor.

Abstract

Heat source of the heat energy can affected of the temperature distribution and the boiling temperature of the tapering heat pipe located on the evaporator. The purpose of this study was conducted to determine the effect of heat source on the temperature distribution and boiling temperature that occur in the tapering heat pipe. In this study, used heat pipe tapered shape of the copper pipe diameter of 10 mm and 20 mm as evaporator as condenser with a length of 200 mm. Tapering heat pipe inside there is a wick mesh screen serves as the axis of the capillary to the return liquid / backflow of fluid from the condenser to the evaporator. The condenser ends 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 to measure the temperature distribution along the tapering heat pipe with a heat source of DC power supply for (25, 30, 35, 40, 45, 50) Watt. The results showed that there was a difference of temperature distribution and boiling temperature caused by the variations heat source. Temperature of distribution and boiling temperature which tends to increase in value the greater the heat source, so it can be concluded that the heat source has an influence on the temperature distribution and the boiling temperature of the tapering heat pipe with 50 Watt heat source generates temperature distribution and boiling temperature stable.

Key Word: Tapering heat pipe, Temperature distribution, Boiling Temperature, Heat Source.

I. 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 adiabatic (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, porositas 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*.

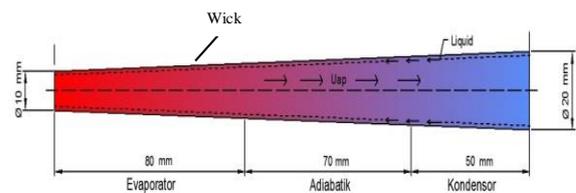
II. LANDASAN TEORI

Tapering heat pipe dibuat dari pipa tembaga dengan ratio diameter $d/D=2$, 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.

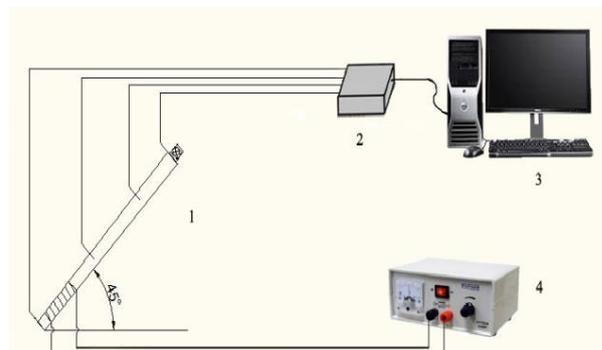
Pemilihan struktur *wick* untuk *heat pipe* tergantung dari banyak faktor, salah satunya ialah terkait dengan propertis dari fluida kerja. Dalam hal ini tujuan utama dari *wick* adalah untuk menghasilkan tekanan kapiler guna mengalirkan fluida kerja kembali dari daerah kondensor menuju daerah *evaporator*. Di samping itu pula *wick* harus mampu mendistribusikan cairan yang ada disekitar *evaporator* ke daerah dimana panas diterima pada *evaporator*. Dalam hal ini kita membutuhkan dua fungsi *wick* dimana cairan kondensasi harus dikembalikan dalam jarak yang cukup panjang dengan tekanan gravitasi sama dengan nol.

Pada kondensor ujungnya dipasang sebuah katup untuk tempat menginjeksi fluida kerja ke dalam *tapering heat pipe*. *Wick heat pipe* berupa *screen mesh* berdiameter kawat $56,5\mu\text{m}$ beranyaman tunggal dengan jumlah anyaman 67.416 per mm. *Wick screen mesh* dibuat dari kawat *stainless steel* dengan konduktivitas termal $40\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, 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 Gambar 1. Gambar 2 merupakan skema pengujian pembebanan 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

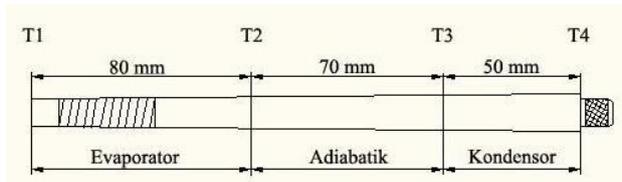
III. METODE



Gambar 2. Skema pengujian pembebanan pada *Tapering heat pipe* dari pipa tembaga

Keterangan gambar:

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

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 kondensor berfungsi sebagai pelepas kalor. Untuk menghindari kehilangan kalor pada bagian evaporator dan adiabatik diisolasi dan bagian kondensor dibiarkan terbuka bebas berhubungan dengan udara luar agar pelepasan kalor dapat berjalan dengan baik. Sumber kalor (Q) dari DC-power supply divariasikan mulai (25, 30, 35, 40, 45, 50) Watt, untuk memberikan energy kalor pada *tapering heat pipe*. *Thermocouple type-K* dipasang pada beberapa titik untuk mengukur distribusi temperatur pendidihan yang dihubungkan dengan data acuisisi c-DAQ 9171 dan NI module 9211. Fluks kalor pada bagian evaporator (q_e) dihitung melalui persamaan [4]:

$$q_e = \frac{Q}{(2\pi r_0 L_e)} \quad (1)$$

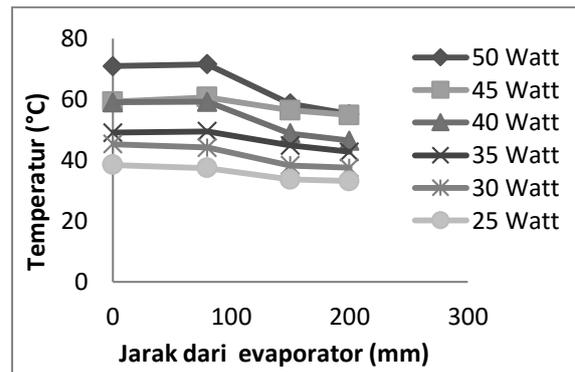
$$T_i = T_0 \frac{q_e r_0}{\lambda_w} \ln \frac{r_i}{r_0} \quad (2)$$

Dengan Q adalah input power, r_0 dan r_i merupakan jari-jari luar dan dalam *tapering heat pipe*, L_e adalah panjang bagian evaporator, T_i dan T_0 adalah temperatur bagian dalam dan luar dinding *tapering heat pipe* dan λ_w adalah konduktivitas termal dari tembaga.

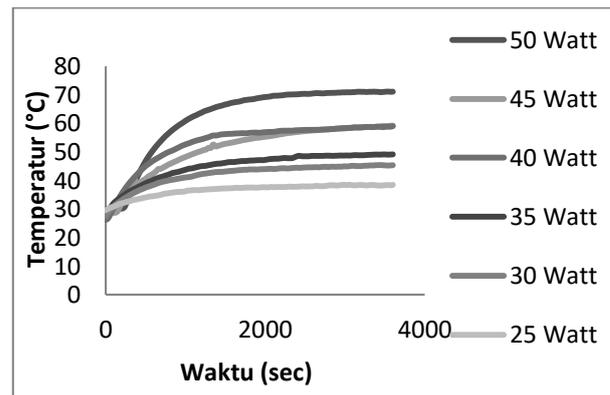
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4 dan 5 memperlihatkan bahwa terjadi perbedaan distribusi temperatur dan waktu pendidihan pada *tapering heat pipe* dengan nilai sumber kalor yang berbeda. Nilai sumber kalor semakin besar menyebabkan waktu pendidihan relatif lebih cepat dibandingkan dengan nilai sumber kalor yang lebih kecil. Distribusi temperatur evaporasi pada masing masing sumber kalor diukur dari ujung evaporator bahwa ada perbedaan temperature pendidihan disebabkan turunnya tekanan di bagian evaporator maupun kondensor. Sedangkan untuk mencapai temperatur evaporasi pada masing masing sumber kalor juga terjadi perbedaan, kalau pada sumber kalor 25 Watt memerlukan waktu evaporasi relatif lebih

lama dibandingkan dengan sumber kalor yang mempunyai nilai yang lebih besar.



Gambar 4. Distribusi temperature pada *tapering heat pipe*



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

V. PENUTUP

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sumber kalor (Q) yang mempunyai nilai semakin besar dapat menghasilkan distribusi temperature dan temperatur evaporasi yang cenderung naik dan lebih stabil serta waktu pendidihan lebih cepat. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan tekanan dibagian evaporator dan kondensor pada *tapering heat pipe*

VI. 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.