

# Pengaruh Lebar Takikan Pada Proses Penutupan Ujung Heat Pipe Terhadap Tekanan Vacuum Heat Pipe

Si Putu Ngurah Rai Hermawan, Wayan Nata Septiadi, Ketut Astawa

Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

---

## Abstrak

Semakin pesatnya pengembangan kecepatan prosesor serta pengecilan dimensi memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap fluks kalor yang dihasilkan prosesor oleh karena itu pendinginan menggunakan *heat pipe* sangat dibutuhkan. *Heat pipe* merupakan pendingin CPU baru yang lebih efisien yang memiliki kapasitas panas disipasi yang tinggi. *Heat pipe* adalah sebuah pipa yang berukuran tertentu, berisi cairan khusus yang berfungsi sebagai penghantar panas dari evaporator ke kondensator. *Heat pipe* pada umumnya terbuat dari bahan aluminium, tembaga atau tembaga berlapis nikel. Tekanan vakum di dalam *heat pipe* sangat mempengaruhi kinerja dari *heat pipe* oleh karena itu dibutuhkan proses penutupan ujung *heat pipe* yang baik sehingga tidak terjadi kebocoran serta dapat mempertahankan tekanan vakum didalam *heat pipe*. Berdasarkan kondisi tersebut, maka pada penelitian ini diamati pengaruh lebar takikan pada proses penutupan ujung *heat pipe* berdiameter 1/2 inch dan 1/4 inch dengan diberikan tekanan vakum dan akan diamati setiap hari selama 30 hari, serta pengujian hambatan termal pada *heat pipe* yang diberikan pembebanan sebesar 46,22 Watt. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian hambatan termal *heat pipe* dan uji kebocoran *heat pipe* terhadap tekanan vakum di dalam *heat pipe*. Hasil pengujian kebocoran tekanan vakum pada *heat pipe* menunjukkan bahwa lebar takikan yang ideal untuk penutupan *heat pipe* berdiameter 1/2 inch adalah 2 cm dan untuk *heat pipe* berdiameter 1/4 inch adalah 1 cm. Lebar takikan tersebut mampu mempertahankan tekanan vakum pada *heat pipe* setelah proses penutupan dilakukan hingga hari ke 30. Proses penutupan *heat pipe* dengan metode takikan mempengaruhi hambatan termal pada *heat pipe* akibat adanya perbedaan tekanan vakum pada *heat pipe* mempengaruhi hambatan termal pada *heat pipe*.

Kata kunci : *heat pipe*, tekanan vakum, hambatan termal

## Abstract

*The rapid development of processor speed and the downsizing of the dimension provides a very significant impact to the heat flux produced by the processor therefore cooling using heat pipes are needed. A heat pipe CPU cooler, more efficient heat dissipation which has a high capacity. Heat pipe is a pipe of a given size, contains a special liquid that serves as a conductor of heat from the evaporator to the condenser. Heat pipes are generally made of aluminum, copper or nickel-plated copper. The vacuum pressure in the pipes of heat affects the performance of the heat pipe is therefore necessary process of closing the ends of the pipe heat well so it does not leak and can maintain the vacuum pressure inside the heat pipe. Based on these conditions, the observation of the effect of the width of the notification on the process of closing the pipe tip of the diameter of 1/2 inch and 1/4 inch with a given vacuum pressure and will be observed every day for 30 days, as well as testing the thermal resistance in the heat pipe given loading 46,22 Watt. The test being carried out is thermal pipe thermal barrier testing and leakage test of heat pipe to vacuum pressure inside the heat pipe. The test results of leakage of vacuum pressure on heat pipe showed that the ideal width for the closing of 1/2 inch diameter diameter pipe is 2 cm and for haeba pipe 1/4 inch diameter is 1 cm. The width of the notch is capable of maintaining the vacuum pressure on the heat pipe after the closure process is carried out until the 30th day. The heat pipe closure process by the notch method affects the thermal resistance of the heat pipe due to the difference in vacuum pressure on the heat pipe affecting the thermal resistance of the heat pipe.*

*Keywords: heat pipes, pressure vacuum, thermal barriers*

---

## 1. Pendahuluan

Semakin pesatnya pengembangan kecepatan prosesor serta pengecilan dimensi memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap fluks kalor yang dihasilkan. Tidak hanya CPU (Central Processing Unit) saja yang menghasilkan fluks kalor yang begitu besar, namun hampir semua produk teknologi dan elektronik menghasilkan fluks kalor yang besar saat pengoprasiannya seperti perangkat elektronik, BTS (Base Transceiver Station), sistem pembangkit listrik serta teknologi baterai litium yang sekarang semakin dikembangkan. Teknologi seperti ini banyak digunakan di karenakan ringan, dimensi yg kecil serta energy yang dihasilkan cukup besar, akan tetapi fluks kalor yang di dihasilkan cukup

besar maka dari itu harus disertai system pendingin yang baik. [1]

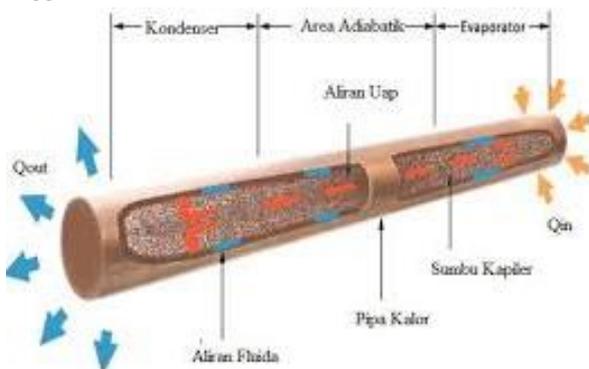
Pendingin CPU utama tergantung pada konveksi udara yang di hasilkan oleh kipas komputer. Meningkatkan kecepatan kipas komputer dapat menghasilkan kebisingan, getaran dan meningkatkan konsumsi daya, oleh karena itu sistem pendingin harus di optimalkan. Karena pendinginan konvensional, aluminium heat sink memiliki kelemahan, yaitu kinerja pendinginan yang buruk, peningkatan kebisingan dan kenaikan konsumsi daya. Maka dari itu perlu mengembangkan sistem pendingin yang mampu mengatasi permasalahan tersebut. Heat pipe Merupakan pendingin CPU baru yang lebih efisien yang memiliki kapasitas panas disipasi yang besar. Heat pipe adalah sebuah pipa

yang berukuran tertentu, berisi cairan khusus yang berfungsi sebagai penghantar panas dari evaporator ke kondensator. Heat pipe pada umumnya terbuat dari bahan aluminium, tembaga atau tembaga berlapis nikel. Pada dinding Heat pipe diisi sumbu kapiler (wick) yang berfungsi sebagai lintasan dan pompa kapiler dari cairan kondensat untuk kembali dari kondensator ke evaporator. [2]

## 2. Dasar Teori

Heat pipe adalah alat penukar / penghantar panas pasif yang bekerja dengan prinsip dua fase. Dimana pasif berarti tidak adanya energi tambahan yang diperlukan selama beroperasi dan dua fase menunjukkan bahwa heat pipe bekerja dengan menggunakan fenomena perubahan fase dari fluida kerja, yang berguna sebagai modus utama untuk menghantarkan panas. [3]

Heat pipe biasanya terdiri dari sebuah container yang penampangnya bisa berupa lingkaran maupun persegi, fluida kerja dan sumbu kapiler (wick). Kinerja heat pipe diawali oleh penyerapan panas oleh evaporator, dimana panas yang diserap oleh evaporator mengakibatkan fluida kerja yang ada didalam evaporator menjadi menguap. Pada saat bersamaan tekanan pada evaporator menjadi meningkat dan lebih tinggi dari tekanan pada kondensator. Hal ini mengakibatkan uap bergerak dari evaporator menuju ke kondensator. Di kondensator sejumlah panas laten yang dibawa oleh uap akan diserap dan di lepaskan melalui sirip-sirip. Hal ini mengakibatkan uap berubah fase menjadi cairan, yang selanjutnya sumbu kapiler akan mendorong cairan di kondensator menuju ke evaporator dan begitu seterusnya. Semakin tinggi panas laten yang dibutuhkan selama proses perubahan fase maka konduktivitas termal dari heat pipe harus semakin tinggi. [4]



Gambar 1 Skematik proses aliran kalor pada heat pipe

Secara umum tahapan perpindahan kalor pada heat pipe konvensional adalah antara lain:

1. Konduksi dari sumber panas ke bagian dinding evaporator dan sumbu kapiler (wick). Pada bagian ini konduktivitas termal

dari dinding memegang peran penting dimana kebanyakan heat pipe terbuat dari bahan tembaga yang memiliki konduktivitas termal cukup tinggi adalah 394 W/mK.

$$Q \text{ konduksi} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

Dimana :

K = Konduktivitas thermal (W/mK)

A = Luas perpindahan massa konduksi ( $m^2$ )

$\Delta T$  = Perbedaan temperatur ( $^{\circ}C$ ) atau (K)

$\Delta X$  = Jarak perpindahan massa (m)

2. Konveksi alami dari dinding dan permukaan sumbu kapiler heat pipe ke fluida kerja. Konveksi alami terjadi pada kondisi awal dimana suhu dan tekanan belum mencapai kondisi terjadinya nukleasi dan pendidihan. (Holman, 1984)

$$Q \text{ konveksi} = h A (T_s - T_{\infty}) \text{ (Watt)} \quad T_s > T_{\infty}$$

3. Proses pendidihan yang terjadi adalah dimana gelembung – gelembung mulai terbentuk pada permukaan sumbu kapiler. Dengan meningkatnya temperatur dan tekanan pada bagian evaporator, gelembung – gelembung yang terbentuk terlepas ke permukaan bagian atas fluida kerja. Sumbu kapiler pada heat pipe berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan gelembung dapat terjadi secara lebih cepat. Dimana pada delta temperatur antara dinding atau permukaan sumbu kapiler dengan temperatur saturasi fluida yang tidak terlalu tinggi dapat menghasilkan fluks kalor yang lebih besar. Terjadinya proses perpindahan kalor melalui pendidihan dapat mempercepat terjadinya perpindahan kalor dari permukaan evaporator ke bagian permukaan cairan yang kemudian disalurkan ke bagian kondensator melalui penguapan.
4. Perpindahan kalor secara evaporasi pada kondisi saturasi di bagian permukaan fluida kerja dari heat pipe. Laju perpindahan kalor dari bagian evaporator ke bagian kondensator sangat dipengaruhi oleh panas laten dari fluida kerja.

$$Q_{\max} = m_{\max} \cdot L$$

5. Konveksi dari fluida uap pada bagian kondensator ke bagian permukaan dinding heat pipe, dimana terjadi penyerapan kalor dari uap sehingga uap mengalami perubahan fase (kondensasi). Hasil kondensasi (kondensat) akan dialirkan ke bagian evaporator melalui gaya kapilaritas sumbu kapiler. Kondensat akan mengalir pada celah-celah atau pori-pori dari sumbu kapiler.

### 3. Metode Penelitian

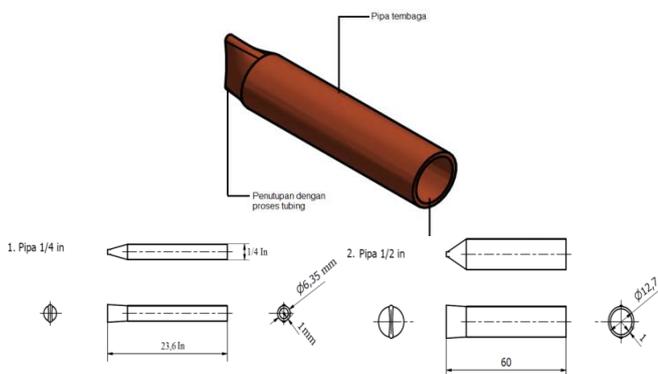
Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu kajian eksperimen terhadap pengaruh lebar takikan pada proses penutupan *heat pipe* terhadap tekanan *vacuum heat pipe* dengan variasi lebar takikan pada proses penutupan *heat pipe*. Metode eksperimental ini dilakukan melalui proses pengujian atau eksperimen terhadap suatu objek dengan perlakuan tertentu melalui kontrol variable. Eksperimen ini diawali dengan studi literatur mengenai proses *tubing*, mempelajari proses *tubing*, mempelajari faktor yang mempengaruhi tekanan *vacuum* pada proses *tubing*, serta persiapan alat dan bahan.

Berikutnya dilanjutkan pada tahap *manufactur* (pembuatan) pipa tembaga untuk proses *tubing*. Pembuatan pipa tembaga dilakukan dengan memotong pipa tembaga dengan ukuran panjang 60 cm, dengan diameter 1/2 Inch dan 1/4 Inch. Proses pemotongan dilakukan dengan menggunakan alat *Tubing Cutter*. Setelah proses *cutting* di lakukan lalu di lanjutkan ke proses penginjeksian fluida kerja kedalam *heat pipe* sebanyak 30% dari volume *heat pipe*, fluida kerja yang di gunakan adalah aquades, setelah itu *heat pipe* di vakum hingga tekanan 100 milibar – 300 milibar. Setelah proses pemvakuman selesai di lanjutkan ke proses *tubing*, proses *tubing* dilakukan dengan menggunakan alat *pinch off plier* dengan kekuatan tekanan 44 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk membuntukan pipa tembaga agar tidak bocor, rusak atau pun patah dalam proses pembuntuan pipa tembaga tersebut.

### 3.1 Konstruksi Takikan Pada Penutupan Ujung Heat Pipe

#### Heat Pipe

Konstruksi dari lebar takikan pada penutupan ujung *heat pipe* yang terdiri atas pipa tembaga dengan diameter yang bervariasi 1/2 dan 1/4 In dengan panjang 60 Cm. Dengan penutupan di salah satu ujung pipa menggunakan proses *tubing* dengan tekanan 140 kg/cm<sup>2</sup>, dan sisi yang satunya di biarkan untuk proses pemvakuman. Seperti pada gambar 2.1



Gambar 2 Konstruksi takikan pada ujung heat pipe

### 3.2. Rumus Hambatan Termal

Adapun rumus yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumus hambatan termal dapat diamati pada gambar di bawah ini :

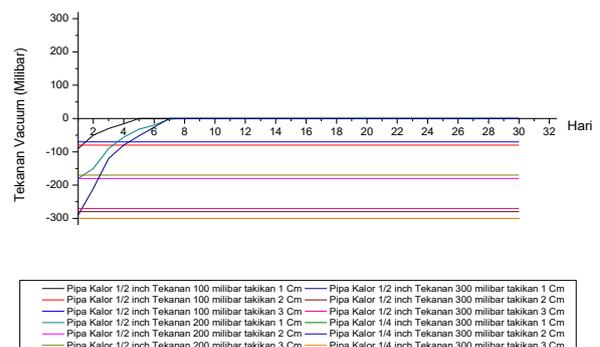
$$R_{pk} = \frac{T_{\text{evaporator}} - T_{\text{kondensor}}}{Q_x}$$

$Q_x$  = Plat pemanas

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### 4.1. Pengaruh Lebar Takikan pada Proses Penutupan *heat pipe*

Berdasarkan hasil pengamatan pengaruh lebar takikan pada proses penutupan *heat pipe* bahwa proses penutupan *heat pipe* menggunakan metode takikan menyebabkan terjadinya pengurangan nilai tekanan vakum pada *heat pipe*. Hasil pengaruh tekanan vakum terhadap lebar takikan pada proses penutupan *heat pipe* dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini:



Gambar 3 Grafik hasil pengamatan pengaruh lebar takikan terhadap tekanan vakum *heat pipe*

Pada gambar 3.1 terlihat bahwa proses penakikan untuk *heat pipe* berdiameter 1/2 inch. Masing-masing mengalami kenaikan tekanan vakum 10 milibar untuk takikan 1 cm, 20 milibar untuk takikan 2 cm dan 30 milibar untuk takikan 3 cm, hal ini terkait dengan hukum Boyle yang menyatakan bahwa antara tekanan, volume, suhu dan massa suatu gas memiliki keterkaitan satu sama lain. Sehingga perubahan volume pada saat proses penakikan *heat pipe* berpengaruh terhadap tekanan vakum di dalam *heat pipe*.

Kenaikan tekanan vakum juga terjadi setelah proses penakikan, yaitu pada *heat pipe* 1/2 Inch dengan tekanan 100 milibar lebar takikan 1 cm, *heat pipe* 1/2 inch dengan tekanan 200 milibar lebar takikan 1 cm dan pada *heat pipe* 1/2 inch tekanan 300 milibar, 200 milibar dan 100 milibar dengan lebar takikan 1 cm masing-masing mengalami pengaruh atas peningkatan tekanan hingga mencapai 0 milibar. Hal ini di karenakan lebar takikan 1 cm masih belum

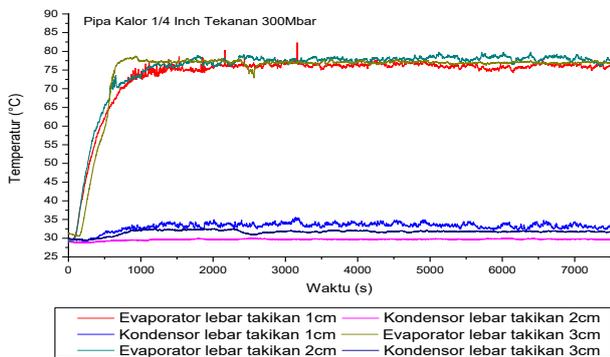
sanggup mengatasi beda tekanan atas tekanan didalam *heat pipe* dengan tekanan lingkungan sehingga pada bagian takikan mengalami kebocoran yang berdampak pada kenaikan tekana vakum di dalam *heat pipe*.

Untuk *heat pipe* berameter 1/2 inch dengan lebar takikan 2 cm dan 3 cm terlihat tidak mengalami peningkatan tekanan hal ini dikarenakan lebar takikan 2 cm dan 3 cm cukup mampu mengatasi beda tekanan antara bagian dalam *heat pipe* dengan tekanan luar. Untuk lebar takikan 1cm hanya mampu mengatasi beda tekanan pada *heat pipe* 1/4 inch. Dari penakikan *heat pipe* diameter 1/2 inch dan 1/4 inch terlihat bahwa untuk *heat pipe* 1/2 inch tekanan vakum mampu dipertahankan mulai lebar takikan 2cm, sedangkan *heat pipe* 1/4 inch mampu dipertahankan melalui lebar takikan 1cm.

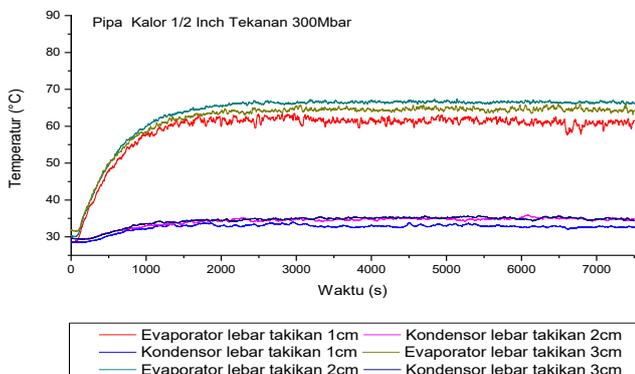
#### 4.2 Distribusi Temperatur

Data distribusi temperatur ini didapat dari hasil pemanasan menggunakan *heater* yang diberi tegangan 45 Volt, dengan Arus 1,03 Ampere dan Daya 46,22 Watt. Di sini, dilakukan pengukuran dengan menggunakan *termocouple* Type K yang diaplikasikan pada modul NI.

Berikut tabel data hasil pengukuran seperti dibawah ini:



**Gambar 4 Grafik distribusi temperatur *heat pipe* 1/4 inch bertekanan 300 milibar dengan lebar takikan 1cm, 2cm dan 3cm**

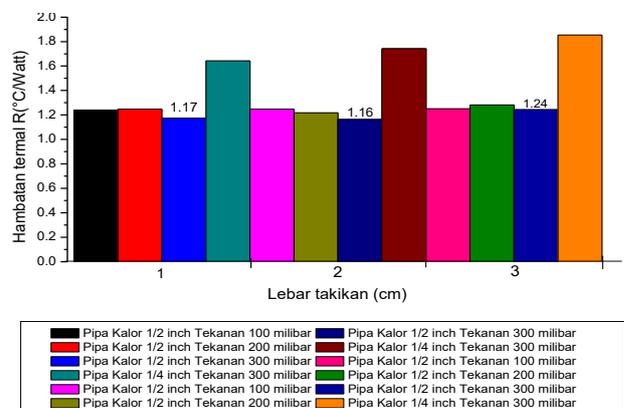


**Gambar 5 Grafik distribusi temperatur *heat pipe* 1/2 inch bertekanan 300 milibar dengan lebar takikan 1cm, 2cm dan 3cm**

Dapat di perhatikan pada gambar 3.2 distribusi temperatur *heat pipe* 1/4 inch dengan tekanan vakum 300 milibar, menunjukkan bahwa *heat pipe* dengan lebar takikan 1 cm memiliki temperatur evaporator yang hampir sama yaitu 75,9 °C, dengan *heat pipe* lebar takikan 2cm dan 3cm yang memiliki temperatur evaporator mencapai 76,1 °C - 76,5 °C perbedaan temperatur hanya memiliki selisih yaitu antara 0,1°C – 0,6°C. Hal ini di sebabkan karena *heat pipe* memiliki tekanan, volume dan suhu yang sama seperti di jelaskan pada hukum Boyle yang menyatakan bahwa antara tekanan, volume, suhu dan massa suatu gas memiliki suatu keterkaitan satu sama lain. Sehingga perbedaan temperatur evaporator *heat pipe* 1/4 inch dengan lebar takikan 1cm, 2cm dan 3cm hampir sama dengan selisih yang sangat kecil.

Pada grafik dia atas gambar 3.3 distribusi temperatur *heat pipe* 1/2 inch dengan tekanan vakum 300 milibar, menunjukkan bahwa *heat pipe* dengan takikan 1 cm memiliki temperatur evaporator yang lebih rendah yaitu 62,7°C, di bandingkan *heat pipe* dengan lebar takikan 2cm dan 3cm yang memiliki temperatur evaporator mencapai 64,4°C - 66,5°C perbedaan temperatur memiliki selisih begitu besar yaitu antara 1,7°C – 3,8°C berbeda dengan *heat pipe* 1/4 Inch yang memiliki selisih yang begitu kecil yaitu atara 0,1°C – 0,6°C. Hal ini di sebabkan karena *heat pipe* 1/2 Inch memiliki perbedaan volume dengan *heat pipe* 1/4 Inch. Hal yang sama juga terjadi pada *heat pipe* 1/2 Inch dengan tekanan vakum 200 milibar gambar 4.3 dan 300 milibar gambar 4.4 serta pada kondensor *heat pipe* juga memiliki temperatur rata-rata 30°C - 36°C. Pada *heat pipe* dengan diameter 1/4 Inch dan 1/2 Inch memiliki selisih temperatur antara 1°C - 3°C dengan perbedaan lebar takikan 1 cm, 2 cm dan 3 cm.

#### 4.3 Hambatan Termal



**Gambar 6 Grafik hambatan termal *heat pipe***

Pada gambar 3.4 grafik hambatan thermal *heat pipe* menunjukkan bahwa *heat pipe* ½ Inch bertekanan vakum 300 milibar dengan lebar takikan 1cm memiliki hambatan thermal sebesar 1,14°C/Watt, tidak jauh berbeda dengan lebar takikan 2cm dan 3cm, yang memiliki hambatan thermal sebesar 1,16°C/Watt dan 1,24°C/Watt, hanya memiliki perbedaan yang sangat kecil antara 0,02°C/Watt – 0,1°C/Watt. Hal yang sama juga terjadi pada *heat pipe* yang memiliki tekanan vakum sebesar 100 milibar dan 200 milibar.

Pada *heat pipe* ¼ Inch dengan tekanan vakum sebesar 300 milibar memiliki hambatan thermal yang lebih besar di bandingkan dengan *heat pipe* ½ Inch, yaitu 1,64°C/Watt untuk lebar takikan 1 cm, 1,74°C/Watt untuk lebar takikan 2cm dan 1,85°C/Watt untuk lebar takikan 3cm. Sama halnya dengan *heat pipe* berdiameter 1/2 inch, *heat pipe* berdiameter ¼ inch bertekanan vakum 300Mbar dengan lebar takikan 1cm, 2cm dan 3cm memiliki perbedaan hambatan thermal yang sangat kecil yaitu antara 0,10°C/Watt – 0,21°C/Watt.

## 5. Kesimpulan

Proses penutupan *heat pipe* dengan menggunakan metode takikan mempengaruhi tekanan vakum di dalam *heat pipe*. Saat dilakukan penutupan pada *heat pipe* tekanan vakum pada *heat pipe* mengalami penurunan sebesar 10 milibar untuk takikan 1 cm, 20 milibar untuk takikan 2 cm dan 30 milibar untuk takikan 3 cm, pada *heat pipe* berdiameter ½ inch.

Lebar takikan yang ideal untuk penutupan *heat pipe* ½ inch adalah 2 cm. hal ini dikarenakan lebar takikan 2 cm mampu mempertahankan tekanan vakum pada *heat pipe* setelah proses penutupan di lakukan hingga hari ke 30 tanpa ada kebocoran dan hanya mengalami penurunan tekanan vakum sebesar 20 milibar pada saat proses penutupan *heat pipe* dilakukan. Lebar takikan yang ideal untuk penutupan *heat pipe* ¼ inch adalah 1 cm. hal ini dikarenakan lebar takikan 1 cm mampu mempertahankan tekanan vakum pada *heat pipe* setelah proses penutupan di lakukan hingga hari ke 30 tanpa ada kebocoran dan tidak mengalami penurunan tekanan vakum pada saat proses penutupan *heat pipe* dilakukan.

Proses penutupan *heat pipe* dengan metode takikan mempengaruhi hambatan thermal pada *heat pipe* akibat adanya perbedaan tekanan vakum pada *heat pipe* sehingga mempengaruhi hambatan thermal pada *heat pipe*.

## Daftar Pustaka

[1] Mihai I. C. 2009, *Heat transfer in minichannels and microchannels CPU cooling system, in advanced topics in optoelectronics, microelectronics and nanotechnology IV*, pp, 72971N-72971N-5.

[2] Elnaggar, Mohamed HA, Abdullah M. Z, and M. Abdul Mujeebu, 2011, *Experimental analysis and FEM simulation of finned U-shape multi heat pipe for desktop PC cooling*, *Energy Conversion and Management* 52, no. 8, pp. 2937-2944.

[3] Nandy Putra, Ramadhan R. S, and Septiadi W. N. 2015, *Visualization of the boiling phenomenon inside a heat pipe using neutron radiography*. Sutiarto.

[4] Nandy Putra, Koestoer R. A and Septiadi W. N. 2014, *Pengembangan pipa kalor berbasis terumbu karang dan nano fluida*. Universitas Indonesia