

Analisis Kinerja Thermal Sistem *Heat Pipe Air Conditioning* (HPAC) Pada Penggunaan Sirip Model Lurus dan Bergelombang Yang Dipasang Dengan Posisi Vertikal

I Komang Yogi Krisna Dwipayana, Wayan Nata Septiadi, Ketut Astawa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pipa kalor merupakan suatu alat penukar kalor dengan ukuran atau dimensi yang kecil, namun dapat memindahkan kalor yang cukup besar. Suatu penelitian banyak dilakukan yaitu untuk memperoleh peningkatan kinerja thermalnya dengan memvariasikan heat pipe contohnya dengan menambahkan variasi model sirip lurus dan bergelombang. Dalam penelitian ini pipa kalor yang dipakai terbuat dari pipa tembaga berdiameter 1cm dan panjang 71cm. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh model sirip lurus dan bergelombang yang dipasang secara vertikal pada pengaruh temperature udara masuk dan mengetahui bagaimana pengaruh model sirip lurus dan bergelombang yang dipasang secara vertikal terhadap beban pendinginan evaporator. Pada proses pengujian di pasang pemanas (heater) dengan daya 1000 watt yang bertujuan untuk memanaskan udara awal yang masuk ke dalam kabin agar suhu di dalam kabin mencapai 30°C dalam kondisi steady. Sebelum memulai pengujian kecepatan udara yang masuk ke dalam ducting dikonstansikan sebesar 1,3 m/s yang diukur dengan air flow meter dan menggunakan tang ampere sebagai alat untuk mengukur konsumsi daya pada kompresor. Dari hasil pengujian pada temperature 16°C heat pipe dengan variasi model sirip lurus membutuhkan waktu 2,291 detik dengan konsumsi daya sebesar 0,279 kWh dan beban pendinginan evaporator 8,174 kJ/s sedangkan penggunaan heat pipe dengan variasi model sirip bergelombang membutuhkan waktu sebesar 2,127 detik dengan konsumsi daya sebesar 0,259 kWh dan beban pendinginan pada evaporator sebesar 6,641 kJ/s. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan heat pipe dengan variasi sirip bergelombang lebih bagus dalam pencapaian temperature setting kabin 16°C dengan pengaruh udara dari luar atau lingkungan, serta beban pendinginan yang dilakukan oleh evaporator menjadi lebih ringan karena penyerapan kalor pada temperature udara luar yang masuk penyerapannya lebih bagus oleh variasi model sirip bergelombang.

Kata Kunci: Heat Pipe Air Conditioning (HPAC), Sirip Lurus dan Bergelombang

Abstract

Heat pipe is a heat exchanger with a small size or dimension, but can move a large heat. Many studies have been carried out to obtain enhancement in thermal performance by varying heat pipes, for example by adding variations of straight and wavy fin models. In this study, the heat pipe used is made of 1 centimetre diameter copper pipe and 71 centimetres long. The purpose of this study was to determine how the influence of straight and wavy fin models are mounted vertically to the effect of air intake temperature and to determine how the influence of straight and wavy fin models are mounted vertically to the cooling load of the evaporator. In testing, a heater with 1000 watts of power is installed which aims to heat the initial air that enters the cabin, so that the temperature in the cabin reaches 30°C in steady conditions. Before the test is stated, the speed of air entering the ducting is ordered on 1.3 m/s as measured by a water flow meter and using ampere pliers as a tool to measure the power consumption of the compressor. From the test results, at the temperature of 16°C a heat pipe with a variation of a straight fin model takes 2,291 seconds with a power consumption of 0,279 kWh and an evaporator cooling load 8,174 kJ/s, while the use of heat pipe with variations of wavy fin model takes 2,127 seconds with a power consumption of 0,259 kWh and the cooling load on the evaporator is 6,641 kJ/s. It indicates that the use of wavy fin heat pipes is better in achieving the temperature setting of the cabin 16°C with the influence of outside air or the environment, and the cooling load carried out by the evaporator becomes lighter because the absorption of heat at the temperature of the outside air is better absorbed by wavy fin model variation.

Keywords: Heat Pipe Air Conditioning (HPAC), Straight and Wavy Fin

1. Pendahuluan

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki iklim tropis, yang dimana memiliki temperatur berkisar antara 28°C sampai dengan 32°C, tingginya temperatur tersebut sangatlah

mempengaruhi kenyamanan dalam beraktivitas [1]. Agar dapat memenuhi kenyamanan beraktivitas tentunya di dalam ruangan, banyak orang menerapkan sistem pengkondisian udara atau *air*

conditioning yang dapat menjaga kelembapan serta menjaga temperatur di dalam ruangan.

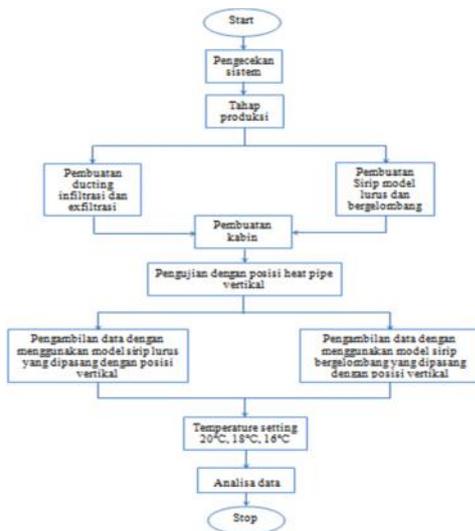
Penggunaan AC yang baik yaitu pada umumnya yang memiliki sistem ventilasi, yang dimana adanya sirkulasi udara yang bertujuan untuk menjaga kualitas udara sehat di dalam ruangan [2]. Dengan adanya sirkulasi udara yang masuk ke dalam ruangan menyebabkan kerja pendinginan semakin besar, maka dari itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat membantu meringankan beban kerja pendinginan tentunya pada bagian evaporator [3].

Heat pipe adalah suatu alat penukar kalor atau *heat exchanger* yang dimana dapat memindahkan kalor yang cukup besar dengan perbedaan temperatur yang kecil. *Heat pipe* juga suatu alat penyerapan panas yang tidak membutuhkan daya listrik, yang dimana terbuat dari tembaga berukuran tertentu dan berisi cairan khusus di dalamnya sebagai fluida kerja [4].

Prinsip kerja *heat pipe* dapat berkerja apabila adanya perbedaan temperatur dari masing-masing ujung *heat pipe*, yang dimana cairan yang memiliki temperatur lebih tinggi akan menguap dan tentunya uap tersebut akan mencari tempat yang memiliki temperatur lebih rendah, sehingga dapat terjadi proses perpindahan panas atau heat transfer.

2. Metodologi Penelitian

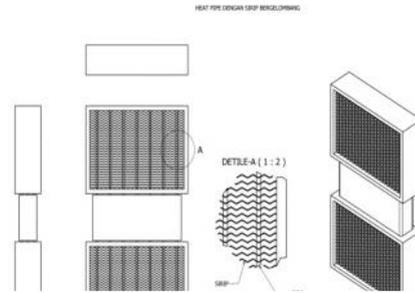
Adapun alur dari penelitian ini di tunjukan pada gambar ini :



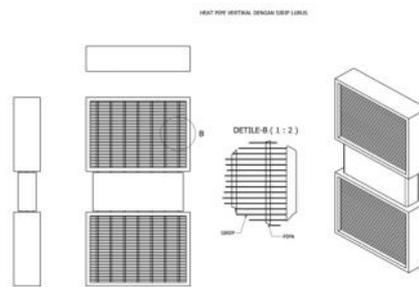
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Dalam pengujian *heat pipe* menggunakan sistem pendinginan AC dimulai dari pengecekan dan fungsi dari komponen alat-alat yang akan digunakan untuk pengujian, selanjutnya tahap pembuatan skematik pengujian, dalam proses ini ada beberapa komponen yang harus dibuat seperti skema kabin dan ducting evaporator serta pemasangan aksesoris tambahan untuk menunjang proses pengambilan data.

Pengujian yang dilakukan yaitu menggunakan 2 variasi perbedaan sirip yaitu menggunakan sirip lurus dan bergelombang yang dipasang secara vertikal. Untuk gambar variasi sirip yang digunakan yaitu bisa dilihat pada Gambar 4 dan 5.



Gambar 2. Heat pipe dengan sirip bergelombang



Gambar 3. Heat pipe dengan sirip lurus

3. Hasil dan Pembahasan

Menurut hasil pengujian yang sudah dilakukan didapatkan data seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada tabel tersebut merupakan tabel hasil pengujian dengan menggunakan sirip model lurus dan sirip model bergelombang. Dengan temperatur setting 30°C pada udara masuk awal yang dipanaskan oleh heater agar tercapainya sistem kerja dari penggunaan *heat pipe* terhadap pencapaian waktu yang diperlukan untuk mencapai temperatur setting kabin 20°C, 18°C, dan 16°C, serta mengetahui konsumsi daya dan beban pendinginan pada evaporator dengan hasil pengukuran jumlah arus kompresor pada masing-masing temperatur setting kabin dan hasil pengukuran tegangan pada kompresor dari penggunaan model sirip lurus dan bergelombang yang digunakan.

Tabel 1. Data Penggunaan Heat Pipe Dengan Variasi Sirip Lurus.

Temperatur 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	828	20	29	29	15	25	26	28	27
18	1,9	220	708	18	30	29	13	25	26	27	27
16	2	220	2291	16	30	28	12	24	24	26	27

Tabel 2. Data Penggunaan Heat Pipe Dengan Variasi Sirip Bergelombang.

Temperatur 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	777	20	30	29	17	24	26	27	27
18	1,9	220	694	18	30	28	17	23	26	27	27
16	2	220	2127	16	30	28	15	23	25	27	27

Berdasarkan data dari tabel diatas terlihat bahwa pengaplikasian *heat pipe* menggunakan variasi sirip model lurus dan sirip bergelombang yang dipasang dengan posisi vertikal memerlukan masing-masing waktu yang berbeda untuk mencapai temperatur setting 20°C, 18°C, dan 16°C pada kabin. Waktu yang di perlukan dari penggunaan variasi sirip lurus pada temperatur setting kabin 20°C, 18°C, dan 16°C masing-masing yaitu 828 detik, 708 detik, dan 2291 detik, sedangkan pada penggunaan variasi sirip model bergelombang masing-masing yaitu 777 detik, 694 detik, dan 2127 detik pada temperatur setting kabin 20°C, 18°C, dan 16°C pada temperatur setting udara di saluran infiltrasi pada heater agar mencapai keadaan *steady* yaitu sebesar 30°C.

3.1 Data Kecepatan Aliran Udara

Dalam pengujian yang dilakukan digunakan 2 buah fan dalam mendistribusikan udara. Fan yang pertama dipasang di belakang *heater* pada saluran infiltrasi berfungsi untuk mendistribusikan udara setting awal 30°C ke dalam kabin hingga mencapai *steady*, sedangkan fan kedua dipasang sebelum saluran out yang berfungsi untuk mendistribusikan udara sisa pendinginan dalam kabin menuju keluar sistem, agar temperatur 30°C yang pertama di setting bisa *steady*. Dari pemasangan fan tersebut tentunya pasti menimbulkan adanya laju kecepatan pada aliran udara yang masuk, dimana laju tersebut sangatlah berpengaruh terhadap hasil dari pengujian data yang diambil. Untuk mengetahui kecepatan laju aliran udara dapat diukur dengan menggunakan alat ukur *air flow meter*, dari hasil pengukuran tersebut dapat diketahui laju kecepatan aliran udara sebesar 1,3 m/s. Hasil tersebut didapat dari pengukuran pada saat kedua fan dalam kondisi hidup.

3.2 Perhitungan Laju Aliran Massa Udara

Laju aliran massa merupakan massa aliran udara dalam satuan waktu, perhitungan laju aliran massa udara bertujuan untuk mengetahui beban pendinginan pada beban evaporator. Dari tabel *psychometric chart* terdapat massa jenis udara, $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$, sehingga laju aliran massa dapat dihitung menggunakan rumus :

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

3.3 Perhitungan Konsumsi Energi Pada Kompresor

Pada suatu sistem yang berkerja tentunya memerlukan sebuah daya agar sistem tersebut dapat berkerja. Perhitungan konsumsi energi tersebut sangat diperlukan yaitu untuk mengetahui berapa konsumsi energi yang dibutuhkan oleh sistem tersebut untuk bisa berkerja contohnya yaitu kompresor pada sistem pengkondisian udara (AC). Berikut perhitungan konsumsi energi pada variasi model sirip yang digunakan dalam penelitian ini.

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan konsumsi energi yaitu contohnya pada temperatur setting kabin 20°C menggunakan variasi model sirip lurus pada perhitungan dibawah ini :

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \cdot t \\ &= 220 \text{ V} \cdot 1,8 \text{ A} \cdot 0,8 \cdot 828 \text{ s} \\ &= 220 \text{ V} \cdot 1,8 \text{ A} \cdot 0,8 \cdot 0,23 \text{ h} \\ &= 396 \text{ W} \cdot 0,8 \cdot 0,23 \text{ h} \\ &= 0,072 \text{ kWh} \end{aligned}$$

3.4 Perhitungan Beban Pendinginan Pada Evaporator

Pada suatu sistem pengkondisian (AC) tentunya terdapat evaporator yang berkerja sebagai penyerap kalor, sehingga temperature udara awal menjadi lebih rendah dan mampu mencapai temperatur setting yang diinginkan karna terjadinya penyerapan kalor yang dilakukan oleh evaporator tersebut. Dalam hal tersebut dibutuhkan suatu perhitungan untuk mengetahui beban pendinginan pada evaporator dalam sistem kerjanya tersebut. Berikut perhitungan beban pendinginan evaporator pada variasi model sirip yang digunakan dalam penelitian ini.

$$\begin{aligned} q_{s \text{ evap}} &= \dot{m} \cdot C_p \cdot (\Delta T) \\ &= 0,496 \text{ kg/s} \cdot 1,03 \text{ kJ/kg} \cdot K \cdot (29-15) \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 0,496 \text{ kg/s} \cdot 1,03 \text{ kJ/kg} \cdot K \cdot 13 \text{ K} \\ &= 6,480 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

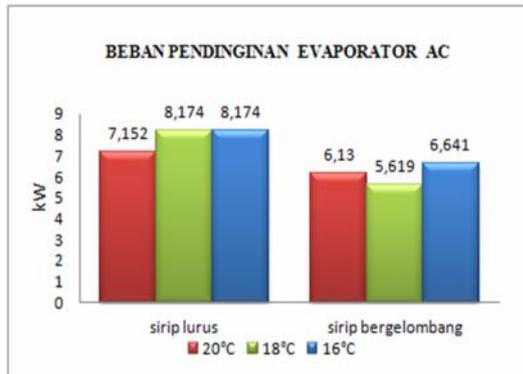
Hasil perhitungan beban pendinginan pada evaporator dengan temperatur setting kabin 20°C, 18°C, dan 16°C menggunakan sistem pengkondisian udara dengan *heat pipe* variasi sirip model lurus dan sirip model bergelombang dapat dilihat pada *Tabel 4*.

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Pada Kompresor

Temperature Setting (°C)	Beban Pendinginan Evaporator	
	Dengan Sirip Lurus (kW)	Dengan Sirip Bergelombang (kW)
20	7,152	6,13
18	8,174	5,619
16	8,174	6,641

Grafik perbandingan beban pendinginan yang dihasilkan dari penggunaan variasi model sirip yang berbeda yaitu model sirip lurus dan model sirip

bergelombang menurut hasil perhitungan yang terdapat pada tabel diatas dapat dilihat dari grafik pada Gambar 2.



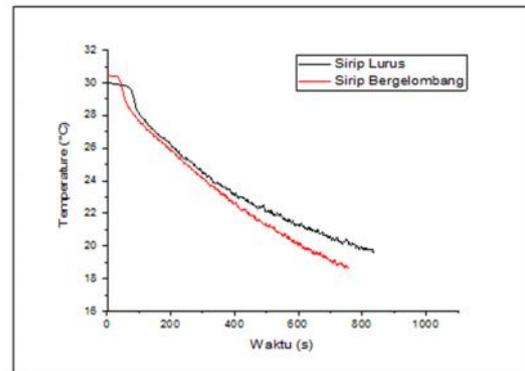
Gambar 2. Grafik beban pendinginan

Berdasarkan dari grafik perbandingan beban pendinginan pada evaporator saat sudah tercapainya temperatur setting pada kabin dengan menggunakan variasi sirip model lurus dapat dilihat pada Gambar 2. Untuk pencapaian temperatur setting kabin 20°C, 18°C, dan 16°C yaitu masing-masing menghasilkan beban pendinginan evaporator sebesar 7,152 kW pada temperatur 20°C , 8,174 kW pada temperatur 18°C, dan 8,174 kW pada temperatur 16°C. Sedangkan untuk penggunaan variasi sirip model bergelombang masing-masing menghasilkan beban evaporator sebesar 6,13 kW pada temperatur 20°C, 5,619 kW pada temperatur 18°C, dan 6,641 kW pada temperature 16°C. Dengan temperatur setting 30°C pada *heater* saat awal udara masuk sebelum melewati *heat pipe* dengan variasi model sirip yang berbeda.

Adanya perbedaan pada beban pendinginan evaporator disebabkan oleh penggunaan variasi model sirip yang digunakan. Semakin besar luas bidang sirip yang digunakan maka akan semakin bagus dalam penyerapan panas dari temperatur setting awal 30°C untuk mencapai temperatur setting kabin yaitu sebesar 20°C, 18°C, dan 16°C. Pada penggunaan sirip bergelombang menghasilkan beban yang lebih sedikit daripada dengan penggunaan model sirip lurus. Itu dikarenakan bahwa sirip bergelombang memiliki luas bidang yang lebih besar daripada sirip lurus, dan tentunya penyerapan panas temperatur setting pada udara awalnya juga akan lebih cepat, sehingga pencapaian temperatur setting kabin lebih cepat tercapai dan beban pendinginan yang dibutuhkan oleh evaporator lebih sedikit.

3.5. Data Grafik Perbandingan Variasi Model Sirip Lurus dan Bergelombang

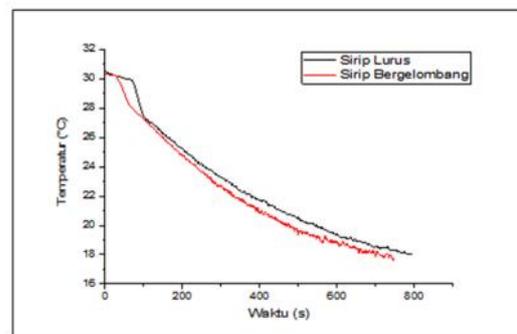
Grafik perbandingan temperatur pada penggunaan variasi model sirip lurus dan bergelombang pada temperatur setting 20°C pada kabin dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Pada Temperatur Setting Kabin 20°C

Perbandingan yang terlihat berdasarkan Gambar 3. dapat dilihat pada penggunaan sirip model lurus dan sirip bergelombang memiliki pencapaian temperatur setting kabin yang berbeda dari temperature setting awal udara masuk yaitu sebesar 30°C. Sirip model lurus memiliki waktu pencapaian pada temperatur setting 20°C sebesar 828 detik, sedangkan pencapaian waktu yang diperoleh oleh sirip bergelombang adalah 777 detik. Perbedaan selisih waktu yang terjadi sebesar 51 detik, yang dimana sirip model bergelombang lebih cepat dalam pencapaian temperatur setting ketimbang sirip model lurus.

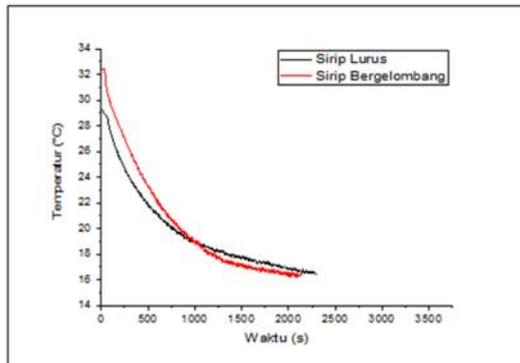
Grafik perbandingan temperatur pada penggunaan variasi model sirip lurus dan bergelombang pada temperatur setting 18°C pada kabin dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Pada Temperatur Setting Kabin 18°C

Berdasarkan perbandingan grafik yang terlihat pada gambar 4. menunjukkan bahwa pencapaian temperatur setting kabin 18°C menggunakan variasi sirip model lurus dan sirip model bergelombang membutuhkan masing-masing waktu yang berbeda yaitu pada sirip lurus membutuhkan waktu sebesar 708 detik, sedangkan waktu yang dibutuhkan dengan pemakaian sirip model bergelombang yaitu sebesar 694 detik dengan temperatur setting awal 30°C dalam kondisi *steady*.

Grafik perbandingan temperatur pada penggunaan variasi model sirip lurus dan bergelombang pada temperatur setting 16°C pada kabin dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Pada Temperatur Setting Kabin 16°C

Dari grafik pada gambar 5 terlihat bahwa masing-masing penggunaan variasi model sirip lurus dan sirip bergelombang memiliki pencapaian waktu yang berbeda pada saat pencapaian temperatur setting kabin 16°C. Pada sirip lurus membutuhkan waktu pencapaian temperatur setting kabin yaitu sebesar 2291 detik, sedangkan pada sirip bergelombang membutuhkan pencapaian waktu temperatur setting kabin sebesar 2127 detik. Selisih perbedaan waktu pada pencapaian temperatur setting 16°C yaitu sebesar 164 detik, dimana yang menjadi penyebab dari adanya perbedaan pencapaian temperatur pada waktu yang dibutuhkan dari masing-masing variasi model sirip yang digunakan yaitu karena masing-masing model sirip memiliki luas bidang sirip yang berbeda menurut bentuk dari masing-masing sirip tersebut. Sirip model lurus memiliki luas bidang yang tidak selebar sirip model bergelombang, dimana sirip dengan luas bidang yang lebih lebar mampu lebih cepat dalam proses penyerapan kalor atau panas yang dibawa dari udara awal yang masuk ke dalam sistem yang awalnya di setting dalam kondisi *steady* 30°C oleh *heater*, sehingga kerja dari *heat pipe* sebagai *heat transfer* mampu lebih cepat tercapai. Hal ini juga menjadi penyebab kebutuhan konsumsi daya pada kompresor menjadi lebih sedikit dan beban pendinginan pada evaporator lebih ringan dengan lebih baik dan cepatnya penyerapan panas atau kalor yang dilakukan oleh sirip model bergelombang.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat di temukan kesimpulan sebagai berikut : Penggunaan variasi model sirip lurus dan bergelombang memiliki sedikit perbedaan dalam pencapaian waktu temperatur setting kabin dan tidak terlalu berpengaruh pada temperatur udara setting awal yang masuk pada saluran infiltrasi. Adapun perbedaan beban pendinginan yang diterima oleh

evaporator dengan variasi sirip model lurus dan bergelombang sangatlah besar dalam penggunaan heat pipe dan variasi model sirip yang digunakan, dalam penggunaan sirip lurus beban pendinginan yang diterima lebih besar daripada dengan penggunaan sirip bergelombang.

Daftar Pustaka

- [1] Sigit Jilius Setyawan, FT UI, 2012, *Aplikasi Heat Pipe Pada Pengkondisian Udara Dengan Variasi Masa Flow Rate Udara Dan Orientasi Heat Pipe*
- [2] D. Reay, R. McGlen, and P. Kew, 2013, *Heat pipes: Theory, design and applications*, Butterworth-Heinemann.
- [3] <https://cvastro.com/cara-kerja-sistem-ac-ruangan.htm> diakses pada 23 Januari 2018
- [4] Ibnu El Hurry, 1999, *Studi Sistem Automatik Pada Gedung Untuk Sistem HVAC (Heating System, Ventilating and Air Conditioning) Berbasis Direct Digital Controller (Studi Kasus Pada Pabrik "X" di Cibitung*, Skripsi. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Diakses di www.academia.edu/16587501/HVAC_CONTROL



I Komang Yogi Krisna Dwipayana menyelesaikan pendidikan program sarjana di jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana pada tahun 2018. Ia menyelesaikan pendidikan program sarjana dengan topik penelitian Analisis Kinerja Thermal Sistem Heat Pipe Air Conditioning (HPAC) Pada Penggunaan Sirip Model Lurus Dan Bergelombang Yang Dipasang Dengan Posisi Vertikal