

Analisis Kinerja *Thermal* Sistem *Heat Pipe* Air Conditioning (HPAC) Dengan dan Tanpa Bagian Adiabatik yang Dipasang Secara Vertikal

I Putu Aditya Eka Sentana, Wayan Nata Septiadi, Hendra Wijaksana
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pipa kalor merupakan sebuah alat penukar kalor berupa pipa tembaga yang didalamnya terdapat cairan khusus sebagai pengantar kalor. Pemakaian sistem AC ruangan dengan sirkulasi udara lingkungan dapat menyebabkan peningkatan terhadap beban pendinginan evaporator, untuk mengatasi masalah ini dilakukan pengaplikasian pipa kalor pada sistem pendingin AC, dengan tujuan untuk membantu menurunkan temperatur udara masuk pada evaporator sehingga dapat meringankan beban pendinginan. Pengujian dilakukan dengan metode eksperimen yang dilakukan dalam beberapa tahap yaitu perancangan, pembuatan dan pengujian. Pengujian *thermal* pipa kalor pada sistem AC dilakukan dengan variasi penggunaan adiabatik dan tanpa adiabatik pada posisi vertikal, dengan temperatur udara awal pada kabin 30°C dan temperatur setting 20°C, 18°C, 16°C pada sistem AC. Dari hasil pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan adiabatik pada pipa kalor yang dipasang secara vertikal dapat menurunkan temperatur udara masuk pada evaporator, sehingga memberikan efisiensi terhadap beban pendinginan dan konsumsi daya kompresor AC, dimana beban pendinginan yang dihasilkan masing masing 5,981 kW, 6,978 kW, 7,477 kW, pada penggunaan pipa kalor dengan adiabatik dan 6,48 kW, 7,477 kW, 8,474 kW, pada penggunaan pipa kalor tanpa adiabatik.

Kata kunci : Pipa kalor, Adiabatik, Vertikal, Kinerja *thermal*

Abstract

The heat pipe is a heat exchanger in the form of a copper pipe in which there is a special liquid as a heat conductor. The use of the rooms air conditioner systems with environmental air circulation can caused the increase of the cooling rate of the evaporator, to overcome this problem the application of heat pipes in the air conditioner cooling systems was applied, in purpose help to reduce the temperature of the intake air in the evaporator so it can reduce the cooling rate. The test was done with an experimental method which is carried out in several steps, designing, manufacturing and testing. Thermal testing of heat pipes in the air conditioner systems is carried out with variations the use of adiabatic and without adiabatic at the vertical positions, with first air temperature in the cabin of 30°C and setting temperature in the air conditioning system of 20°C, 18°C, 16°C. From the test results and calculations that have been done shows that the use of adiabatic in a heat pipe that is installed vertically can reduce the evaporator intake air, thus providing the efficiency to the cooling rate and the power consumptions of the air conditioner compressor, where the cooling load is generated respectuely 5,981 kW, 6,978 kW, 7,477 kW of the use of heat pipes with adiabatic and 6.48 kW, 7.477 kW, 8.474 kW, of the use of heat pipes without adiabatic.

Keywords: heat pipe, Adiabatic, vertical, thermal performance

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis dengan temperatur udara mencapai 28°C hingga 32°C, dengan kondisi temperatur udara yang sangat tinggi tentunya akan mempengaruhi kenyamanan manusia saat beraktifitas.[1]. Agar dapat memberikan kenyamanan *thermal* saat beraktifitas didalam ruangan, dibutuhkan sistem pengkondisian udara yaitu *air conditioning* yang dapat menjaga temperatur dan kelembapan udara didalam ruangan.

Pemakaian AC ruangan yang sehat adalah sistem pengkondisian udara yang memiliki sirkulasi udara segar yang diperoleh dengan adanya sistem ventilasi seperti jendela dan saluran ventilasi lainnya, sehingga udara segar dari lingkungan akan dapat bersirkulasi kedalam ruangan, dengan adanya sirkulasi udara tentunya dapat menjaga kualitas udara

sehat didalam ruangan dan berdampak baik bagi kesehatan penghuninya [2].

Disisi lain dengan adanya sirkulasi udara lingkungan yang masuk keruangan menyebabkan keinerja dari pendinginan semakin besar, untuk itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat menyerap panas udara lingkungan sebelum masuk ke ruangan, sehingga diharapkan dapat meringankan beban pendinginan pada evaporator [3].

Heat pipe atau pipa kalor merupakan solusi untuk alat penukar kalor yang tidak membutuhkan konsumsi daya tambahan, *heat pipe* memiliki kemampuan transfer panas yang sangat baik ,sehingga diharapkan penggunaan *heat pipe* dapat memberikan efisiensi energi pada sistem pengkondisian udara.[4]. *Heat pipe* pertama kali diperkenalkan oleh gaugler pada tahun 1942, dimana *heat pipe* dibagi menjadi beberapa bagian yaitu, *heat*

pipe evaporator, adiabatik, dan heat pipe kondensator [5].

Untuk mengetahui kinerja *heat pipe* dalam membantu menyerap panas udara lingkungan, perlu dilakukan pengaplikasian *heat pipe* pada sistem pengkondisian udara, dimana dalam penelitian yang dilakukan menggunakan sistem AC yang terdapat pada ruang lab konversi energi Teknik Mesin Universitas Udayana, replika kabin sebagai ruangan uji, dan *heat pipe* pada posisi pemasangan secara vertikal dengan variasi penggunaan bagian adiabatik dan tanpa adiabatik.

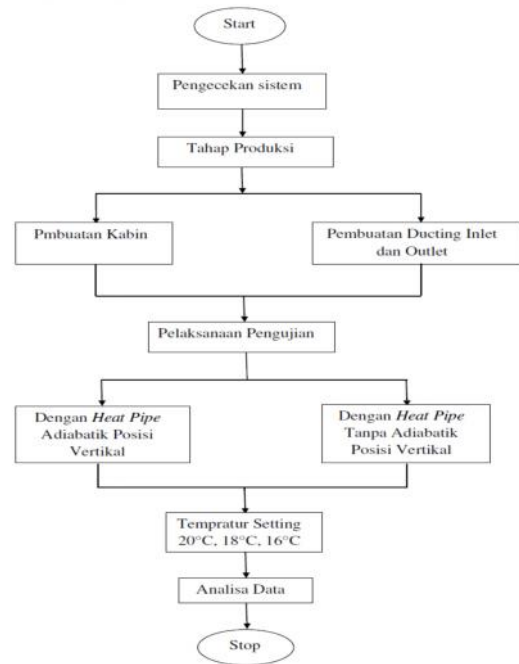
Kondisi temperatur awal pada kabin disamakan pada setiap pengujian yaitu pada temperatur 30°C dan temperatur setting yang digunakan pada setiap pengujian yaitu temperatur 20°C, 18°C, 16°C. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja *heat pipe* yang diaplikasikan pada sistem pengkondisian udara AC dalam membantu meringankan laju pendinginan dan daya kompresor. Dari latar belakang ini penulis mengajukan penelitian dengan judul Analisis Kinerja Thermal Sistem *Heat Pipe Air Conditioning* dengan dan tanpa bagian adiabatik yang dipasang secara vertikal.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Skema Rencana Penelitian

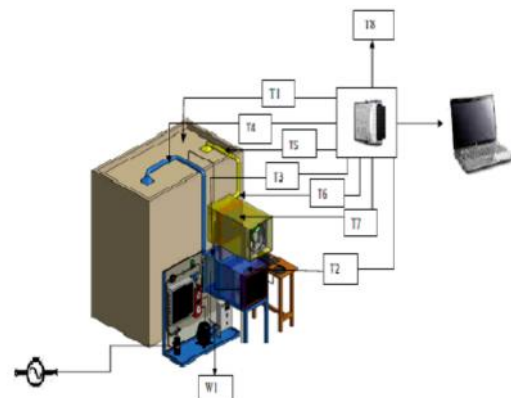
Dalam penelitian ini ada beberapa alat dan bahan yang digunakan yaitu aluminium ducting, *heat pipe*, fan, heater, sistem AC, Modul NI, *thermocouple*, tang amper, *air flow meter*, dan komputer. Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu tahap perancangan, tahap pengujian dan tahap pengolahan data, adapun beberapa komponen yang dibuat seperti replika kabin, ducting evaporator, ducting kondensator, pipa saluran udara, pemasangan alat uji dan peletakan *heat pipe*.

Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu pemasangan alat uji, pemasangan *thermocouple* pada 8 titik pengukuran, pemasangan modul NI dan komputer untuk membaca data pengukuran, mengukur kecepatan udara yang mengalir pada sistem, dan mengukur laju pendinginan evaporator. Adapun alur penelitian yang digunakan dalam penelitian sistem *Heat Pipe Air Conditioning* ini ditunjukkan pada gambar 1 diagram alir penelitian,



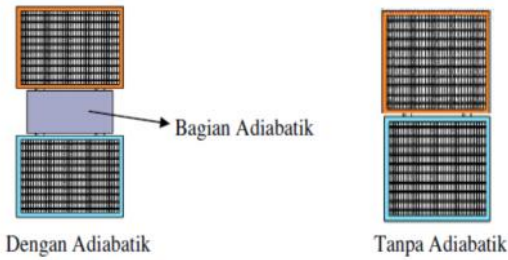
Gambar1. Diagram alir penelitian.

Dalam pengujian ini terdapat 8 titik pengukuran yang diukur temperaturnya yaitu T1 pada kabin, T2 pada heater, T3 pada *heat pipe* evaporator, T4 pada saluran in (evaporator), T5 pada saluran out, T6 pada ducting out, T7 pada *heat pipe* kondensator, T8 pada temperatur lingkungan, dari 8 titik pengukuran ini digunakan untuk mengetahui distribusi pendinginan yang terjadi, dan dari hasil pengujian akan digunakan untuk mengetahui kinerja *heat pipe* terhadap laju pendinginan evaporator W1. Adapun mekanisme pengambilan data ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme pengambilan data sistem HPAC.

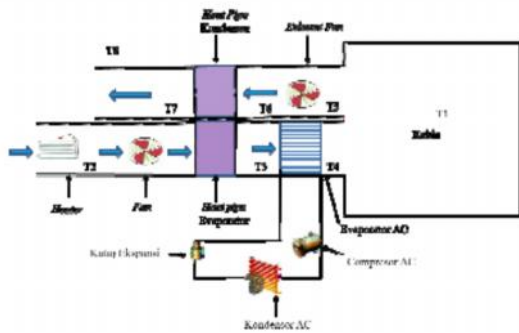
pengujian ini dilakukan dengan bervariasi penggunaan bagian adiabatik *heat pipe*, dengan posisi pemasangan secara vertikal yang ditunjukkan pada gambar 3.



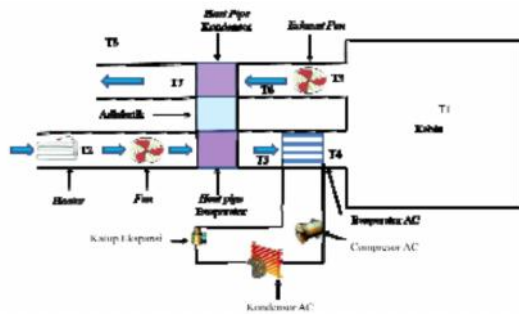
Gambar 3. Perancangan *heat pipe* dengan dan tanpa bagian adiabatik posisi vertikal.

2.2. Skematik Pengujian

Skematik pengujian sistem *Heat Pipe Air Conditioning* (HPAC) dengan dan tanpa bagian adiabatik pada posisi vertikal dengan temperatur setting 20°C, 18°C, 16°C. Skematik alat pengujian dan fenomena kerja yang terjadi pada sistem ditunjukkan pada gambar 4 yang merupakan gambar skematik pengujian sistem HPAC tanpa bagian adiabatik dan gambar 5 merupakan gambar pengujian sistem HPAC dengan menggunakan bagian adiabatik



Gambar 4. Skematik pengujian sistem HPAC tanpa bagian adiabatik



Gambar 5. Skematik pengujian sistem HPAC dengan adiabatik

Keterangan :

- T₁ = Temperatur didalam kabin (°C)
- T₂ = Temperatur heater(°C)
- T₃ = Temperatur *heat pipe* evaporator (°C)
- T₄ = Temperatur saluran in (°C)
- T₅ = Temperatur saluran out (°C)
- T₆ = Temperatur ducting out (°C)
- T₇ = Temperatur *heat pipe* kondensator (°C)
- T₈ = Temperatur lingkungan (°C)
- W₁ = Laju pendinginan Evaporator AC (kW)

2.3. Langkah Pengujian.

- a. Siapkan peralatan dan sistem yang akan digunakan.
- b. Pasang alat ukur pada titik yang sudah ditentukan.
- c. Lakukan pengujian sistem dengan penggunaan *heat pipe* adiabatik dan tanpa bagian adiabatik secara bergantian.
- d. Hidupkan *heater* untuk memanaskan kabin hingga mencapai temperatur 30°C
- e. Lakukan pengujian dengan temperatur setting 20°C, 18°C dan 16°C
- f. Lakukan pengambilan data saat kondisi stedy, ukur kuat arus kompresor dengan tang ampere.
- g. Setelah pengujian selesai rapikan peralatan yang digunakan.
- h. Lakukan analisa dan pengolahan data.

3. Hasil dan Pembahasan.

3.1. Pembahasan

Adapun beberapa kondisi yang diperhatikan dalam proses pengambilan data yaitu kondisi sistem sebelum pengujian, saat pengujian dan setelah pengujian. Kondisi sebelum pengujian yaitu temperatur pada kabin terukur 27°C, temperatur awal pada kabinyang digunakan saat pengujian yaitu 30°C, untuk mencapai temperatur 30°C pada kabin, dipasang *heater* sebagai pemanas udara masuk dan untuk mempercepat tercapainya temperatur kabin.

Tahap pengujian dilakukan dengan variasi penggunaan adiabatik dan tanpa adiabatik dengan posisi pemasangan *heat pipe* secara vertikal pada sistem (HPAC) dengan temperatur yang ingin dicapai pada kabin yaitu temperatur 20°C, 18°C, 16°C, data diambil saat kondisi stedy dan dalam proses pengambilan data, menggunakan software *labview* untuk membaca hasil pengukuran dari *thermocople*, dan software *Origin* untuk pembuatan grafik pendinginan. Setelah pengujian selesai lakukan pengolahan data untuk mengetahui pengaruh penggunaan adiabatik dan tanpa bagian adiabatik *heat pipe* terhadap temperatur udara masuk dan laju pendinginan evaporator.

3.2. Hasil Penelitian.

Dari pengujian sistem HPAC yang telah dilakukan dengan menggunakan *heat pipe* adiabatik dan *heat pipe* tanpa bagian adiabatik pada posisi pemasangan secara vertikal diperoleh beberapa data yang ditunjukkan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Data hasil pengujian sistem HPAC tanpa menggunakan bagian adiabatik.

Temperatur Setting (°C)	Arus Kompresor (A)	Tegangan Kompresor (V)	Waktu (s)	Titik Pengukuran (°C)							
				T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
20°C	1,8	220	683	20	30	29	16	26	27	28	28
18°C	1,9	220	832	18	30	29	14	26	27	28	28
16°C	2	220	2473	16	30	29	12	24	25	27	28

Tabel 2. Data hasil pengujian sistem HPAC dengan menggunakan *heat pipe* adiabatik.

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	436	20	30	28	16	26	27	28	28
18	1,9	220	677	18	30	28	14	25	27	28	28
16	2	220	1746	16	30	28	13	24	25	27	28

Tabel 1 dan table 2 menunjukkan data hasil pengujian yang didapatkan yaitu pada penggunaan *heat pipe* tanpa bagian adiabatik dan *heat pipe* dengan adiabatik. terlihat perbedaan yang sangat signifikan pada kedua data tersebut, dimana penggunaan bagian adiabatik pada *heat pipe* memberikan efisiensi terhadap waktu pendinginan dan penurunan temperatur udara masuk yang ditunjukkan pada data T2 dan T3

3.2.1. Perhitungan laju aliran massa udara

Perhitungan laju aliran massa udara dengan *heat pipe* adiabatik dan *heat pipe* tanpa adiabatik

$$\dot{m} = 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,3 \text{ m/s} \cdot (37,86) \text{ cm}^2$$

$$\dot{m} = 1,2 \cdot \text{kg/m}^3 \cdot 1,3 \text{ m/s} \cdot (0,3182) \text{ m}^2$$

$$\dot{m} = 0,496 \text{ kg/s}$$

3.2.2. Perhitungan laju pendinginan pada sistem HPAC.

Perhitungan laju pendinginan evaporator pada sistem *Heat Pipe Air Conditioning* (HPAC) menggunakan *heat pipe* tanpa bagian adiabatik dan *heat pipe* adiabatik dengan temperatur setting 20°C,18°C,16°C.

$$q_{s \text{ evapor}} = \dot{m} \cdot C_p \cdot (T_3 - T_4) \dots \dots \dots (1)$$

$$= 0,496 \text{ kg/s} \cdot 1,005 \text{ kJ/kg} \cdot K \cdot (29-16) \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 0,496 \text{ kg/s} \cdot 1,005 \text{ kJ/kg} \cdot K \cdot 13 \text{ K}$$

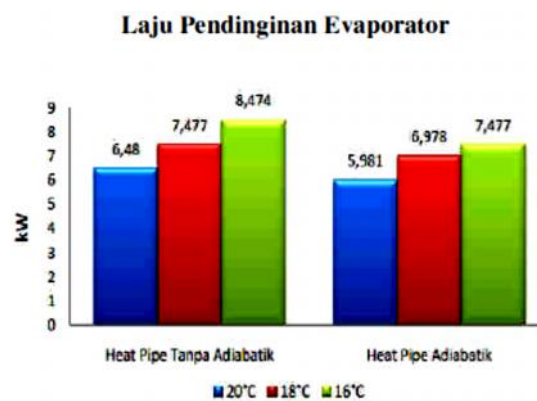
$$= 6,480 \text{ kJ/s} = 6,480 \text{ kW}$$

Karena perhitungan beban pendinginan pada tiap pengujian menggunakan persamaan yang sama, maka dalam laporan ini hanya mencantumkan satu contoh perhitungan saja yaitu perhitungan pada temperatur 20°C dengan *heat pipe* tanpa adiabatik. Hasil perhitungan laju pendinginan pada setiap pengujian dicantumkan dalam tabel 3.

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

Temperatur Setting (°C)	Laju Pendinginan Evaporator (kW)	
	<i>Heat Pipe Tanpa Adiabatik</i>	<i>Heat Pipe Adiabatik</i>
20	6,48	5,981
18	7,477	6,978
16	8,474	7,477

Hasil perhitungan laju pendinginan evaporator, selanjutnya dibandingkan dalam bentuk grafik batang yang ditunjukkan pada gambar 6.

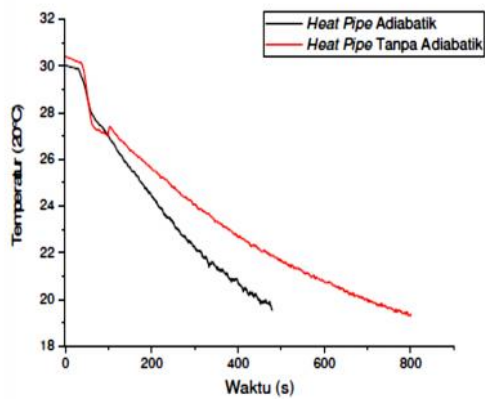


Gambar 6. Grafik batang laju pendinginan evaporator.

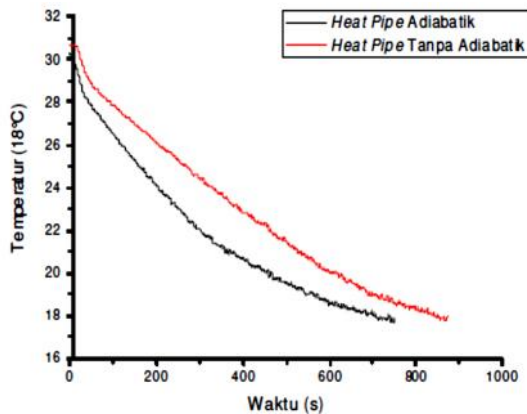
Dari hasil pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan *heat pipe* adiabatik yang diaplikasikan pada sistem AC, dapat membantu meringankan laju pendinginan pada evaporator AC, hal ini dikarenakan adanya bagian adiabatik *heat pipe* yang terisolasi, dimana bagian adiabatik merupakan pembatas antara *heat pipe* evaporator dan *heat pipe* kondensor, sehingga dengan adanya bagian adiabatik dapat memberikan waktu untuk fluida *heat pipe* berubah fase secara sempurna dari cair ke uap maupun sebaliknya.

Pada grafik batang yang ditunjukkan oleh gambar 6, menunjukkan bahwa penggunaan *heat pipe* adiabatik dapat memberikan efisiensi terhadap laju pendinginan evaporator, dimana laju pendinginan yang dihasilkan pada penggunaan *heat pipe adiabatik* sebesar 5,981 kW, 6,978 kW, 7,477 kW

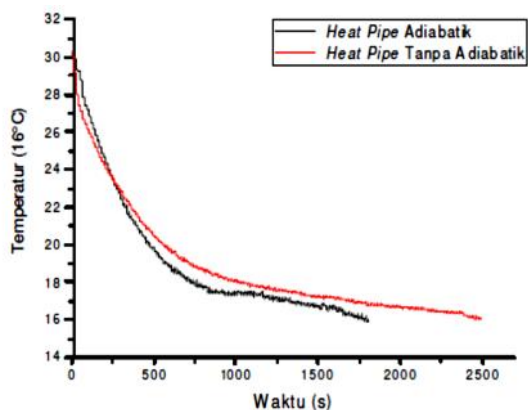
3.3. Grafik perbandingan penggunaan *heat pipe* adiabatik dan *heat pipe* tanpa adiabatik posisi vertikal terhadap distribusi temperatur pada kabin



Gambar 7. Grafik perbandingan penggunaan *heat pipe* adiabatik dan tanpa bagian adiabatik pada temperatur 20°C



Gambar 8. Grafik perbandingan penggunaan *heat pipe* adiabatik dan tanpa bagian adiabatik pada temperatur 18°C



Gambar 9. Grafik perbandingan penggunaan *heat pipe* adiabatik dan tanpa bagian adiabatik pada temperatur 16°C

Dari gambar grafik perbandingan diatas menunjukkan perbedaan waktu dalam mencapai temperatur setting. gambar 7, gambar 8 dan gambar 9, menunjukkan grafik perbandingan penggunaan *heat pipe* adiabatik dan *heat pipe* tanpa bagian adiabatik

dalam mencapai temperatur setting 20°C,18°C,16°C. Dari grafik perbandingan tersebut dapat dilihat perbandingan yang sangat signifikan, garis warna hitam menunjukkan pencapaian waktu pendinginan dengan menggunakan *heat pipe* adiabatik dan garis warna merah menunjukkan waktu pendinginan dengan menggunakan *heat pipe* tanpa bagian adiabatik.

Penggunaan *heat pipe* adiabatik dapat memberikan efisiensi waktu yaitu 436 detik, sedangkan penggunaan *heat pipe* tanpa adiabatik membutuhkan waktu 683 detik untuk mencapai temperatur setting 20°C. untuk mencapai temperatur setting 18°C penggunaan *heat pipe* adiabatik membutuhkan waktu 677 detik, sedangkan penggunaan *heat pipe* tanpa adiabatik membutuhkan waktu 832 detik dan pada temperatur setting 16°C penggunaan *heat pipe* adiabatik juga memberikan efisiensi waktu yaitu 1746 detik, sedangkan penggunaan *heat pipe* tanpa adiabatik membutuhkan waktu pendinginan selama 2476 detik.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan *heat pipe* pada posisi vertikal dengan *heat pipe* adiabatik lebih baik dibandingkan dengan *heat pipe* tanpa bagian adiabatik dalam menurunkan temperatur udara masuk pada evaporator AC. Dimana dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa dengan menggunakan *heat pipe* adiabatik dapat menurunkan temperatur udara masuk sebesar 2°C, sedangkan pada penggunaan *heat pipe* tanpa bagian adiabatik hanya memberikan penurunan temperatur sebesar 1°C.
2. Penggunaan *heat pipe* pada posisi vertikal dengan adiabatik lebih baik dibandingkan dengan tanpa menggunakan bagian adiabatik, dimana laju pendinginan yang dihasilkan pada temperatur setting 16°C dengan *heat pipe* adiabatik yaitu 7,477 kW, dan dengan *heat pipe* tanpa adiabatik yaitu 8,474 kW. Begitu juga pada temperatur setting 20°C dan 18°C dimana penggunaan *heat pipe* adiabatik memberikan efisiensi terhadap laju dan waktu pendinginan evaporator AC.

Daftar Pustaka

- [1] ASHRAE, 1989, *Handbook of Fundamental, Chapter 8: Physiological Principles*, Comfort, and Health, ASHRAE, USA.
- [2] Prasati, Corie Indria, J.Mukono dan Sudarmaji,2005, *Pengaruh Kualitas Udara Dalam Ruangan ber-AC Terhadap Gangguan Kesehatan*. Jurnal Kesehatan Lingkungan Vol 1, No,2. FKM UNAIR.
- [3] Hasibuan, Mherie. 2012, *Jenis Sistem Pengkondisian Udara*, scribd document. Diakses pada 10 maret 2018.

- [4]. Okta, Ashar. 2012, *Pengaruh Penggunaan Sumbu Kapiler Bioterial dan Fluida Kerja Al2O3-AIR Terhadap Pipa Kalor Melingkar*. Skripsi. Fakultas Teknik Departement Teknik Mesin.Depok.
- [5] Gaugler, *R.S. US Patent/ 2350348*.Appl.21 Dec.1942. Published 6 june 1944.

