

# Analisis Kinerja Thermal Sistem *Heat Pipe Air Conditioning* (HPAC) Pada Penggunaan Sirip Model Lurus Dan Bergelombang Yang Di Pasang Dengan Posisi Horizontal

Ida Bagus Gede Teja Mas Ariyasa, Wayan Nata Septiadi, Ketut Astawa  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Pipa kalor merupakan sebuah teknologi penghantar kalor dengan menggunakan pipa berukuran tertentu, berisi cairan khusus sebagai penghantar kalor dari ujung panas atau disebut sebagai evaporator ke ujung lain sebagai pendingin atau disebut sebagai kondensor. Tujuan dari penelitian ini agar mengetahui bagaimana pengaruh model sirip lurus dan model sirip bergelombang yang dipasang secara horizontal pada pengaruh temperature udara masuk dan mengetahui bagaimana pengaruh model sirip lurus dan model sirip bergelombang yang dipasang secara horizontal pada beban pendinginan evaporator. Dalam pengujian ini menggunakan sistem pengkondisian udara dan menggunakan 2 variasi pengujian yaitu heat pipe menggunakan variasi sirip model lurus dan model sirip bergelombang yang di pasang dengan posisi horizontal dengan temperature setting 20°C, 18°C dan 16°C. Sebelum pengujian di lakukan pemanasan kabin sebesar 30°C untuk mengkonstantakan kabin menggunakan heater. Untuk mengetahui daya kompresor pengukuran menggunakan tang amper dan untuk mengetahui kecepatan aliran udara menggunakan alat air flow meter. Dari hasil penelitian pada sirip bergelombang untuk mencapai temperatur seting kabin pada temperatur 20°C memerlukan waktu sebesar 434 detik, untuk temperatur 18°C memerlukan waktu 805 detik, dan untuk temperatur 16°C 1353 detik. Pada sirip lurus pencapaian temperatur seting kabin 20°C sebesar 475 detik, untuk temperatur 18°C sebesar 852 detik dan untuk temperatur 16°C sebesar 3420 detik. Dari penggunaan 2 model sirip tersebut, untuk sirip bergelombang membutuhkan waktu pencapaian temperatur seting lebih cepat dari model sirip lurus. Dan beban pendinginan dan daya kompresor lebih efisien menggunakan heat pipe dengan model sirip bergelombang.

Kata kunci : Heat Pipe Air Conditioning (hpac), Sirip Lurus dan Bergelombang, Horizontal

## Abstract

Heat pipe is a heat transfer technology using a certain size pipe, containing a special liquid as heat transfer from the hot tip or referred to as an evaporator to the other tip as a cooler or referred to as a condenser. The purpose of this study is to find out how the straight fin model and the wavy fin model that are installed horizontally to the effect of the incoming air temperature and know how to influence the straight fin model and the wavy fin model that are installed horizontally on the evaporator's cooling load. In this test using air conditioning system and using two test variations, there are heat pipes using straight fin model variations and wavy fin model variation which is installed horizontally with a temperature setting of 20°C, 18°C, and 16°C. Before testing the warm up cabin by 30°C it is for making the cabin constant using heater. To find out the power of the compressor to measure the amperage pliers and to determine the velocity of the air flow using the air flow meter tool. From the results of research on wavy fin model variation to reach cabin settings at a temperature of 20°C takes times of 434 seconds, for a temperature of 18°C takes 805 seconds, and for a temperature of 16°C 1353 seconds. The straight fin reaches the cabin setting temperature of 20°C by 475 seconds, for a temperature of 18°C by 852 seconds and for a temperature of 16°C by 3420 seconds. From the use of two fin models, for wavy fin requires the time to reach the setting temperature faster than the straight fin model. And the cooling load and compressor power are more efficient in using heat pipes with wavy fin model.

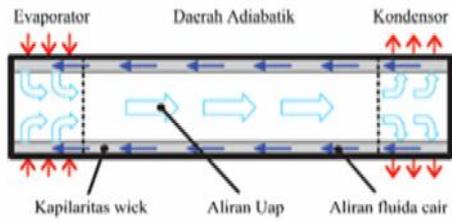
Keywords: Heat pipe air conditioning (HPAC), Straight and Wavy fins, Horizontal.

## 1. Pendahuluan

Pipa kalor (*heat pipe*) adalah sebuah teknologi penghantar kalor dengan menggunakan pipa berukuran tertentu, berisi cairan khusus sebagai penghantar kalor dari ujung panas atau disebut sebagai *evaporator* ke ujung lain sebagai pendingin atau disebut sebagai kondensor [ 1,2 ].

Pipa tersebut biasanya terbuat dari bahan aluminium, tembaga atau tembaga berlapis nikel. Pada dinding bagian dalam pipa kalor biasanya diisi sumbu kapiler (*wick*) yang berfungsi sebagai lintasan dan pompa kapiler dari cairan kondensat untuk kembali dari kondensor ke bagian *evaporator*

Mekanisme penghantaran panas pada *heat pipe* dilakukan melalui tiga daerah hantaran yaitu, *evaporator*, *adiabatic area* dan *condensor* serta struktur *wick* dimana cairan diuapkan oleh daerah *evaporator* pada keadaan *vapour* melewati daerah adiabatik mencapai daerah kondensor. Uap dilepaskan pada daerah kondensor sehingga uap mengalami kondensasi dan cairan mengalir menuju daerah *evaporator* kembali melalui daya kapilaritas *wick*. [ 3,4,5 ]. Skema Mekanisme Hantaran Panas pada Heat Pipe pada gambar 1.



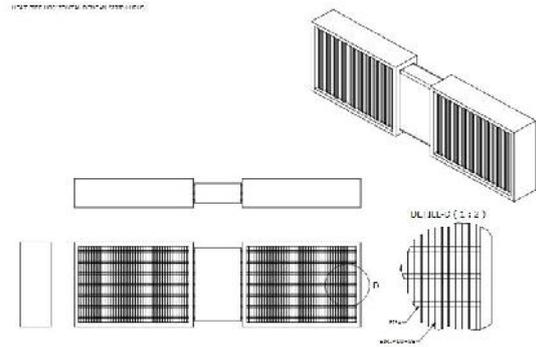
**Gambar 1. Skema Mekanisme Hantaran Panas pada Heat Pipe.**

## 2. Metodologi Penelitian

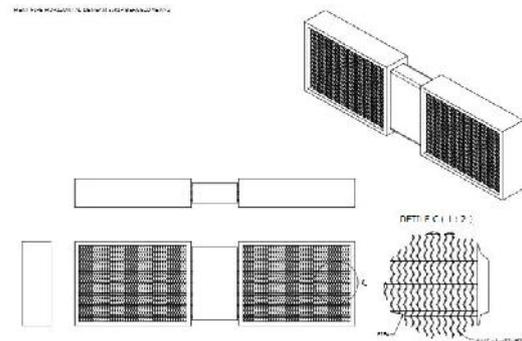
Dalam tahap pembuatan alat uji ada beberapa komponen yang harus dibuat untuk pengambilan data yaitu :

1. Pembuatan replika ruangan (kabin). Pembuatan skematik ruangan menggunakan bahan ducting dengan ukuran panjang 200 cm, lebar 120 cm dan tinggi 120 cm. Pembuatan ruangan dilakukan dengan cara memotong papan ducting yang sudah disediakan sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, setelah melakukan pemotongan kemudian ducting disatukan dengan cara direkatkan menggunakan lem khusus dan dilapisi dengan isolasi ducting agar udara didalam ruangan tidak mengalami kebocoran.
2. Pembuatan ducting evaporator dan exhaust fan. Pembuatan sistem pemipaan aliran udara dibuat menggunakan dua bahan yaitu menggunakan papan ducting dan menggunakan pipa berukuran 5 in, pembuatan sistem aliran udara tersebut sama seperti pembuatan skematik ruangan dimana papan ducting dipotong sesuai ukuran yang sudah ditentukan yaitu 27 x 38 cm kemudian papan ducting direkatkan dan dilapisi dengan isolasi ducting.
3. Heat pipe yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari pipa tembaga dengan panjang 71 cm dan memiliki diameter 1 cm.
4. Pembuatan sirip *heat pipe* dan pemasangan, sirip *heat pipe* dibuat menggunakan plat aluminium dengan tebal plat 0,5 mm, ukuran sirip yang digunakan yaitu, panjang 30 cm dan lebar 10 cm. Pemasangan sirip pada heat pipe bertujuan untuk memperluas bidang penyerapan panas.

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk menguji kinerja thermal dari *heat pipe* tersebut, untuk memperoleh hasil yang diinginkan maka perlu dilakukan langkah-langkah pengujian yang telah ditetapkan. Pengujian yang dilakukan menggunakan beberapa alat penunjang seperti, replika ruangan dan ducting, modul NI, *thermocouple*, program aplikasi lab view dan origin.



**Gambar 2. Heat Pipe Dengan Sirip Lurus**

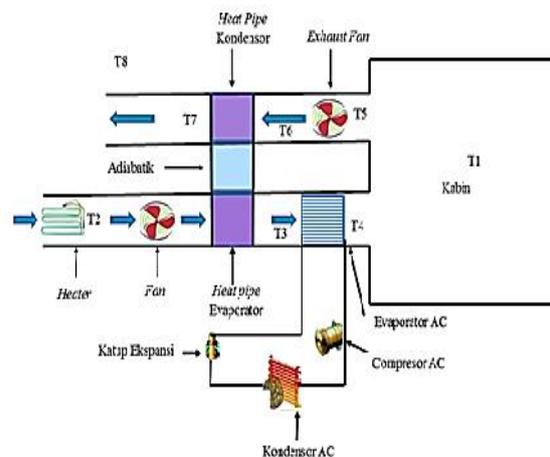


**Gambar 3. Heat Pipe Dengan Sirip Bergelombang**

Spesifikasi sirip :

1. Panjang = 37cm
2. Lebar = 8cm
3. Jarak antara sirip satu dan sirip lainnya = 3mm
4. Tebal sirip = 0,2mm
5. Jumlah sirip pada masing-masing heat pipe = 90 sirip

Mekanisme pengambilan data ditunjukkan pada gambar 4.



**Gambar 4. Mekanisme Pengambilan Data**

Keterangan :

- T1 = Temperatur didalam kabin  
T2 = Temperatur heater

- T3 = Temperatur *heat pipe evaporator*
- T4 = Temperatur saluran in (*evaporator*)
- T5 = Temperatur saluran out
- T6 = Temperatur *ducting out*
- T7 = Temperatur *heat pipe* kondensor
- T8 = Temperatur lingkungan
- W1= Beban pendinginan *Evaporator AC*

**3. Hasil dan Pembahasan**

Dari pengujian yang telah di lakukan maka didapatkan hasil pengujian penggunaan heat pipe dengan sirip bergelombang yang di pasang secara *horizontal* yang tertera pada tabel 4.1 dan hasil penggunaan heat pipe dengan sirip lurus yang di pasang secara *horizontal* yang tertera pada tabel 4.2. Menunjukkan hasil pengujian perbandingan temperatur, konsumsi daya, beban pendinginan pada *evaporator* dan *condenssor* terhadap temperatur setting kabin 20°C, 18°C, dan 16°C.

**Tabel 1 Data Perbandingan Temperatur 20°C, 18°C Dan 16°C Dengan Sirip Bergelombang Yang di Pasang Secara 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	434	20	30	23	16	25	26	27	28
18	1,9	220	805	18	30	23	15	24	26	27	28
16	2	220	1363	15	29	23	13	21	25	27	28

**Tabel 2 Data Perbandingan Temperatur 20°C, 18°C Dan 16°C Dengan Sirip Lurus Yang di Pasang Secara 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	475	20	30	29	16	25	26	27	28
18	1,9	220	852	18	30	29	14	24	26	27	28
16	2	220	2498	16	29	29	13	23	25	26	27

**3.1 Menghitung Laju Aliran Massa Udara**

Untuk menghitung laju aliran massa udara, maka harus mencari kecepatan aliran udara dan massa jenis udara. Untuk mengetahui kecepatan aliran udara, menggunakan alat ukur air flow meter atau melihat pada kapasitas fan yaitu sebesar 0,003775  $\frac{m^3}{s}$ . Dan untuk mengetahui massa jenis udara dapat di lihat pada tabel *psyrrometric cahrt*

pada udara didapat  $\rho = 1,2 \frac{kg}{m^3}$ , sehingga

pengukuran laju aliran massa dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 \dot{m} &= \rho \cdot v \cdot A \\
 &= 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,003775 \frac{m^3}{s} \cdot (0,37 \cdot 0,86) m \\
 &= 0,0014 \frac{kg}{s}
 \end{aligned}$$

**3.2 Menghitung Energi Pada Kompresor**

Salah satu perhitungan yang di jabarkan yaitu pada temperatur setiing kabin 20°C menggunakan model sirip bergelombang yang di pasang secara *horizontal*

$$\begin{aligned}
 E_{kompresor} &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \cdot t \\
 &= 220V \cdot 1.8 A \cdot 0,8 \cdot 434 s \\
 &= 316,8 W \cdot 0,120 h \\
 &= 0,038 kWh
 \end{aligned}$$

**3.3 Perhitungan Beban Pendinginan Pada Sistem HPAC Dengan Sirip Bergelombang dan Lurus Yang Dipasang Secara Horizontal Dengan Temperature Setting 20°C, 18°C dan 16°C**

Salah satu perhitungan yang di jabarkan yaitu pada temperatur setiing kabin 20°C menggunakan model sirip lurus yang di pasang secara *horizontal*

$$\begin{aligned}
 Q_{evaporator} &= \dot{m} \cdot Cp \cdot (T_3 - T_4) \\
 &= 0,0014 \frac{kg}{s} \cdot 1,03 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot (29-16)
 \end{aligned}$$

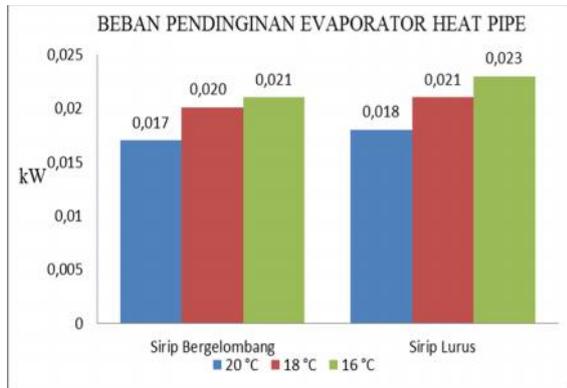
$$\begin{aligned}
 &^{\circ}K \\
 &= 0,0014 \frac{kg}{s} \cdot 1,03 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 13^{\circ}K \\
 &= 0,018 \frac{kJ}{s}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan beban pendinginan dengan temperature setting kabin 20°C, 18°C, dan 16°C dengan heat pipe variasi model sirip lurus dan bergelombang dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4. Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Dengan Menggunakan Variasi Model Sirip Lurus dan Bergelombang.**

Temperatur (°C)	Beban Pendinginan Sirip Bergelombang (kW)		Beban Pendinginan Sirip Lurus (kW)	
	Evaporator	Kondenssor	Evaporator	Kondenssor
20°C	0,017	0,002	0,018	0,002
18°C	0,020	0,002	0,021	0,002
16°C	0,021	0,004	0,023	0,002

Grafik perbandingan beban pendinginan evaporator heat pipe dengan sirip lurus dan bergelombang yang dipasang secara horizontal



Gambar 5. Grafik Beban Pendinginan Evaporator Heat Pipe

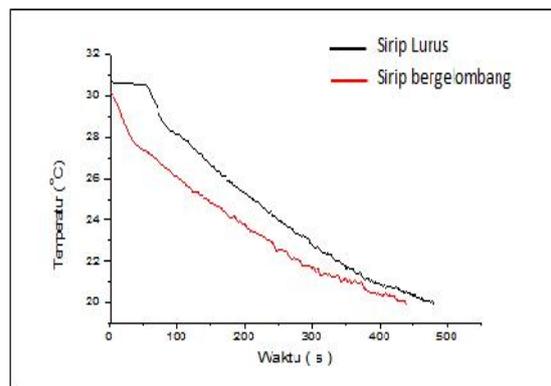
Dari grafik perbandingan beban pendinginan evaporator dengan heat pipe dengan model sirip lurus pada temperatur setting kabin 20°C yaitu sebesar 0,018kW, pada temperatur setting kabin 18°C yaitu sebesar 0,021 kW dan pada temperatur setting kabin 16°C yaitu sebesar 0,023 kW dan untuk model sirip bergelombang dengan temperatur setting kabin 20°C, yaitu sebesar 0,017 kW, pada temperatur setting kabin 18°C yaitu sebesar 0,020 kW dan pada temperatur setting kabin 16°C yaitu sebesar 0,021 kW. Ini menunjukkan bahwa semakin rendah temperatur setting kabin pada model sirip lurus dan bergelombang maka semakin besar beban pendinginan yang di butuhkan. Karena semakin rendah temperatur setting kabin maka waktu yang di perlukan semakin lama. Maka dari itu beban pendinginan yang di perlukan lebih besar.

Penggunaan *heat pipe* dan penambahan sirip lurus maupun bergelombang yang diaplikasikan pada sistem AC dapat menurunkan temperatur udara masuk pada sistem sehingga dapat membantu menurunkan beban pendinginan evaporator AC. Itu di karenakan pada heat pipe terdapat fluida dan saluran wick, ketika udara sekitar melewati evaporator heat pipe, heat pipe akan menyerap panas, fluida di dalam heat pipe akan menguap ke kondensor heat pipe, dan udara sekitar yang tadinya telah melewati heat pipe evaporator dan mengalami penurunan temperatur akan di hisap oleh evaporator ac dan mengalami penurunan temperatur kembali dan udara tersebut masuk ke kabin. Dari kabin, udara dengan temperatur rendah akan di isap oleh fan kondensor untuk merubah uap menjadi cair dan mengalir melalui saluran wick. Dari gambar 4.2 menunjukkan bahwa pada penggunaan heat pipe dengan model sirip bergelombang beban pendinginan yang di butuhkan lebih kecil dibandingkan penggunaan model sirip lurus. Pada setiap model sirip bergelombang dan lurus memiliki luas bidang yang berbeda. Pada model sirip bergelombang luas

bidang sirip lebih besar di bandingkan model sirip lurus, yang tentunya lebih bagus dalam penyerapan panas pada temperatur setting awal yaitu sebesar 30°C Jadi pada pencapaian temperature setting kabin lebih cepat menggunakan sirip model bergelombang. Hal ini juga menyebabkan beban pendinginan pada evaporator menjadi lebih sedikit menggunakan model sirip bergelombang.

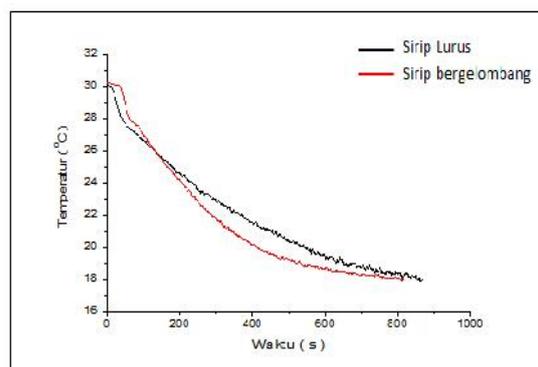
### 3.6 Data Grafik Perbandingan Temperatur Dengan Heat Pipe Dengan Sirip Bergelombang Dan Lurus Yang Dipasang Secara Horizontal Pada Temperatur 20°C, 18°C dan 16°C

Grafik perbandingan temperatur dengan heat pipe dengan sirip bergelombang dan lurus yang dipasang secara horizontal pada temperatur 20°C



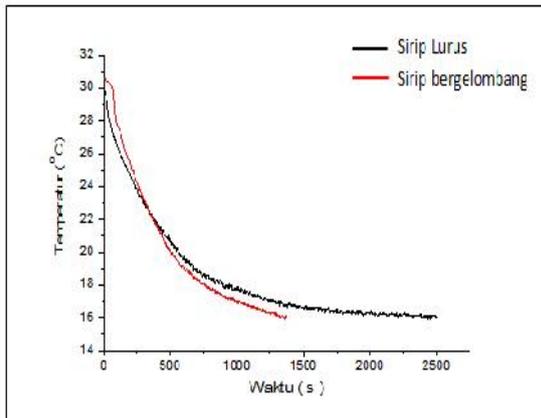
Gambar. 6 Perbandingan Temperatur Dengan Heat Pipe Dengan Sirip Bergelombang Dan Lurus Yang Dipasang Secara Horizontal Pada Temperatur 20°C

Grafik perbandingan temperatur dengan heat pipe dengan sirip bergelombang dan lurus yang dipasang secara horizontal pada temperatur 18°C



Gambar. 7 Perbandingan Temperatur Dengan Heat Pipe Dengan Sirip Bergelombang Dan Lurus Yang Dipasang Secara Horizontal Pada Temperatur 18°C

Grafik perbandingan temperatur dengan heat pipe dengan sirip bergelombang dan lurus yang dipasang secara horizontal pada temperatur 16°C.



**Gambar. 8 Perbandingan Temperatur Dengan Heat Pipe Dengan Sirip Bergelombang Dan Lurus Yang Dipasang Secara Horizontal Pada Temperatur 16<sup>0</sup>C**

Gambar 6, 7 dan 8 menunjukkan grafik perbandingan waktu pencapaian untuk temperatur seting 20<sup>0</sup>C, 18<sup>0</sup>C dan 16<sup>0</sup>C. Perbandingan waktu pada temperature seting 20<sup>0</sup>C dengan menggunakan *heat pipe* dengan sirip bergelombang membutuhkan waktu untuk mencapai temperatur setting kabin sebesar 434 detik, sedangkan dengan menggunakan *heat pipe* dengan sirip lurus menunjukkan waktu sebesar 475 detik, selisih perbandingan waktu yang diperoleh sebesar 41 detik lebih cepat menggunakan *heat pipe* dengan sirip bergelombang dari pada menggunakan *heat pipe* dengan sirip lurus. Untuk Perbandingan waktu pada temperature seting 18<sup>0</sup>C dengan menggunakan *heat pipe* dengan sirip bergelombang membutuhkan waktu untuk mencapai temperatur setting kabin sebesar 805 detik, sedangkan dengan menggunakan *heat pipe* dengan sirip lurus menunjukkan waktu sebesar 852 detik, selisih perbandingan waktu yang diperoleh sebesar 47 detik lebih cepat menggunakan *heat pipe* dengan sirip bergelombang dari pada menggunakan *heat pipe* dengan sirip lurus dan untuk Perbandingan waktu pada temperature seting 16<sup>0</sup>C dengan menggunakan *heat pipe* dengan sirip bergelombang membutuhkan waktu untuk mencapai temperatur setting kabin sebesar 1353 detik, sedangkan dengan menggunakan *heat pipe* dengan sirip lurus menunjukkan waktu sebesar 3420 detik, selisih perbandingan waktu yang diperoleh sebesar 2117 detik lebih cepat menggunakan *heat pipe* dengan sirip bergelombang dari pada menggunakan *heat pipe* dengan sirip lurus.

Berdasarkan grafik perbandingan temperatur diatas dapat dijelaskan bahwa, dengan penambahan *heat pipe* dengan model sirip bergelombang pada sistem pengkondisian udara sangat mempengaruhi percepatan waktu pencapaian pada temperatur seting di bandingkan dengan menggunakan *heat pipe* dengan model sirip lurus. Itu menyatakan bahwa penggunaan sirip bergelombang lebih efisien terhadap waktu untuk mencapai temperatur setting di karenakan pada sirip bergelombang memiliki luas

bidang yang lebih besar di bandingkan dengan model lurus. Dengan memiliki luas bidang yang lebih besar maka penyerapan panas bisa lebih besar di serap. Selain efisien terhadap waku mencapai temperatur setting 20<sup>0</sup>C, 18<sup>0</sup>C, dan 16<sup>0</sup>C, penggunaan heat pipe dengan sirip bergelombang juga efisien terhadap beban kompresor dan beban pendinginan evaporator. Jadi penggunaan sirip model bergelombang lebih baik dari sirip lurus.

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengaruh model sirip bergelombang pada temperatur udara masuk lebih baik dari model siriplurus, ini di karenakan pada model sirip lurus penyerapan kalor lebih besar. Penyerapan kalor yang lebih besar ini di pengaruhi oleh luas bidang sirip yang lebih besar. Dengan penyerapan kalor yang lebih besar maka waktu untuk mencapai temperatur setting kabin 20<sup>0</sup>C, 18<sup>0</sup>C, dan 16<sup>0</sup>C lebih cepat dari pada menggunakan model sirip bergelombang yang lebih lama untuk mencapai temperatur setting kabin.
2. Untuk model sirip bergelombang pengaruh terhadap beban pendinginan evaporator membutuhkan beban pendinginan yang lebih sedikit dari model sirip lurus. Untuk temperatur setting kabin 20<sup>0</sup>C dengan model sirip bergelombang membutuhkan beban pendinginan sebesar 0,017 kW sedangkan untuk model sirip lurus membutuhkan beban pendinginan sebesar 0,018 kW, untuk temperatur setting kabin 18<sup>0</sup>C dengan model sirip bergelombang membutuhkan beban pendinginan sebesar 0,020 kW sedangkan untuk model sirip lurus membutuhkan beban pendinginan sebesar 0,021 kW dan untuk temperatur setting kabin 16<sup>0</sup>C dengan model sirip lurus membutuhkan beban pendinginan sebesar 0,023 kW sedangkan untuk model sirip bergelombang membutuhkan beban pendinginan sebesar 0,021 kW. itu di karenakan pada sirip bergelombang memiliki luas bidang yang lebih besar dan penyerapan kalor lebih besar di bandingkan sirip lurus.

## Daftar Pustaka

- [ 1 ] L. L. Vasiliev, 2005, "Heat Pipes In Modern Heat Exchangers," Applied thermal engineering, vol. 25, pp. 1-19.
- [ 2 ] Wits, W., R. Legtenberg, J.H Mannak, 2008
- [ 3 ] Jones, W Jerold and Stoecker, F Wilbert, Terj Supretman Hara, 1994
- [ 4 ] N. Putra, W. N. Septiadi, H. Rahman, and R. Irwansyah, 2012, "Thermal

*Performance Of Screen Mesh Wick Heat Pipes With Nanofluids,*” Experimental Thermal and Fluid Science, vol. 40, pp. 10-17.

- [ 5 ] *Official Blog of Applied Heat Transfer Research Group Universitas Indonesia diakses di <https://appliedheattransfer.wordpress.com/heat-pipe/> pada tgl 23 Januari 2018*



**Ida Bagus Gede Teja Mas Ariyasa** menyelesaikan pendidikan program sarjana di jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2018.