

Performansi Sistem Pendingin *In – Line* SDP Sebagai Pendingin Awal Pada Evaporator Dan Kondensor

Kadek Budi Arbawa, Hendra Wijaksana, Wayan Nata Septiadi
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Penggunaan sistem AC yang berbasis kompresor secara luas tentunya akan membutuhkan konsumsi energi listrik yang cukup tinggi, sehingga dilakukan usaha peningkatan efisiensi energi pada sistem pendingin AC berbasis kompresor dengan penggunaan *in line Solid Dry Pad (SDP)* sebagai pendingin awal udara masuk evaporator dan 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 dalam kabin diatur pada temperatur 30 °C. Dimana hasil penelitian menunjukkan daya yang dibutuhkan kompresor pada pengujian menggunakan SDP dengan variasi kecepatan aliran udara 2,1 m/s sebesar 1,2529 kW, pada variasi kecepatan aliran udara 2,54 m/s sebesar 1,2342 kW, dan pada variasi kecepatan aliran udara 2,94 m/s sebesar 1,2155 kW. Hasil penelitian juga menunjukkan kapasitas pendinginan dengan menggunakan *in – line solid dry pad* yang diletakkan pada awal udara masuk evaporator dan awal udara masuk kondensor pada variasi kecepatan aliran udara 2,1 m/s, 2,54 m/s, dan 2,94 m/s lebih rendah 1,24 %, 1,25 %, dan 1,25 % dibandingkan pengujian tanpa menggunakan SDP dan kapasitas pelepasan udara panas oleh kondensor 1,55 %, 1,65 %, dan 1,50 % lebih tinggi dibandingkan pengujian tanpa menggunakan SDP.

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

Abstract

The use of a compressor-based AC system widely will certainly require a high enough electrical energy consumption, so efforts are made to improve energy efficiency in the compressor-based AC cooling system with the use of a Solid Dry Pad (SDP) line as an initial cooler of air entering the evaporator and condenser. 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 temperature in the cabin is set at a temperature of 30 °C. Where the results of the study show the power needed by the compressor on testing using SDP with a variation of air flow velocity of 2.1 m / s at 1.2529 kW, at a variation of air flow velocity of 2.54 m / s at 1.2342 kW, and at variations in speed 2.94 m / s air flow of 1.2155 kW. The results also showed cooling capacity by using an *in-line solid dry pad* placed at the beginning of the evaporator air intake and the beginning of the condenser air intake at variations in air flow velocity of 2.1 m / s, 2.54 m / s, and 2.94 m / s lower 1.24%, 1.25%, and 1.25% compared to testing without using SDP and the capacity of hot air release by the condenser 1.55%, 1.65%, and 1.50% higher than the test 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°-35°C, sedangkan kondisi nyaman udara pada suatu bangunan temperatur 22°C-25°C dengan kelembaban relatif udara [1]. Dengan demikian untuk mencapai kondisi nyaman tersebut diperlukan suatu sistem pendingin, hal ini mendorong penggunaan sistem pendingin AC yang berbasis kompresor secara luas. Penggunaan sistem AC tersebut tentunya akan membutuhkan konsumsi energi listrik yang cukup tinggi, disamping dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Berdasarkan hal tersebut diatas, maka dalam penelitian ini akan dilakukan usaha peningkatan efisiensi energi pada sistem pendingin AC berbasis kompresor dengan penggunaan *in - line solid dry pad (SDP)* sebagai pendingin awal udara masuk evaporator dan kondensor. Dengan pendinginan awal oleh SDP ini pada sisi udara masuk evaporator diharapkan mampu mengurangi kapasitas panas yang harus diserap atau didinginkan oleh

evaporator, sehingga mampu nantinya mengurangi kerja kompresor. Sedangkan penggunaan SDP pada sisi masuk kondensor, diharapkan nantinya dapat mengurangi beban pelepasan panas yang harus dilakukan oleh kondensor, karena kondensor didinginkan dengan suhu udara masuk yang lebih rendah daripada kondensor tanpa SDP. engetahui performansi sistem pendingin dengan penggunaan SDP yang tersusun *in-line* sebagai pendingin awal udara masuk evaporator dan masuk kondensor pada variasi kecepatan aliran udara

Dalam hal ini maka permasalahan yang akan dikaji, yaitu: bagaimana performansi sistem pendingin dengan penggunaan SDP yang tersusun *in-line* sebagai pendingin awal udara masuk evaporator dan masuk kondensor dengan variasi kecepatan aliran udara?

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

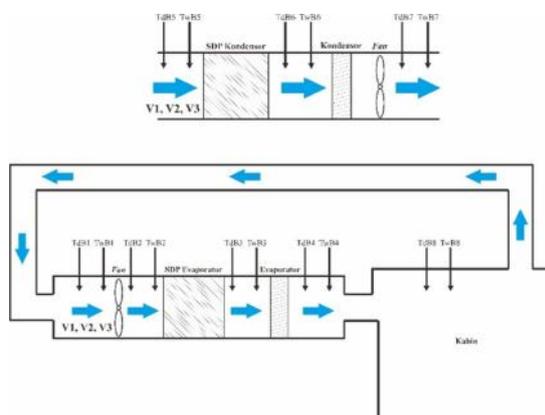
1. Waktu pengujian dilakukan selama 1 jam.
2. Temperatur awal ruangan diatur pada T=30 °C.

3. Ruang yang didinginkan dianggap terisolasi sempurna.
4. Semua performansi AC didapat secara experimental dari sisi udara.
5. SDP yang digunakan berbahan dasar Dry Ice yang sering dijual dipasaran.

2. Dasar Teori

Sebelum melakukan pengujian kinerja mesin dan performa sistem pendingin dengan solid dry pad awal udara evaporator dan kondensor dengan dilakukan sebuah langkah pemeriksaan pada mesin tersebut dan melakukan kalibrasi pada alat ukur agar dapat memperoleh hasil yang akurat. Pemeriksaan kondisi alat dan bahan bertujuan untuk menjaga keselamatan kerja pada saat melakukan pengujian dan pengambilan data. Ukuran kabin panjang 200 cm, lebar 120 cm, dan tinggi 120 cm.

Aliran udara pada alat pengujian yang digunakan ditunjukkan dalam gambar di bawah ini.



Gambar 1. Skematik diagram penelitian

Gambar 1 merupakan skematik distribusi aliran udara pada evaporator dan kondensator, dimana *in-line solid dry pad* diletakan pada awal udara masuk evaporator dan kondensator. Jika distribusi aliran udara dianggap terisolasi sempurna, persamaan yang digunakan untuk mencari laju aliran kalor pada evaporator dan kondensator yaitu [2] :

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

$q_{\text{evaporator/kondensator}}$ = Laju aliran kalor (kJ/s)

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

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

Untuk laju aliran massa udara harus dimasukkan dalam persamaan (1) di atas. Maka untuk mencari laju aliran massa udara digunakan persamaan :

$$\dot{m} = \rho_{\text{Udara}} \cdot A \cdot V_{\text{udara}} \quad (2)$$

$$\dot{m} = \rho_{\text{Udara}} \cdot Q \quad (3)$$

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

ρ_{Udara} = Massa jenis udara (kg/m^3)

A = Luas penampang saluran udara evap (m^2)

V_{udara} = Kecepatan udara (m/s)

Q = Laju aliran volume udara (m^3/s)

Koefisien prestasi dari sistem refrigerasi adalah perbandingan antara kalor yang diserap dari ruang pendingin (efek refrigerasi) [3] dan ditambahkan

kapasitas pendinginan yang diberikan oleh *in-line solid dry pad* dengan kerja yang dilakukan kompresor. Koefisien prestasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$COP_{\text{evaporator}} = \frac{q_{\text{evap}} + q_{\text{SDPevap}}}{w_{\text{total}}} \quad (4)$$

COP = Coefficient of performance (kJ/s)

q_{evap} = Kapasitas pendinginan evap (kJ/s)

$q_{\text{sdp evap}}$ = Kapasitas pendinginan SDP evap (kJ/s)

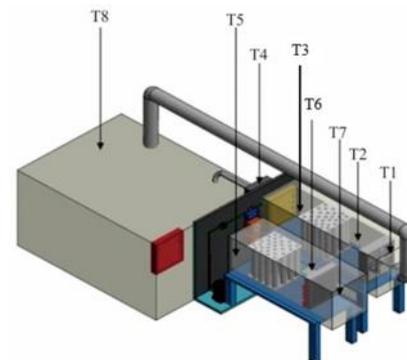
W_{total} = Daya total (kJ/s)

3. Metode Penelitian

Penelitian dan pengujian performansi sistem AC dengan penggunaan *in-line solid dry pad* ini mempergunakan peralatan dan bahan sebagai berikut:

1. *Air conditioning* (*air conditioning* yang digunakan adalah *air conditioning* yang sudah ada di Lab Konversi Energi Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana)
2. *In-line solid dry pad* (penempatan *dry ice*)
3. *Thermometer* digital (mengukur temperature pada alat pengujian)
4. *Anemometer* digital (mengukur kecepatan aliran udara)
5. *Clamp meter* (mengukur arus *ampere*)
6. *Stop watch* (mencatat waktu selama pengujian)
7. *Dry ice* (es kering)
8. *Heater* (mengatur temperatur awal ruangan/kabin)

Gambar 1 menunjukkan pengujian dengan menggunakan *in-line solid dry pad* secara skematik dan menunjukan penempatan alat ukur *thermometer* digital untuk pengambilan data temperatur.



Gambar 2. Skematik pengujian dengan menggunakan *in-line solid dry pad*

Keterangan :

T1 = Temperatur udara masuk fan

T2 = Temperatur masuk SDP (Evaporator)

T3 = Temperatur masuk evaporator/Temperatur keluar SDP (Evaporator)

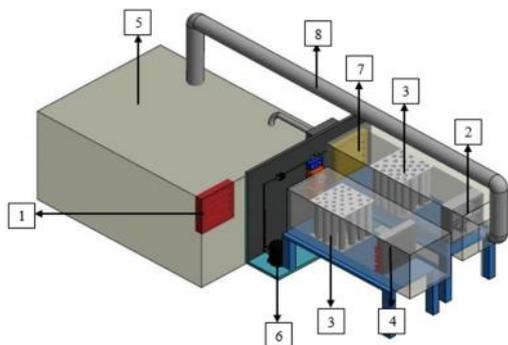
T4 = Temperatur keluar evaporator

T5 = Temperatur masuk SDP (Kondensator)

T6 = Temperatur masuk kondensator/temperatur keluar SDP (Kondensator)

T7 = Temperatur keluar kondensator

T8 = Temperatur ruangan tercapai



Gambar 3. Rancangan sistem pendingin dengan menggunakan in – line solid dry pad

Keterangan:

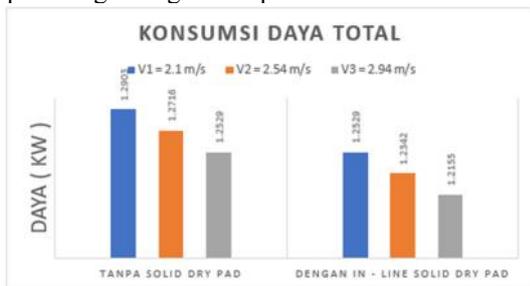
1. Heater
2. Fan
3. Solid Dry Pad
4. Kondensator
5. Kabin
6. Kompresor
7. Evaporator
8. Saluran udara masuk

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Kecepatan aliran udara dan konsumsi daya tanpa menggunakan in – line solid dry pad dan dengan menggunakan in – line solid dry pad

Dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan *anemometer* digital yang ambil pada lima titik maka didapatkan rata-rata variasi kecepatan aliran udara $V_1 = 2.1 \text{ m/s}$, $V_2 = 2.54 \text{ m/s}$, dan $V_3 = 2.94 \text{ m/s}$.

Berdasarkan perhitungan konsumsi daya, kapasitas laju aliran kalor evaporator, kapasitas laju aliran kalor kondensator, dan COP evaporator dapat diplotkan grafik-grafik seperti di bawah ini.



Gambar 4. Grafik perbandingan konsumsi daya tanpa menggunakan in–line solid dry pad dan dengan menggunakan in–line solid dry pad

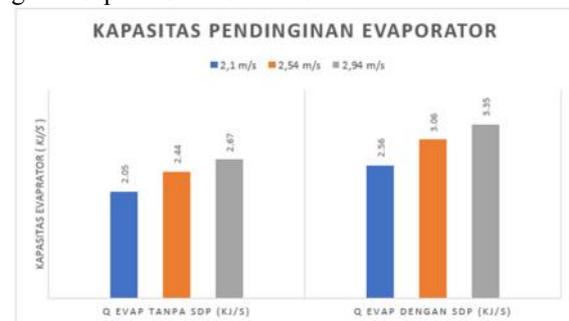
Dari grafik perbandingan konsumsi daya tanpa menggunakan in–line solid dry pad dan dengan menggunakan in–line solid dry pad. Konsumsi daya tanpa menggunakan in–line SDP pada kecepatan aliran udara $V_1=2.1 \text{ m/s}$ sebesar 1.2903 kW sedangkan konsumsi daya dengan menggunakan in –

line SDP sebesar 1.2529 kW . Konsumsi daya tanpa menggunakan in–line SDP pada kecepatan aliran udara $V_2 = 2.54 \text{ m/s}$ sebesar 1.2716 kW sedangkan konsumsi daya dengan menggunakan in–line SDP sebesar 1.2342 kW . Konsumsi daya tanpa menggunakan in–line SDP pada kecepatan aliran udara $V_3 = 2.94 \text{ m/s}$ sebesar 1.2529 kW sedangkan konsumsi daya dengan menggunakan in–line SDP sebesar 1.2155 kW .

Jadi perbandingan konsumsi daya tanpa menggunakan in–line SDP dan dengan menggunakan in–line SDP yaitu, pada kecepatan aliran udara $V_1, V_2,$ dan V_3 lebih rendah sebesar 0.97 %. Jadi penggunaan in – line solid dry pad yang diletakkan pada awal udara masuk evaporator dan kondensator dapat menurunkan konsumsi daya yang dibutuhkan sistem AC, karena udara didinginkan terlebih dahulu oleh in – line SDP ini sebelum udara tersebut melewati evaporator dan kondensator. Sehingga kerja yang dibutuhkan evaporator dan kondensator berkurang dan konsumsi daya yang diperlukan lebih sedikit dibandingkan tanpa menggunakan in – line solid dry pad.

4.2. Kapasitas laju aliran kalor pada evaporator dan kondensator

Berdasarkan hasil perhitungan laju aliran kalor pada evaporator tanpa menggunakan in–line SDP dan dengan menggunakan in–line SDP didapatkan grafik seperti Gambar 5 di bawah ini :



Gambar 5. Grafik perbandingan kapasitas laju aliran kalor pada evaporator tanpa menggunakan in – line solid dry pad dan dengan menggunakan in – line solid dry pad

Dari grafik perbandingan kapasitas laju aliran kalor pada evaporator tanpa menggunakan in–line solid dry pad dan dengan menggunakan in–line solid dry pad. Kapasitas laju aliran kalor pada evaporator tanpa menggunakan in–line SDP pada kecepatan aliran udara $V_1= 2.1 \text{ m/s}$ sebesar 2.05 kJ/s sedangkan kapasitas laju aliran kalor pada evaporator dengan menggunakan in–line SDP sebesar 2.36 kJ/s . Kapasitas laju aliran kalor pada evaporator tanpa menggunakan in–line SDP pada kecepatan aliran udara $V_2 = 2.54 \text{ m/s}$ sebesar 2.44 kJ/s sedangkan kapasitas laju aliran kalor pada evaporator dengan menggunakan in–line SDP sebesar 3.06 kJ/s . Kapasitas laju aliran kalor pada evaporator tanpa menggunakan in–line SDP pada kecepatan aliran udara $V_3 = 2.94 \text{ m/s}$ sebesar 2.67 kJ/s sedangkan

kapasitas laju aliran kalor pada evaporator dengan menggunakan *in-line* SDP sebesar 3.35 kJ/s.

Jadi perbandingan kapasitas laju aliran kalor pada evaporator tanpa menggunakan *in-line* SDP dan dengan menggunakan *in-line* SDP yaitu, pada kecepatan aliran udara V_1 , V_2 , dan V_3 lebih rendah sebesar 1.24 %, 1.25 %, dan 1.25 % .



Gambar 6. Grafik perbandingan kapasitas laju aliran kalor pada kondensor tanpa menggunakan *in-line solid dry pad* dan dengan menggunakan *in-line solid dry pad*

Dari grafik perbandingan kapasitas laju aliran kalor pada kondensor tanpa menggunakan *in-line solid dry pad* dan dengan menggunakan *in-line solid dry pad*. Kapasitas laju aliran kalor pada kondensor tanpa menggunakan *in-line* SDP pada kecepatan aliran udara $V_1=2.1$ m/s sebesar 2.09 kJ/s sedangkan kapasitas laju aliran kalor pada kondensor dengan menggunakan *in-line* SDP sebesar 3.26 kJ/s. Kapasitas laju aliran kalor pada kondensor tanpa menggunakan *in-line* SDP pada kecepatan aliran udara $V_2=2.54$ m/s sebesar 2.53 kJ/s sedangkan kapasitas laju aliran kalor pada evaporator dengan menggunakan *in-line* SDP sebesar 4.19 kJ/s. Kapasitas laju aliran kalor pada evaporator tanpa menggunakan *in-line* SDP pada kecepatan aliran udara $V_3=2.94$ m/s sebesar 3.07 kJ/s sedangkan kapasitas laju aliran kalor pada evaporator dengan menggunakan *in-line* SDP sebesar 4.61 kJ/s.

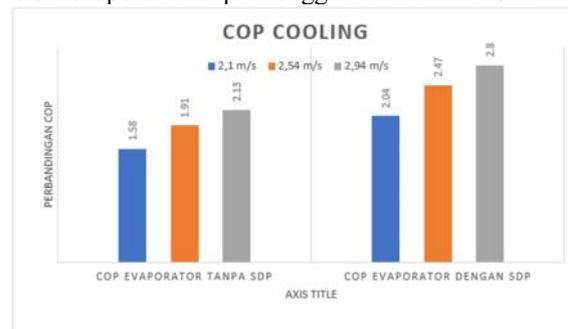
Jadi perbandingan kapasitas laju aliran kalor pada evaporator tanpa menggunakan *in-line* SDP dan dengan menggunakan *in-line* SDP yaitu, pada kecepatan aliran udara V_1 , V_2 , dan V_3 lebih rendah sebesar 1.55 %, 1.65 %, dan 1.50 % .

4.3. Coefficient of performance evaporator

Dari hasil perhitungan nilai COP pada evaporator dapat diplotkan dalam grafik pada Gambar 7 di bawah ini.

Coefficient of performance (COP) ditunjukkan pada Gambar 7. COP evaporator pada kecepatan aliran udara $V_1=2.1$ m/s tanpa menggunakan *in-line* SDP sebesar 1.58 sedangkan COP evaporator dengan menggunakan *in-line* SDP 2.04. Perbandingan COP evaporator pada kecepatan aliran udara $V_1 = 2.1$ m/s dengan *in-line* SDP lebih tinggi 1.29 % dibandingkan COP evaporator tanpa menggunakan *in-line* SDP. COP evaporator pada kecepatan aliran udara $V_2 = 2.54$ m/s tanpa menggunakan *in-line* SDP sebesar 1.91 sedangkan COP evaporator dengan menggunakan *in-line* SDP 2.47. Perbandingan COP

evaporator pada kecepatan aliran udara $V_2 = 2.54$ m/s dengan *in-line* SDP lebih tinggi 1.29 % dibandingkan COP evaporator tanpa menggunakan *in-line* SDP.



Gambar 7. Grafik COP pada evaporator tanpa menggunakan *in-line solid dry pad* dan dengan menggunakan *in-line solid dry pad*

COP evaporator pada kecepatan aliran udara $V_3=2.94$ m/s tanpa menggunakan *in-line* SDP sebesar 2.13 sedangkan COP evaporator dengan menggunakan *in-line* SDP 2.8. Perbandingan COP evaporator pada kecepatan aliran udara $V_3 = 2.1$ m/s dengan *in-line* SDP lebih tinggi 1.29 % dibandingkan COP evaporator tanpa menggunakan *in-line* SDP.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai performansi sistem pendingin dengan penggunaan *in-line solid dry pad* sebagai pendingin awal udara masuk evaporator dan kondensor dengan variasi kecepatan aliran udara $V_1=2.1$ m/s, $V_2=2.54$ m/s, dan $V_3 = 2.94$ m/s dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Konsumsi daya dengan menggunakan *in-line solid dry pad* lebih rendah 0,97 % dibandingkan tanpa menggunakan *in-line solid dry pad*.
2. Kapasitas laju aliran kalor pada evaporator dengan menggunakan *in-line solid dry pad* lebih tinggi 1,25 % dibandingkan tanpa menggunakan *in-line solid dry pad*. Sedangkan kapasitas laju aliran kalor pada kondensor dengan menggunakan *in-line solid dry pad* lebih 1.55 % pada kecepatan aliran udara V_1 , 1.65 % pada kecepatan aliran udara V_2 , dan 1,50 % pada kecepatan aliran udara V_3 dibandingkan tanpa menggunakan *in-line solid dry pad*.
3. COP pada evaporator dengan menggunakan *in-line solid dry pad* lebih tinggi 1,29% dibandingkan tanpa menggunakan *in-line solid dry pad*.

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] I.R. Prajitno, 2003, *Pendingin dan Pemanas (TKM 543)*, Edisi Pertama, Teknik Mesin UGM, Yogyakarta.
- [3] Arora C.P., 1981, *Refrigeration and Air Conditioning*, Tata McGraw-Hill Publishing Company, New Delhi



Kadek Budi Arbawa menyelesaikan studi program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2015 sampai 2019. Ia menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian Performansi Sistem Pendingin In – Line SDP Sebagai Pendingin Awal Pada Evaporator Dan Kondensor.

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan konversi energi dan manajemen energi.