

Performansi Sistem Pendingin Dengan Penggunaan *In – Line Solid Dry Pad* Sebagai Pendingin Awal Udara Pada Kondensor

I Putu Agus Dhammika, Hendra Wijaksana, Wayan Nata Septiadi
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Sebagai negara tropis Indonesia memiliki temperatur udara berkisar 28° - 35°C , sedangkan kondisi nyaman udara pada suatu bangunan berkisar 22°C - 25°C . Untuk mendapatkan kenyamanan sesuai dengan yang distandarisasi secara internasional tersebut, mendorong penggunaan sistem pendingin AC berbasis kompresor secara luas. Penggunaan sistem pendingin AC tentunya membutuhkan konsumsi daya yang cukup besar selain dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Berangkat dari hal tersebut diatas, telah banyak dilakukan studi untuk mengurangi pemakaian energi listrik pada sistem pendingin berbasis kompresor tersebut. Pada penelitian ini dilakukan usaha peningkatan efisiensi energi pada sistem pendingin AC berbasis kompresor dengan penggunaan *in line Solid Dry Pad (SDP)* sebagai pendingin awal udara masuk kondensor. Penelitian ini menggunakan variasi kecepatan aliran udara yaitu 2.1 m/s, 2.54 m/s, dan 2.94 m/s dengan pencatatan data dilakukan setiap 15 menit selama 1 jam untuk setiap variasi kecepatan aliran udara dimana temperatur awal dalam kabin diatur pada temperatur 30°C . Dimana hasil penelitian menunjukkan daya yang dibutuhkan pada sistem AC dengan menggunakan *in – line solid dry pad* pada variasi kecepatan aliran udara 2.1 m/s, 2.54 m/s, dan 2.94 m/s lebih rendah 0,92 % dibandingkan pengujian tanpa menggunakan SDP. Hasil penelitian juga menunjukkan kapasitas pendinginan dengan menggunakan *in – line solid dry pad* pada variasi kecepatan aliran udara 2.1 m/s, 2.54 m/s, dan 2.94 m/s lebih tinggi 1.01 % dibandingkan pengujian tanpa menggunakan SDP dan kapasitas pelepasan udara panas oleh kondensor 1.46 % lebih tinggi dibandingkan pengujian tanpa menggunakan SDP. COP dengan menggunakan SDP yang diletakkan pada awal udara masuk kondensor lebih tinggi sebesar 1.10% dibandingkan pengujian tanpa menggunakan SDP.

Kata kunci : Air conditioning, *in – line solid dry pad*

Abstract

As a tropical country, Indonesia has air temperatures around 28° - 35°C , while the comfortable air conditions in a building range from 22°C - 25°C . To get comfort in accordance with the internationally standardized, encourage the use of a compressor-based air conditioning system widely. The use of an AC cooling system certainly requires considerable power consumption in addition to the environmental impacts it causes. Departing from the above, there have been many studies conducted to reduce the use of electrical energy in the compressor-based cooling system. In this research an attempt was made to increase energy efficiency in a compressor-based air conditioning cooling system by using the *Solid Dry Pad (SDP)* line as an initial cooler for condenser air intake. This study uses variations in air flow velocity of 2.1 m / s, 2.54 m / s, and 2.94 m / s with data recording carried out every 15 minutes for 1 hour for each variation of air flow velocity where the initial temperature in the cabin is set at a temperature of 30°C . Where the results of the study showed the power needed in the AC system by using *in-line solid dry pad* at a variation of air flow velocity of 2.1 m / s, 2.54 m / s, and 2.94 m / s lower 0.92% compared to testing without using SDP. The results also showed cooling capacity using *in-line solid dry pad* at variations in air flow velocity of 2.1 m / s, 2.54 m / s, and 2.94 m / s 1.01% higher compared to testing without using SDP and the capacity to release hot air by the condenser 1.46% higher than testing without using SDP. COP using SDP placed at the beginning of the condenser air intake is higher by 1.10% compared to testing without using SDP.

Keywords: Air conditioning, *in – line solid dry pad*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis serta memiliki temperatur udara berkisar 28° sampai dengan 35°C , sedangkan kondisi nyaman udara pada suatu bangunan temperatur 22°C sampai dengan 25°C dengan kelembaban relatif udara [1]. Untuk mendapatkan kenyamanan sesuai dengan yang distandarisasi secara internasional tersebut, diperlukan suatu sistem pendingin. Secara umum untuk pendinginan ruangan kebanyakan menggunakan sistem pendingin berbasis kompresor atau sistem pendingin siklus kompresi uap. Diketahui pula penggunaan sistem pendingin siklus kompresi uap ini membutuhkan energi listrik yang cukup besar dan juga dengan penggunaan refrigerant yang tidak

ramah lingkungan akan mengakibatkan adanya pemanasan global.

Berangkat dari hal tersebut diatas, telah banyak dilakukan studi untuk mengurangi pemakaian energi listrik pada sistem pendingin berbasis kompresor tersebut. Dalam penelitian ini akan diuji penggunaan *Solid Dry Pad (SDP)* berbahan dasar *dry ice* sebagai material pendingin pada sisi udara masuk kondensor. Susunan SDP yang digunakan adalah *in-line* SDP dimana dengan penggunaan SDP pada sisi udara masuk kondensor, diharapkan dapat meringankan kerja kompresor dengan mengurangi beban pelepasan panas oleh kondensor.

Dalam penelitian ini masalah yang akan dibahas, yaitu bagaimana performansi sistem pendingin dengan penggunaan SDP yang tersusun *in-line*

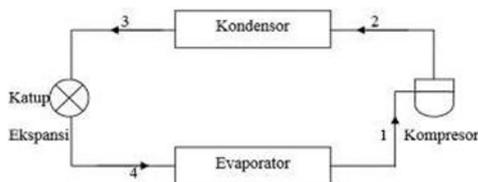
sebagai pendingin udara masuk kondensator terhadap variasi kecepatan aliran udara.

Adapun beberapa batasan yang dalam penelitian ini, yaitu :

1. Waktu pengujian dilakukan selama 1 jam.
2. Temperatur awal ruangan diatur pada 30°C.
3. Ruangan yang didinginkan dianggap terisolasi sempurna.
4. Semua performansi AC didapat secara experimental.

2. Dasar Teori

Pada dasarnya prinsip kerja Air Conditioner (AC) sama dengan refrigerasi, namun Air Conditioner (AC) tidak berfungsi sebagai pendingin saja, tetapi harus dapat menghasilkan udara nyaman. Hal ini dilakukan dengan jalan pengontrolan terhadap kondisi fisika dan kimiawi udara yang meliputi suhu, kelembaban, gerakan udara, tekanan udara, debu, bakteri, bau, gas beracun dan ionisasi.



Gambar 1. Cara Kerja AC

Gambar 1. Secara garis besar prinsip kerja AC adalah penyerapan panas oleh evaporator, pemompaan panas oleh kompresor, pelepasan panas oleh kondensator serta proses ekspansi.



Gambar 2. Distribusi Aliran Udara Dengan Menggunakan In – Line SDP pada Kondensator

Gambar 2. Merupakan distribusi aliran udara pada kondensator dengan menggunakan in – line SDP yang diletakkan pada awal udara masuk kondensator. Dimana laju aliran udara dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{evaporator/kondensator} = \dot{m} \cdot CP \cdot \Delta T \quad (1)$$

Dimana :

$Q_{evaporator/kondensator}$ = Laju aliran kalor (kJ/s)

\dot{m} = Laju aliran massa udara (kg/s)

CP = Panas spesifik ($kJ/kg K$)

ΔT = Temperatur Udara ($^{\circ}C$)

Untuk mencari konsumsi daya dapat menggunakan persamaan :

$$P = V \cdot I \cdot Cos\phi \quad (2)$$

Dimana :

P = Daya Listrik (W)

V = Tegangan Listrik (V) = 220 V

I = Arus Listrik (A)

Ada beberapa macam diagram yang digunakan dalam praktek teknik pengkondisian udara, namun salah satu yang sering digunakan dan melingkupi banyak sifat udara adalah psychrometric chart, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$COP_{Evaporator} = \frac{q_{evap}}{W_{total}} \quad (3)$$

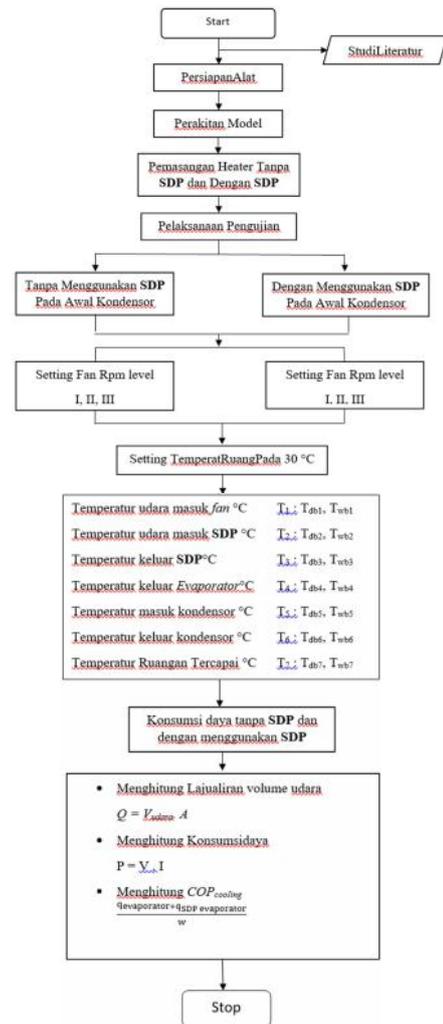
Dimana :

$Q_{Evaporator}$ = Kapasitas pendinginan evaporator (kJ/s)

$Q_{SDP Evaporator}$ = Kapasitas pendinginan SDP evaporator (kJ/s)

W_{Total} = Daya Total (kW)

3. Metode Penelitian

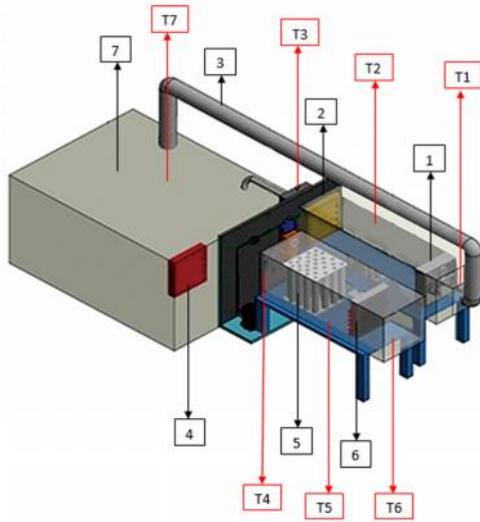


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Gambar 3. Merupakan diagram alir penelitian, adapun langkah – langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat dan bahan / dilakukan pengkalibrasian alat uji
2. Pemasangan heater tanpa menggunakan SDP dan dengan menggunakan SDP
3. Setting fan pada setiap variasi kecepatan aliran udara V_1 , V_2 , dan V_3
4. Mengatur temperatur dalam kabin mencapai 30°C
5. Pelaksanaan pengujian dengan SDP dan Tanpa SDP

6. Pencatatan data
7. Analisa data
8. Penarikan kesimpulan



Gambar 4. Rancangan sistem pendingin dengan *in – line solid dry pad*

Gambar 4. Merupakan rancangan sistem pendingin dengan menggunakan *in – line solid dry pad* yang diletakkan pada awal udara masuk kondensor. Adapun keterangannya sebagai berikut :

1. Kipas
2. Evaporator
3. Pipa saluran udara
4. Heater / Pemanas
5. *In – solid dry pad*
6. Kondensor
7. Kabin

Berikut merupakan penempatan alat ukur/ *thermometer digital* pada rancangan sistem pendingin dengan menggunakan *in – line solid dry pad*.

- T1=Temperatur udara masuk sebelum fan/kipas
- T2 = Temperatur udara keluar fan/
Temperatur udara sebelum evaporator
- T3= Temperatur udara keluar evaporator
- T4= Temperatur udara sebelum SDP
- T5 = Temperatur udara keluar SDP/
Temperatur udara sebelum kondensor
- T6 = Temperatur udara keluar kondensor
- T7 = Temperatur udara yang tercapai

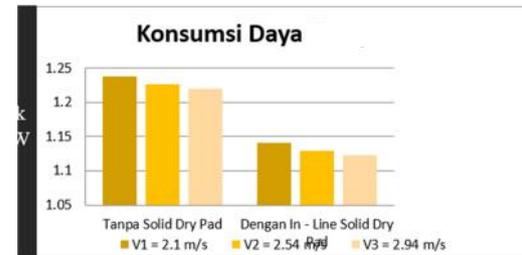
4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Konsumsi Daya Total Dengan Menggunakan *In – Line* SDP dan Tanpa Menggunakan *In – Line* SDP

Dari hasil perhitungan konsumsi daya total dengan menggunakan *in – line* SDP dan tanpa menggunakan *in – line* SDP dapat diplotkan kedalam grafik sebagai berikut.

Tabel 1. Tabel hasil perhitungan konsumsi daya total dengan menggunakan *in – line* SDP dan Tanpa menggunakan *in – line* SDP

NO.	Variasi Kecepatan Aliran Udara (m/s)	Konsumsi Daya Tanpa SDP (kW)	Konsumsi Daya Dengan SDP (kW)
1	$V_1 = 2,1$	1.2379	1.1407
2	$V_2 = 2,54$	1.2267	1.1294
3	$V_3 = 2,94$	1.2192	1.122



Gambar 5. Grafik hasil perhitungan konsumsi daya total dengan menggunakan *in – line* SDP dan Tanpa menggunakan *in – line* SDP

Gambar 5. Merupakan perbandingan konsumsi daya total dari hasil pengujian dengan menggunakan *in – line solid dry pad* dan tanpa menggunakan *in – line solid dry pad* pada variasi kecepatan aliran udara $V_1 = 2.1 \text{ m/s}$, $V_2 = 2.54 \text{ m/s}$, dan $V_3 = 2.94 \text{ m/s}$. Konsumsi daya dengan menggunakan *in – line solid dry pad* yang diletakkan pada awal udara masuk kondensor lebih rendah 0.92 %, dibandingkan konsumsi daya tanpa menggunakan *in – line solid dry pad*. Hal tersebut dikarenakan udara panas yang akan dilepaskan oleh kondensor akan didinginkan terlebih dahulu saat melewati sela – sela *in – line* SDP. Sehingga kerja kondensor untuk melepaskan udara panas akan berkurang. Tentunya dengan berkurangnya kerja kondensor akan berpengaruh terhadap konsumsi daya yang dibutuhkan sistem pendingin tersebut.

4.2. Kapasitas Pendinginan dan Kapasitas Pelepasan Kalor Dengan Menggunakan *In – Line* SDP dan Tanpa Menggunakan *In – Line* SDP

Berdasarkan hasil perhitungan kapasitas pendinginan dan kapasitas pelepasan kalor dengan menggunakan *in – line* SDP dan tanpa menggunakan *in – line* SDP dapat diplotkan kedalam tabel dan grafik sebagai berikut.

Tabel 2. Tabel kapasitas pendinginan dengan menggunakan *in – line* SDP dan tanpa menggunakan *in – line* SDP

No.	Variasi Kecepatan Udara (m/s)	$Q_{\text{Evaporator Tanpa SDP}}(kJ/s)$	$Q_{\text{Evaporator Dengan SDP}}(kJ/s)$
1	$V_1 = 2,1$	1.2712	1.2891
2	$V_2 = 2,54$	1.5816	1.6050
3	$V_3 = 2,94$	1.8883	1.9074

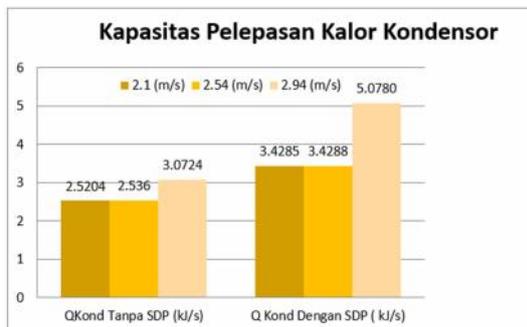


Gambar 6. Gambar kapasitas pendinginan dengan menggunakan *in – line* SDP dan tanpa menggunakan *in – line* SDP

Dari grafik diatas menunjukan perbandingan kapasitas pendinginan dengan menggunakan *in – line* SDP dan tanpa menggunakan *in – line* SDP pada variasi kecepatan aliran udara $V_1 = 2.1 \text{ m/s}$, $V_2 = 2.54 \text{ m/s}$, dan $V_3 = 2.94 \text{ m/s}$. Kapasitas pendinginan dengan menggunakan *in – line* SDP lebih tinggi 1.01% dibandingkan kapasitas pendinginan tanpa menggunakan *in – line* SDP.

Tabel 3. Tabel kapasitas pelepasan kalor dengan menggunakan *in – line* SDP dan tanpa menggunakan *in – line* SDP

No.	Variasi Kecepatan Udara (m/s)	Q _{Kondensor} Tanpa SDP (kJ/s)	Q _{Kondensor} Dengan SDP (kJ/s)
1	2,1	2.5204	3.4285
2	2,54	2.5360	3.4288
3	2,94	3.0724	5.078



Gambar 7. Gambar kapasitas pelepasan kalo dengan menggunakan *in – line* SDP dan tanpa menggunakan *in – line* SDP

Gambar 7. menunjukan perbandingan kapasitas pelepasan kalor dengan menggunakan *in – line* SDP dan tanpa menggunakan *in – line* SDP pada variasi kecepatan aliran udara $V_1 = 2.1 \text{ m/s}$, $V_2 = 2.54 \text{ m/s}$, dan $V_3 = 2.94 \text{ m/s}$. Kapasitas pendinginan dengan menggunakan *in – line* SDP lebih tinggi 1.46 % dibandingkan kapasitas pendinginan tanpa menggunakan *in – line* SDP.

Penggunaan *in – line solid dry pad* yang diletakkan pada awal kondensor dapat membantu meningkatkan kapasitas pendinginan dan pelepasan kalor dari sistem pendingin. Hal tersebut dikarenakan udara panas yang dilepaskan kondensor akan didinginkan terlebih dahulu oleh *in – line* SDP sehingga udara panas yang dilepaskan oleh

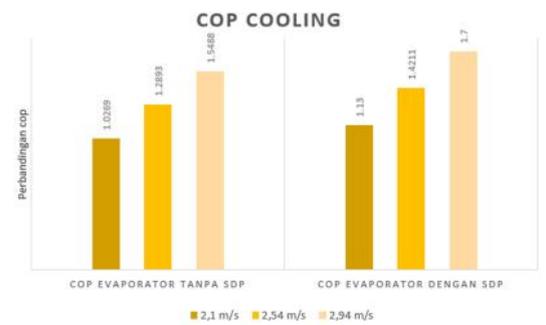
kondensor dapat meningkat. Sehingga temperatur dalam kabin akan lebih cepat dingin yang menyebabkan kerja evaporator dalam mendinginkan udara meningkat.

4.3. Coefficient Of Performance

Koefisien prestasi dari sistem refrigerasi adalah perbandingan antara kalor yang diserap dari ruang pendingin (efek refrigerasi) dan ditambahkan kapasitas pendinginan yang diberikan oleh *in – line solid dry pad* dengan kerja yang dilakukan kompresor [2]. Dari hasil perhitungan COP dapat ditunjukkan grafik dibawah ini.

Tabel 4. Tabel hasil perhitungan COP dengan menggunakan *in – line* SDP dan tanpa menggunakan *in – line* SDP

No.	Variasi Kecepatan Udara (m/s)	COP _{Evaporator} Tanpa SDP	COP _{Evaporator} Dengan SDP
1	2,1	1.0269	1.1300
2	2,54	1.2893	1.4211
3	2,94	1.5488	1.7



Gambar 8. Grafik perbandingan COP dengan menggunakan *in – line* SDP dan tanpa menggunakan *in – line* SDP

Gambar diatas merupakan perbandingan COP dengan menggunakan *in – line* SDP dan tanpa menggunakan *in – line* SDP pada variasi kecepatan aliran udara $V_1 = 2.1 \text{ m/s}$, $V_2 = 2.54 \text{ m/s}$, dan $V_3 = 2.94 \text{ m/s}$. COP dengan menggunakan *in – line solid dry pad* lebih tinggi 1.10 % dibanding COP tanpa menggunakan *in – line* SDP. Hal tersebut dikarenakan SDP membantu mengurangi kinerja dari evaporator dan kondensor sehingga udara yang tersirkulasi lebih cepat dingin dibandingkan sistem pendingin tanpa menggunakan SDP.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan :

1. Konsumsi daya total yang dibutuhkan tanpa menggunakan SDP pada kecepatan aliran udara $V_1 = 2.1 \text{ m/s}$ sebesar 1.2379 kW, $V_2 = 2.54 \text{ m/s}$ sebesar 1.2267 kW, dan $V_3 = 2.94 \text{ m/s}$ sebesar 1.2192 kW. Sedangkan konsumsi daya total yang dibutuhkan dengan menggunakan SDP pada kecepatan aliran udara $V_1 = 2.1 \text{ m/s}$ sebesar 1.1407 kW, $V_2 = 2.54 \text{ m/s}$ sebesar 1.1294 kW, dan $V_3 = 2.94$

m/s sebesar 1.122 kW. Jadi penggunaan in – line solid dry pad yang diletakkan pada awal udara masuk kondensor dapat membantu mengurangi konsumsi daya yang dibutuhkan dari sistem AC tersebut sebesar 0.92%.

2. Kapasitas pendinginan tanpa menggunakan SDP pada kecepatan aliran udara $V1 = 2.1$ m/s sebesar 1.2712 kJ/s, $V2 = 2.54$ m/s sebesar 1.5816 kJ/s, dan $V3 = 2.94$ m/s sebesar 1.8883 kJ/s. Sedangkan kapasitas pendinginan dengan menggunakan SDP yang diletakkan pada awal udara masuk kondensor pada kecepatan aliran udara $V1 = 2.1$ m/s sebesar 1.2891 kJ/s, $V2 = 2.54$ m/s sebesar 1.6050 kJ/s, dan $V3 = 2.94$ m/s sebesar 1.9074 kJ/s. Jadi penggunaan in – line solid dry pad yang diletakkan pada awal udara masuk kondensor dapat membantu meningkatkan kapasitas pendinginan dari sistem AC tersebut sebesar 1.01%.
3. Kapasitas pelepasan kalor tanpa menggunakan SDP pada kecepatan aliran udara $V1 = 2.1$ m/s sebesar 2.5204 kJ/s, $V2 = 2.54$ m/s sebesar 2.5360 kJ/s, dan $V3 = 2.94$ m/s sebesar 3.0724 kJ/s. Sedangkan kapasitas pendinginan dengan menggunakan SDP yang diletakkan pada awal udara masuk kondensor pada kecepatan aliran udara $V1 = 2.1$ m/s sebesar 3.4285 kJ/s, $V2 = 2.54$ m/s sebesar 3.4288 kJ/s, dan $V3 = 2.94$ m/s sebesar 5.078 kJ/s. Jadi penggunaan in – line solid dry pad yang diletakkan pada awal udara masuk kondensor dapat membantu meningkatkan kapasitas pendinginan dari sistem AC tersebut sebesar 1.46%.
4. COP tanpa menggunakan SDP pada kecepatan aliran udara $V1 = 2.1$ m/s sebesar 1.0269 kJ/s, $V2 = 2.54$ m/s sebesar 1.2893 kJ/s, dan $V3 = 2.94$ m/s sebesar 1.5488 kJ/s. Sedangkan COP dengan menggunakan SDP yang diletakkan pada awal udara masuk kondensor pada kecepatan aliran udara $V1 = 2.1$ m/s sebesar 1.1300 kJ/s, $V2 = 2.54$ m/s sebesar 1.4211 kJ/s, dan $V3 = 2.94$ m/s sebesar 1.7 kJ/s. Jadi penggunaan in – line solid dry pad yang diletakkan pada awal udara masuk kondensor dapat membantu meningkatkan COP dari sistem AC tersebut sebesar 1.10%.

Daftar Pustaka

- [1] Baharuddin, Rahim, Ramli, Ishak, M.T., Amin, S., 2014, *Pengaruh Faktor Lingkungan Termal Terhadap Kenyamanan Termal Pengguna Di Dalam Ruang Kelas*, Laporan Akhir Kompetisi Internal Berbasis Unggulan Program Studi, Jurusan Arsitektur, FT, Unhas
- [2] Arora C.P., 1981, *Refrigeration and Air Conditioning*, Tata McGraw-Hill Publishing Company, New Delhi



I Putu Agus Dhammika menyelesaikan studi program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2015 sampai 2020. Ia menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian Performansi Sistem Pendingin In – Line SDP Sebagai Pendingin Awal Pada Kondensor.