

Performansi Evaporative Cooling Dengan Penggunaan *In-Line Dry Pad* Sebagai Pre-Air Cooling Pada Evaporator

Anak Agung Gde Baskara Putra, Hendra Wijaksana, Wayan Nata Septiadi
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pemanfaatan sistem pendingin sistem kompresi uap sangat luas dan memerlukan energi listrik yang cukup besar dan dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, sehingga dilakukan inovasi peningkatan efisiensi energi pada sistem pendingin AC berbasis kompresor dengan penggunaan *In-Line Solid Dry Pad (SDP)* sebagai pendinginan awal udara pada evaporator. Penelitian ini dilakukan dengan variasi udara dengan kecepatan udara $V_1=2,1\text{m/s}$, $V_2=2,54\text{m/s}$, dan $V_3=2,94\text{m/s}$ dengan pencatatan data setiap 15 menit sekali dalam kurung waktu 1 jam. Dimana setiap pengujian variasi aliran udara temperatur dalam kabin diatur pada temperatur $30\text{ }^\circ\text{C}$. Hasil dari penelitian ini didapatkan daya yang dibutuhkan kompresor pada pengujian dengan menggunakan SDP dengan pengaturan laju aliran udara $2,1\text{m/s}$ lebih besar dibandingkan dengan kecepatan aliran udara $2,54\text{m/s}$ dan $2,94\text{m/s}$, karena membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mencapai temperatur kabin, sehingga konsumsi daya kompresor dengan menggunakan SDP yang tersusun secara *In-Line Solid Dry Pad* pada variasi kecepatan aliran udara $2,94\text{ m/s}$ lebih efektif $0,99\%$ dapat mengurangi kerja evaporator dan kompresor dibandingkan tanpa menggunakan SDP.

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

Abstract

The utilized of vapor compression cooling systems is very extensive and requires considerable electrical energy and can cause environmental damage, so an innovation is made to improve energy efficiency in compressed-based AC cooling systems by using *In-Line Solid Dry Pad (SDP)* as the pre cooling of air to the evaporator. This research was carried out with variations in air with air velocity $V_1 = 2.1\text{ m/s}$, $V_2 = 2.54\text{ m/s}$, and $V_3 = 2.94\text{ m/s}$ by recording data every 15 minutes in 1 hour brackets. Where every temperature variation in the air flow test in the cabin is set at a temperature of $30\text{ }^\circ\text{C}$. The results of this study found that the power needed by the compressor in testing using SDP with a variation of air flow velocity of 2.1 m/s is greater than the air flow velocity of 2.54 m/s and 2.94 m/s , because it requires sufficient time takes a long time to reach cabin temperature, so that the compressed power consumption using SDP arranged in the *In-Line Solid Dry Pad* at a variation of air flow velocity of 2.94 m/s is more effective 0.99% can reduce the work of evaporators and compressors compared without using SDP.

Keywords: Air conditioning, in-line solid dry pad

1. Pendahuluan

Penggunaan sistem pendingin berbasis kompresor telah sangat meluas saat ini, seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan kenyamanan dalam ruangan kantor, hotel, Gedung apartemen. Indonesia dengan iklim yang panas dan humid yang memerlukan penggunaan energi pendingin yang cukup besar untuk mencapai tingkat kenyamanan. Untuk itu diperlukan langkah-langkah efisiensi energi untuk sistem pendinginan, yang diharapkan dapat mengurangi kebutuhan energi input untuk pendinginan tanpa harus mengurangi performansi dari sistem pendingin ini tu sendiri. Berdasarkan hal tersebut diatas, maka dalam penelitian kali ini akan dilakukan usaha peningkatan efisiensi energi pada sistem pendingin AC berbasis kompresor dengan penggunaan indirect evaporative cooling sebagai pendingin awal udara evaporator. Diharapkan dengan adanya pendinginan awal oleh SDP pada sisi udara masuk evaporator mampu mengurangi kapasitas panas yang harus diserap atau didinginkan oleh evaporator, sehingga nantinya mampu mengurangi kerja kompresor.

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu: bagaimana performansi sistem pendingin menggunakan SDP yang tersusun in line sebagai pendingin awal udara masuk evaporator terhadap variasi kecepatan aliran udara?

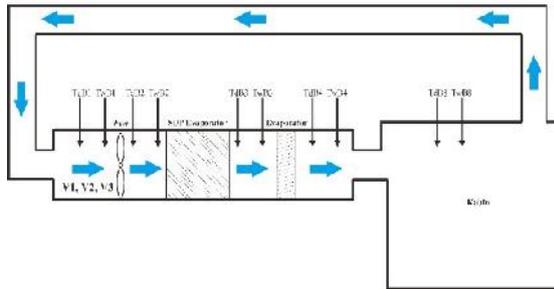
Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Waktupengujian dilakukan selama 1 jam.
2. Temperatur awal ruangan diatur pada $T = 30\text{ }^\circ\text{C}$.
3. Ruangan 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

Dalam sistem pendingin, evaporator merupakan komponen yang berfungsi menyerap panas ruangan untuk pendinginan. Disini perlu diketahui untuk ukuran kabin panjang 200 cm, lebar 120 cm, dan tinggi 120 cm.

Dapat dilihat untuk aliran udara pada alat pengujian yang digunakan ditunjukkan dalam gambar di bawah ini.



Gambar 1. Skematik diagram alir penelitian

Pada gambar 1 merupakan skematik distribusi aliran udara pada evaporator, dimana dapat dilihat *in – line solid dry pad* diletakkan pada awal udara masuk evaporator. Jika distribusi aliran udara dianggap terisolasi sempurna, persamaan yang digunakan untuk mencari laju aliran kalor pada evaporator yaitu:

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

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

\dot{m} = air mass flowrate (kg/s)

CP = Specific heat ($kJ/kg K$)

Untuk laju aliran massa udara harus di masukkan dalam persamaan (1) di atas. Jadi untuk mencari laju aliran massa udara digunakan persamaan sebagai berikut:

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

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

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

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

A = Luas penampang saluran udara (m^2)

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

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

Coefficient of performance sistim pendingin dapat dituliskan seperti perumusan pada persamaan dibawah :

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

COP = Coefficient of performance (kJ/s)

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

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

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

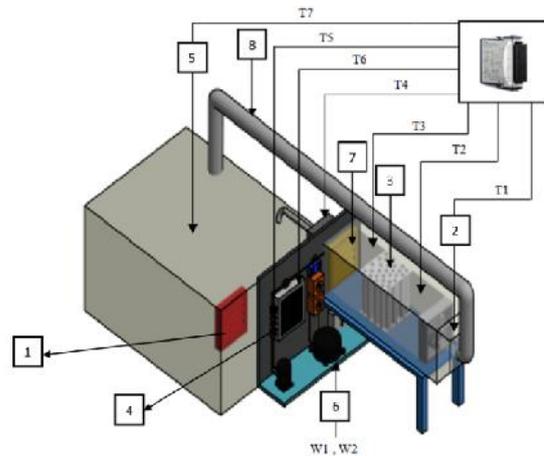
3. Metode Penelitian

Penelitian dan pengujian diperlukan beberapa alat dan bahans ebagai berikut:

1. *AC (air conditioning)* yang digunakan adalah *air conditioning* yang sudah ada di Lab Konversi Energi Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana)
2. *In – line solid dry pad* (penempatan *dry ice*)
3. *Thermometer* digital (digunakan untuk mengukur temperature pada alat pengujian)

4. *Anemometer* digital (digunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara)
5. *Clamp meter* (digunakan untuk mengukur arus *ampere*)
6. *Stop watch* (digunakan untuk mencatat waktu selama pengujian)
7. *Dry ice* (eskering)
8. *Heater* (digunakan untuk mengatur temperature awal ruangan/ kabin)

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



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

Keterangan:

- T1 = temperatur udara inlet fan
- T2 = temperatur inlet SDP (Evaporator)
- T3 =temperatur inlet evaporator/ Temperatur outlet SDP (Evaporator)
- T4 = Temperatur keluar evaporator
- T5 = Temperatur masuk kondensor
- T6 = Temperatur keluar kondensor
- T7 = Temperaturruangantercapai

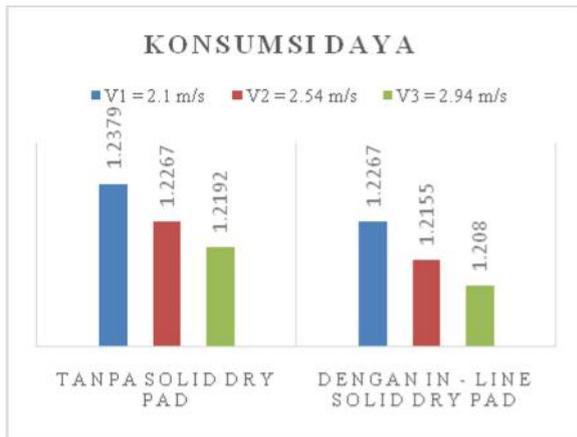
Keterangan:

1. Heater
2. Fan
3. Solid Dry Pad
4. Kondensor
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 telah dilakukan, didapatkan rata-rata variasi kecepatan aliran udara V1, V2, V3 masing-masing 2.1 , 2.54 dan 2.94 m/s .



Gambar 3. Grafik perbandingan konsumsi daya tanpa menggunakan *in-line solid dry pad* dan dengan menggunakan *in-line solid dry pad*

Dari gambar 3 diatas dapat dilihat 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 2.1 m/s sebesar 1.2379 kW sedangkan konsumsi daya dengan menggunakan *in-line SDP* sebesar 1.2267 kW. Konsumsi daya tanpa menggunakan *in-line SDP* pada kecepatan aliran udara 2.54 m/s sebesar 1.2267 kW sedangkan konsumsi daya dengan menggunakan *in-line SDP* sebesar 1.2155 kW. Konsumsi daya tanpa menggunakan *in-line SDP* pada kecepatan aliran udara 2.94 m/s sebesar 1.2192 kW sedangkan konsumsi daya dengan menggunakan *in-line SDP* sebesar 1.208 kW.

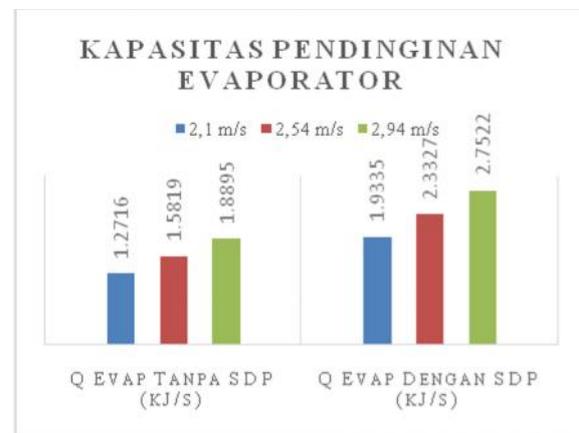
Jadi, konsumsi daya tanpa menggunakan *in-line SDP* dan dengan menggunakan *in-line SDP* yaitu, pada kecepatan aliran udara V_1 , V_2 , dan V_3 lebih rendah sebesar 0.91 %. Jadi penggunaan *in-line solid dry pad* yang diletakkan pada awal udara masuk evaporator dapat membantu mengurangi kerja kompresor menjadi lebih rendah dibandingkan tanpa menggunakan SDP.

4.2. Kapasitas pendinginan pada evaporator

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan kapasitas pendinginan pada evaporator tanpa menggunakan *in-line SDP* dan dengan menggunakan *in-line SDP* didapatkan grafik seperti Gambar 5 di bawah ini.

Dari gambar 4 merupakan grafik batang kapasitas pendinginan pada evaporator tanpa menggunakan *in-line solid dry pad* dan dengan menggunakan *in-line solid dry pad*. Kapasitas pendinginan dengan menggunakan SDP pada awal evaporator pada variasi kecepatan aliran udara 2,1 m/s, 2,54 m/s, dan 2,94 m/s lebih tinggi 1,52%, 1,47%, dan 1,45% dibandingkan dengan kapasitas pendinginan tanpa menggunakan SDP. Jadi penggunaan SDP yang tersusun secara In-Line yang diletakkan pada awal evaporator dapat membantu meningkatkan kapasitas pendinginan pada sistem AC. Udara lebih cepat tersirkulasi untuk didinginkan

kembali oleh SDP dan evaporator sehingga dapat mengurangi beban pendinginan pada evaporator AC dan kerja kompresor menjadi lebih berkurang tanpa mengurangi performansi sistem pendinginan.

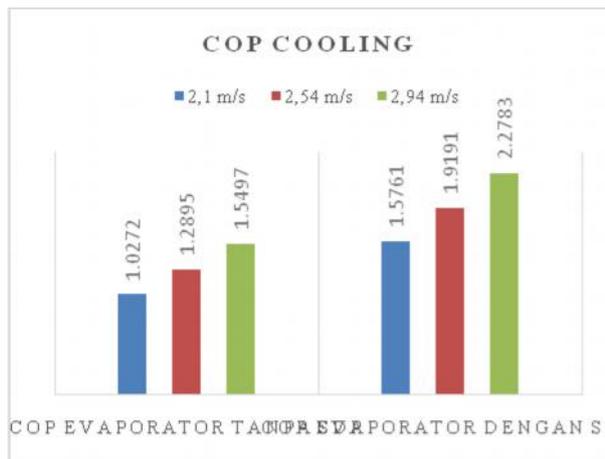


Gambar 4. Grafik perbandingan kapasitas pendinginan pada evaporator tanpa menggunakan *in-line solid dry pad* dan dengan menggunakan *in-line solid dry pad*

Dari gambar 4 merupakan grafik batang kapasitas pendinginan pada evaporator tanpa menggunakan *in-line solid dry pad* dan dengan menggunakan *in-line solid dry pad*. Kapasitas pendinginan dengan menggunakan SDP pada awal evaporator pada variasi kecepatan aliran udara 2,1 m/s, 2,54 m/s, dan 2,94 m/s lebih tinggi 1,52%, 1,47%, dan 1,45% dibandingkan dengan kapasitas pendinginan tanpa menggunakan SDP. Jadi penggunaan SDP yang tersusun secara In-Line yang diletakkan pada awal evaporator dapat membantu meningkatkan kapasitas pendinginan pada sistem AC. Udara lebih cepat tersirkulasi untuk didinginkan kembali oleh SDP dan evaporator sehingga dapat mengurangi beban pendinginan pada evaporator AC dan kerja kompresor menjadi lebih berkurang tanpa mengurangi performansi sistem pendinginan.

4.3. Coefficient of performance evaporator

Dari hasil analisa untuk COP pada evaporator dapat dilihat pada grafik pada Gambar 5 di bawah ini. Pada gambar 5 merupakan grafik batang COP *cooling* perbandingan antara menggunakan SDP dan tanpa menggunakan SDP pada awal evaporator. COP evaporator dengan SDP pada variasi kecepatan aliran udara 2,1 m/s lebih tinggi 1,53% dibandingkan COP evaporator tanpa SDP. Sedangkan, COP evaporator dengan SDP pada variasi kecepatan aliran udara 2,54 m/s lebih tinggi 1,48% dibandingkan COP evaporator tanpa SDP. Pada Variasi laju udara 2,94 m/s dengan menggunakan SDP lebih tinggi 1,47% dibandingkan COP evaporator tanpa menggunakan SDP. Jadi penggunaan *in-line solid dry pad* yang diletakkan pada awal evaporator dapat meningkatkan COP dari sistem AC, dimana udara menjadi lebih cepat tersirkulasi dan didinginkan kembali oleh SDP dan evaporator.



Gambar 5. Grafik COP pada evaporator tanpa menggunakan *in-line solid dry pad* dan dengan menggunakan *in-line solid dry pad*

	<p>Anak Agung Gde Baskara Putra 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 Dengan Penggunaan In Line Solid Dry Pad sebagai Pendinginan Awal Udara Pada Evaporator.</p>
<p>Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan konversi energidan manajemen energi.</p>	

5. Kesimpulan

Dari Hasil pemelitan variasi kecepatan aliran udara 2,1 *m/s*, 2,54 *m/s*, dan 2,94 *m/s* dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Pada konsumsi daya dengan menggunakan SDP lebih rendah 0,91 % dibandingkan tanpa SDP.
2. Pada Kapasitas pendinginan pada evaporator dengan memanfaatkan SDP pada laju udara 2,1; 2,54; dan 2,94m/s lebih tinggi 1,52%, 1,47%, dan 1,45% dibandingkan tanpa menggunakan SDP
3. Pada COP cooling dengan menggunakan SDP pada varisi kecepatan aliran udara 2,1 *m/s*, 2,54 *m/s*, dan 2,94 *m/s* lebih tinggi 1,53%, 1,48%, dan 1,47% dibandingkan tanpa menggunakan SDP

Daftar Pustaka

- [1] Arfidian Rachman, Sulaiman, & Syafrul Hadi, 2018, *Improved Performance of the Vapor Compression Cooling System Using A Combination of Condensers-Evaporative Cooling*, Vol. 8, pp. 22-26. Retrieved from <http://dx.doi.10.21063/JTM>.
- [2] Basaria Talarosha, 2005, *Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan*. Sistem Teknik Industri Vol. 6, pp. 148-149.
- [3] Cahyo Hardanto, & Bambang Yuniarto, *Uji Prestasi Pendinginan Evaporasi Kontak Tidak Langsung (Indirect Evaporative Cooling) Dengan Variasi Temperatur Media Pendingin Air*.
- [4] Arismunandar, Saito H., 1986, *Penyegaran Udara*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.