

# Analisis Kinerja *Thermal Sistem Heat Pipe Air Conditioning*(HPAC) Dengan Sirip Dan Tanpa Sirip Yang Di Pasang Secara Horizontal

Dwi Iswantono, Wayan Nata Septiadi, Made Ricki Murti

Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Pipa Kalor merupakan alat penukar panas dengan dimensi yang kecil tetapi dapat memindahkan kalor yang besar. Banyak penelitian mengenai pipa kalor, guna memperoleh peningkatan kinerja thermalnya dengan memvariasikan bagian heat pipe dengan menggunakan sirip dan tanpa menggunakan sirip. Dalam penelitian ini pipa kalor dibuat dari pipa tembaga berdiameter 1cm dan panjang 71cm. Tujuan dari penelitian ini untuk memperkecil kinerja kompresor pada AC dan memberikan kinerja pada AC yang lebih baik. Variasi pengujian menggunakan 2 variasi yaitu heat pipe tanpa sirip dan heat pipe dengan sirip dengan temperatur kabin 20°C, 18°C dan 16°C untuk melihat pengaruh beban pendingin pada AC. Dalam proses penelitian yang dilakukan bagian evaporator dipasang pemanas (heater) dengan daya 1000 watt yang bertujuan untuk memanaskan udara didalam kabin sehingga konstan 30°C sebelum memulai pengujian, kecepatan udara didalam ducting konstan sebesar 1,3 m/s yang diukur dengan air flow meter. Hasil pengujian di temperatur 16°C menggunakan heat pipe tanpa sirip memerlukan waktu 1794 detik dengan konsumsi daya 0,22 kWh dan laju pendinginan pada evaporator 7,706 kJ/s. Sedangkan menggunakan heat pipe dengan sirip kJ/s. membutuhkan waktu 1226 detik dengan konsumsi daya 0,149 kWh dan laju pendinginan pada evaporator 7,009.

**Kata kunci :** Pipa kalor, dengan sirip, tanpa sirip, horizontal

## Abstract

Heat pipe is a heat exchanger with a small dimension but it could move large amount of heat. Lots of research about heat pipe in order to improve the performance by varying its thermal part of the heat pipe by using a sail or without it. In this research, heat pipe is made of cooper pipe with 1 cm in diameter and 71 cm long. The aim of this research is to minimize the compressor performance on AC as well as to give a better performance on AC. There are two types of variation in testing, namely heat pipe without using sail and heat pipe with using sail with 20°C as the cabin temperature. 18°C and 16°C to see the effect in cooling loads on AC. During the research process that was done by the evaporator was paired an heater with 1000 watt power which aim was to heat up the air inside the cabin so it's constant would be 30°C before the testing starts, the air velocity inside the ducting constant was around 1,3 m/s which was measured using the air flow meter. The test result at 16°C as temperature using the heat pipe without sail needed 1794 second with 0,22 kWh power consumption and 7,706 kJ/s as the cooling rate on the evaporator. Meanwhile, using the heat pipe with sail needed 1226 second with 0,149 kWh power consumption and 7,009 kJ/s as the cooling rate on the evaporator.

**Keywords:** Heat pipe, with sail, without sail, horizontal

## 1. Pendahuluan

Teknologi pengkondisian udara telah berkembang pada saat itu dan telah mengalami perbaikan dari waktu ke waktu. Berbagai jenis mesin pengkondisian udara telah di kembangkan dari *direct expansion* hingga *water chiller* dan telah menjadi bagian yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia pada saat ini. Mesin pendingin telah menjadi suatu kebutuhan utama untuk tempat-tempat umum seperti: perkantoran, hotel, rumah sakit, mall, bar, dan sebagainya yang ditempati banyak orang dimana kenyamanan udara menjadi hal yang penting. Pengkondisian udara adalah perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman, segar sesuai dengan keperluan dan aktifitas pekerja yang berada di dalam suatu ruangan.

Pendinginan udara yang sehat merupakan sistem pendinginan yang mampu untuk menurunkan temperatur ruangan dan adanya pertukaran udara segar masuk dan keluar dari ruangan yang akan didinginkan. Suatu proses mendinginkan udara sehingga mencapai temperatur dan kelembaban yang ideal dan menghasilkan udara yang segar [1].

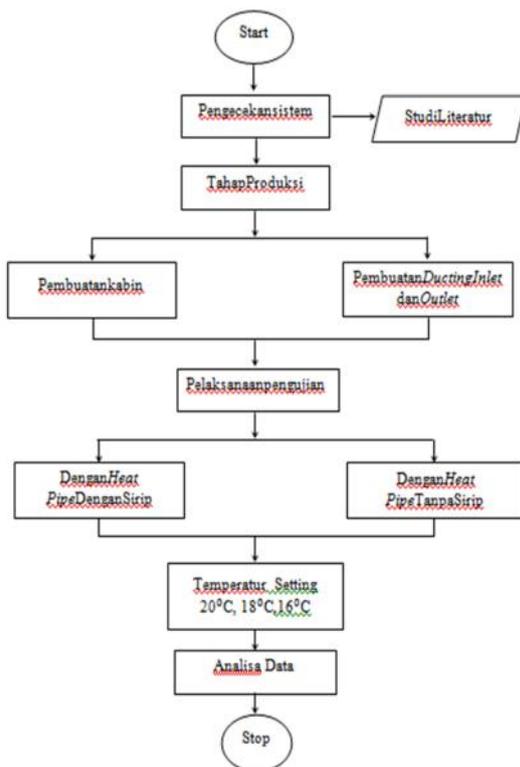
*Heat Pipe* merupakan sebuah alat *heat exchanger* dengan kemampuan transfer panas yang sangat baik. Pertama kali *Heat pipe* di perkenalkan oleh Gaugler (Gaugler .R.S 1944) pada tahun 1942 dan terus berkembang hingga saat ini [2]. Beberapa Kajian tentang *heat pipe* pada pengkondisian udara yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa *heat pipe* dapat berfungsi *precooler* dan *reheater*, penghemat energy[3].

## 2. Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan merupakan metodologi eksperimen yang dilakukan melalui

beberapa tahap, yaitu tahap perencanaan, pembuatan dan pengujian. Penelitian ini dimulai dari mempelajari cara kerja *heat pipe* dan perancangan design gambar dimana pembuatan design gambar disesuaikan dengan peletakan alat uji yang sudah terpasang. Perancangan dan pembuatan gambar *duckting evaporator*, *heat pipe* dan ruangan yang akan dijadikan simulasi sebagai tempat yang akan diberikan pendinginan. Menentukan dimensi ukuran serta merancang penempatan media dan alat-alat yang akan digunakan untuk membuat sistem pendinginan ruangan. Penelitian ini membahas tentang analisis kinerja thermal sistem *Heat Pipe Air Conditioning* (HPAC) dengan sirip dan tanpa sirip yang di pasang secara horizontal.

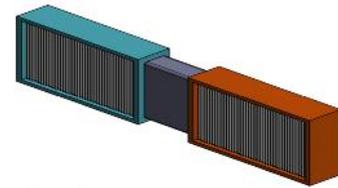
Dalam proses pengambilan data ada beberapa komponen yang harus diamati seperti menghitung temperatur udara masuk dan beban pendinginan yang dihasilkan selama proses pengambilan data tersebut, serta membandingkan hasil pengambilan data setelah dan sebelum menggunakan *heat pipe*. Adapun Diagram pengujian ini ditunjukkan pada gambar 1 berikut ini.



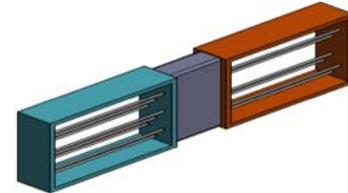
Gambar 1. Diagram pengujian.

### 2.1. Perancangan Sistem.

Gambar ini merupakan rancangan dari sistem *Heat Pipe Air Conditioning* dengan variasi posisi *Heat Pipe Horizontal* (a) dengan sirip (b) tanpa sirip ditunjukkan pada gambar 2.



(a) Heat pipe Dengan Sirip

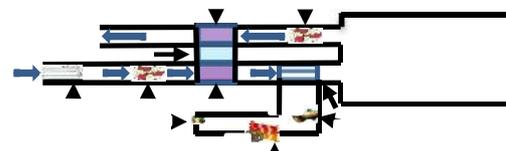


(b) Heat pipe Tanpa Sirip

Gambar 2. Sistem HPAC Posisi Horizontal Dengan sirip dan tanpa sirip.

### 2.3 Skematik Pengujian

Dalam persiapan pengujian pertama kita harus memperhatikan performa mesin AC pastikan keadaan mesin AC sangat baik. Untuk menjaga udara awal agar tetap konstan maka dipasang heater untuk memanaskan udara masuk, Dalam penelitian ini menggunakan 8 thermocouple di masing-masing bagian yang akan diukur temperatur dan posisi *heat pipe* yang dipasang adalah posisi horizontal seperti gambar 3.



Gambar 3. Skematik Pengujian HPAC Dengan Posisi Horizontal

Keterangan :

- $T_1$  = Temperatur didalam kabin. ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_2$  = Temperatur heater. ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_3$  = Temperatur *heat pipe evaporator*. ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_4$  = Temperatur re-entrant. ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_5$  = Temperatur *exhaust fan*. ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_6$  = Temperatur udara keluar. ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_7$  = Temperatur *heat pipe condenser*. ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $T_8$  = Temperatur lingkungan. ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $W_1$  = Laju pendinginan *heat pipe evaporator*. (kj/s)

Adapun langkah – langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Siapkan peralatan dan perlengkapan yang akan digunakan, pasang thermocouple di tempat yang sudah ditentukan.
- b. Catat temperatur awal pada kabin dan temperatur lingkungan sebelum proses sistem dimulai.

- c. Hidupkan alat dan catat temperatur yang sudah terpasang thermocouple dan catat juga temperatur yang berada di kabin hingga mencapai (20°C, 18°C, 16°C).
- d. Hitung laju pendinginan *Heat Pipe Evaporator* dan *Heat Pipe Kondensor*,
- e. Hitung juga konsumsi daya dengan tang ampere
- f. Matikan alat.

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Penelitian

Hasil dari data pengujian yang sudah dilakukan maka dapat dilihat pada tabel yaitu, tabel 4.1 dan tabel 4.2 Menunjukkan tabel hasil pengujian distribusi temperatur, arus kompresor, tegangan pada kompresor dan durasi waktu saat temperatur setting kabin 20°C, 18°C, dan 16°C, dengan menggunakan *heat pipe* tanpa sirip dan dengan sirip yang dipasang secara horizontal.

#### 3.2 Hasil Penelitian.

**Tabel 1. Data perbandingan temperatur 20°C, 18°C Dan 16°C Menggunakan Heat Pipe Tanpa Sirip Dipasang Dengan Posisi Horizontal**

Temperature Setting (°C)	Arus kompresor (A)	Tegangan kompresor (V)	Waktu (s)	Titik Pengukuran (°C)							
				T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
20	1,8	220	615	20,026	30,694	30,138	16,254	24,660	25,680	27,905	28,011
18	1,9	220	1159	18,013	30,011	29,408	15,416	25,313	26,951	27,408	28,229
16	2,0	220	1794	16,035	30,380	28,101	12,642	23,572	25,403	26,977	28,060

**Tabel 2. Data perbandingan temperatur 20°C, 18°C Dan 16°C Menggunakan Heat Pipe Dengan Sirip Dipasang Dengan Posisi Horizontal**

Temperature Setting (°C)	Arus kompresor (A)	Tegangan kompresor (V)	Waktu (s)	Titik Pengukuran (°C)							
				T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
20	1,8	220	436	20,036	30,950	28,685	16,085	27,701	26,771	27,887	27,829
18	1,9	220	1039	18,002	30,062	28,386	15,265	24,614	25,858	27,759	28,231
16	2,0	220	1226	16,021	30,509	28,205	14,143	26,009	26,854	27,209	28,249

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa penggunaan *heat pipe* tanpa sirip dan *heat pipe* dengan sirip yang dipasang secara horizontal memerlukan masing-masing waktu yang berbeda untuk mencapai temperatur setting 20°C, 18°C dan temperatur 16°C pada kabin. Pada tabel 3.2 menunjukkan dimana waktu yang diperlukan dari penggunaan *heat pipe* tanpa sirip pada temperatur kabin 20°C, 18°C, dan 16°C masing-masing yaitu 615 detik, 1159 detik,

1794 detik. Pada tabel 3.3 yang menggunakan *heat pipe* dengan sirip masing-masing yaitu 436 detik, 1039 detik, dan 1226 detik pada temperatur setting kabin 20°C, 18°C dan 16°C.

#### 3.3 Data Kecepatan Aliran Udara Dan Perhitungan Laju Aliran Masa Udara

Kecepatan aliran udara yang diukur saat pengujian yaitu 1,3 m/s, hasil pengukuran tersebut diperoleh menggunakan *air flow meter*. Massa jenis udara didapat Dari tabel *psyrrometric chart* pada udara didapat  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ , sehingga pengukuran laju aliran massa dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 &= \rho \cdot V \\
 &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,3 \text{ m/s} \cdot (0,37 \cdot 0,86) \text{ cm}^2 \\
 &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,3 \text{ m/s} \cdot (0,3182) \text{ m}^2 \\
 &= 0,496 \text{ kg/s}
 \end{aligned}$$

#### 3.4 Perhitungan Konsumsi Daya

Dengan menggunakan *heat pipet* tanpa sirip pada temperatur 20°C.

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \cdot t \\
 &= 220 \text{ V} \cdot 1,8 \text{ A} \cdot 615 \text{ s} \\
 &= 396 \text{ W} \cdot 0,171 \text{ h} \\
 &= 0,067 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan konsumsi daya pada kompresor dengan temperatur setting kabin 20°C, 18°C dan 16°C menggunakan sistem pengkondisian udara dengan *heat pipe* tanpa sirip dan dengan sirip yang dipasang secara horizontal .

#### 3.5 Perhitungan Laju Pendinginan Pada Sistem HPAC

Salah satu perhitungan Laju pendinginan dengan menggunakan *heat pipe* tanpa sirip dan *heat pipe* dengan sirip yang dipasang secara posisi horizontal.

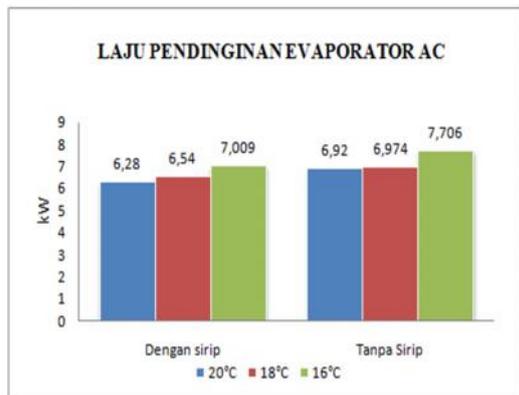
$$\begin{aligned}
 q_{s \text{ evap}} &= \dot{m} \cdot C_p \cdot (\Delta T_{\text{evap}}) \\
 &= 0,496 \text{ kg/s} \cdot 1,005 \text{ kJ/kg} \cdot K \cdot (30,138 - 16,254) \text{ K} \\
 &= 0,496 \text{ kg/s} \cdot 1,005 \text{ kJ/kg} \cdot K \cdot 13,884 \text{ K} \\
 &= 6,480 \text{ kJ/s}
 \end{aligned}$$

Dalam laporan ini hanya mencantumkan satu contoh perhitungan saja yaitu perhitungan pada temperatur 20°C dengan *heat pipe* tanpa sirip. Hasil perhitungan laju pendinginan pada setiap pengujian dicantumkan dalam tabel 3.

**Tabel 3. Hasil perhitungan laju pendinginan evaporator pada sistem HPAC.**

Temperatur (°C)	Laju Pendinginan Evaporator (kJ/s)	
	Tanpa Sirip	Dengan Sirip
20°C	6,920	6,280
18°C	6,974	6,540
16°C	7,706	7,009

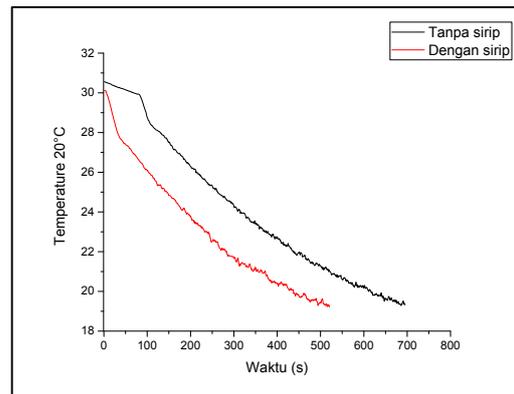
Grafik perbandingan laju pendinginan yang dihasilkan sesuai data yang diperoleh, Dilihat pada gambar 4.



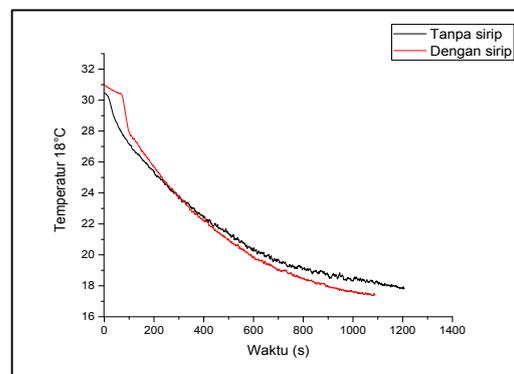
**Gambar 4. Grafik laju pendinginan evaporator heat pipe**

Perbandingan laju pendinginan pada *evaporator* dimana pada saat temperatur setting telah tercapai dalam melakukan variasi pengujian *heat pipe* dengan sirip dan *heat pipe* tanpa sirip dapat dilihat pada gambar 4, dapat dilihat *heat pipe* dengan sirip dan *heat pipe* tanpa sirip sangat berpengaruh terhadap laju pendinginan *evaporator*, pada saat temperature setting 20°C, 18°C dan 16°C menggunakan *heat pipe* dengan sirip laju pendinginan pada *evaporator* diperoleh sebesar 6,280 kJ/s, 6,540 kJ/s dan 7,009 kJ/s, sedangkan dengan menggunakan *heat pipe* tanpa sirip pada saat temperatur setting 20°C, 18°C dan 16°C laju pendinginan pada *evaporator* yang diperoleh sebesar 6,920 kJ/s, 6,974 kJ/s, dan 7,706 kJ/s. Penggunaan *heat pipe* dengan sirip yang diaplikasikan pada sistem AC dapat menurunkan temperatur udara masuk pada sistem AC, sehingga dapat membantu menurunkan laju pendinginan evaporator AC. *Heat pipe* dengan sirip mengakibatkan pelepasan panas yang lebih maksimal, karena dengan adanya sirip maka memerlukan luas bidang perpindahan panas lebih besar dibandingkan tanpa sirip. Luas penampang yang lebih besar dapat memaksimalkan penurunan temperatur udara masuk sebelum udara melewati *evaporator* AC. Udara yang masuk ke dalam *ducting* akan di turunkan terlebih dahulu temperaturnya di *heat pipe evaporator* setelah itu baru melewati *evaporator* AC

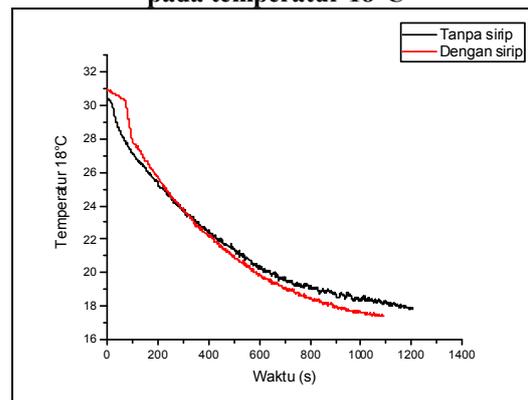
**3.8 Data Grafik Perbandingan Tanpa Sirip Dan Dengan Sirip**



**Gambar 5. Perbandingan temperatur tanpa menggunakan dan dengan menggunakan sirip pada temperatur 20°C**



**Gambar 6. Perbandingan temperatur tanpa menggunakan dan dengan menggunakan sirip pada temperatur 18°C**



**Gambar 7. Perbandingan temperatur tanpa menggunakan dan dengan menggunakan sirip pada temperatur 16°C.**

Dari data grafik 5, 6, dan 7 merupakan data grafik penggabungan semua pengujian temperatur setting 20°C, 18°C, dan 16°C. Dapat kita lihat dimana pengujian pada temperatur 20°C menggunakan *heat pipe* dengan sirip membutuhkan waktu 436 detik dan sedangkan untuk *heat pipe* tanpa sirip membutuhkan waktu 615 detik, sedangkan untuk mencapai

temperatur 18°C dengan menggunakan *heat pipe* dengan sirip membutuhkan waktu 1039 detik sedangkan dengan menggunakan *heat pipe* tanpa sirip membutuhkan waktu 1159 detik, sedangkan untuk yang temperatur 16°C menggunakan *heat pipe* dengan sirip membutuhkan waktu 1226 detik sedangkan untuk yang menggunakan *heat pipe* tanpa sirip membutuhkan waktu 1794 detik.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Penggunaan *heat pipe* tanpa sirip dan *heat pipe* dengan sirip yang dipasang secara horizontal, dimana *heat pipe* dengan sirip lebih bagus dibandingkan dengan *heat pipe* tanpa menggunakan sirip, karena *heat pipe* dengan sirip memerlukan luas bidang perpindahan panas lebih besar dibandingkan *heat pipe* tanpa sirip. Dimana waktu yang dibutuhkan sistem HPAC untuk temperatur kabin 16°C masing-masing 1226 detik dengan menggunakan sirip dan 1794 detik tanpa menggunakan sirip.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Stoecker, W.F& J.W. Jones, 1996, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara* edisi kedua.
- [2] Gaugler, R.S.US *Patent 2350348*:Appl.21 Dec.1942. Published 6 June 1944.
- [3] Y.H. Yau. M. Ahmadzadehtalatapeh. *A review on the application of horizontal heat pipe heat exchangers in airconditioning systems in the tropics*. Applied Thermal engineering 30 (2010) 77 -8



Dwi Iswantono menyelesaikan pendidikan program sarjana di program studi Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2018. Topik penelitian yang diambil dalam menyelesaikan studi yaitu analisis kinerja thermal sistem heat pipe air conditioning (HPAC) dengan sirip dan tanpa sirip yang di pasang secara horizontal