



Performansi Sistem Pendingin Dengan Penggunaan Kombinasi *In-Line And Staggered Solid Dry Pad* Sebagai Pendingin Awal Udara Pada Evaporator Dan Kondensor

Gede Putra Mahendra, Hendra Wijaksana*

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Badung-bali

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima:

24 Desember 2018

Diterima dalam bentuk revisi:

28 Januari 2019

Disetujui:

10 Februari 2019

ISSN:2086-1354

Kata kunci:

Pendingin evaporator,
In-line and staggered solid dry pad,

ABSTRAK

PERFORMANSI SISTEM PENDINGIN DENGAN PENGGUNAAN KOMBINASI *IN-LINE AND STAGGERED SOLID DRY PAD* SEBAGAI PENDINGIN AWAL UDARA PADA EVAPORATOR DAN KONDENSOR. Indonesia yang beriklim tropis memiliki temperatur udara berkisar 28° - 35°C. Sedangkan kondisi nyaman udara pada suatu bangunan temperatur 22°C - 25°C. Dengan kenyataan temperatur udara luar tersebut diatas, tentunya diperlukan kerja sistem AC yang lebih besar untuk mencapai kondisi nyaman dalam ruangan. Dalam penelitian ini akan dilakukan usaha efisiensi energi pada sistem AC berbasis kompresor dengan melakukan pendinginan awal udara masuk evaporator dan kondensor menggunakan Solid Dry Pad (SDP) yang tersusun secara in-line dan staggered. SDP ini merupakan pad penyimpanan dingin (cold energy storage pad) yang berisikan dry ice didalamnya, yang dapat mendistribusikan efek pendinginan pada pipa pad, sehingga nantinya mampu memberikan efek pendinginan awal pada udara masuk evaporator dan kondensor. COP pendinginan dengan menggunakan in-line dan staggered SDP pada kecepatan aliran udara 2.1 m/s sebesar 1.22%, pada kecepatan aliran udara 2.54 m/s sebesar 1.12%, dan pada kecepatan aliran udara 2.94 m/s sebesar 1.05%. COP pelepasan kalor dengan menggunakan in-line dan staggered SDP pada kecepatan aliran udara 2.1 m/s sebesar 1.95%, pada kecepatan aliran udara 2.54 m/s sebesar 2.37%, dan pada kecepatan aliran udara 2.94 m/s sebesar 3.66%.

ABSTRACT

COOLING SYSTEM PERFORMANCE BY USING *IN-LINE AND STAGGERED SOLID DRY PAD* COMBINATIONS AS INITIAL AIR COOLING FOR EVAPORATOR. Indonesia with a tropical climate has temperatures ranging from 28 ° - 35 ° C. while the comfortable air conditions in a building temperature of 22 ° C - 25 ° C. With the reality of the outside air temperature mentioned above, of course it takes the work of a larger AC system to achieve comfortable conditions in the room. In this research, an energy efficiency effort will be carried out on the compressor-based air conditioning system by pre-cooling the evaporator and condenser air inlet using a Solid Dry Pad (SDP) arranged in-line and staggered. This SDP is a cold energy storage pad containing dry ice inside, which can distribute the cooling effect on the pad pipe, so that later it is able to provide an initial cooling effect on the evaporator and condenser inlet air. COP cooling using in-line and staggered SDP at an air flow velocity of 2.1 m / s at 1.22%, at an air flow velocity of 2.54 m / s at 1.12%, and at an air flow velocity of 2.94 m / s at 1.05%. COP release of heat using in-line and staggered SDP at an air flow velocity of 2.1 m / s at 1.95%, at an air flow velocity of 2.54 m / s at 2.37%, and at an air flow velocity of 2.94 m / s at 3.66%.

Keywords : Evaporative cooling, in-line and staggered solid dry pad.

© 2021 IPTEKMA.

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 (Relative Humidity) 40%-60% dengan kenyataan temperatur udara luar tersebut diatas, tentunya diperlukan kerja sistem AC yang lebih besar

untuk mencapai kondisi nyaman dalam ruangan. Dalam penelitian ini akan dilakukan usaha efisiensi energi pada sistem AC berbasis kompresor dengan melakukan pendinginan awal udara masuk evaporator dan kondensor menggunakan Solid Dry Pad (SDP) yang tersusun secara in-line dan staggered. SDP ini merupakan pad penyimpanan dingin (cold energy

*Penulis korespondensi: Hendra Wijaksana
E-mail: hendra.wijaksana@unud.ac.id

storage pad) yang berisikan dry ice didalamnya, yang dapat mendistribusikan efek pendinginan pada pipa pad, sehingga nantinya mampu memberikan efek pendinginan awal pada udara masuk evaporator dan kondensor.

Permasalahan yang dibahas pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana Bagaimana pengaruh penggunaan SDP sebagai pendingin awal udara masuk evaporator dan kondensor terhadap performansi sistem pendingin AC termasuk didalamnya kerja kompresor, panas yang diserap evaporator, panas yang dilepas kondensor, dan COP, serta temperatur ruangan yang tercapai ?

Beberapa batasan masalah pada penelitian ini, yaitu :

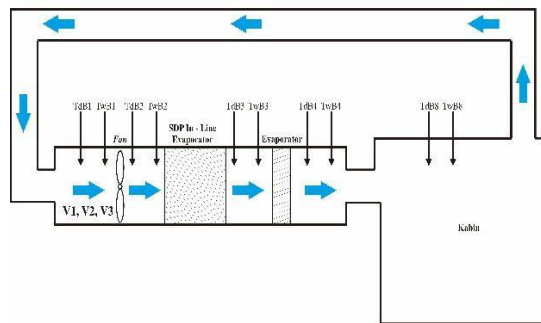
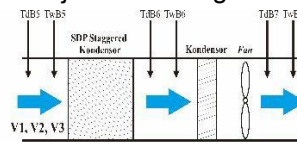
1. Pengambilan data dilakukan setiap 15 menit selama 1 jam.
2. Temperatur pada kabin diatur $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. Dry Ice yang digunakan sering kita jumpai di pasaran.
4. Kabin dianggap terisolasi sempurna

2. DASAR TEORI

Setelah temperatur kabin yang dipanaskan sampai mencapai temperatur $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, sistem AC yang telah dilengkapi dengan staggered SDP pada sisi udara masuk evaporator dan kondensor dihidupkan. Udara panas kabin akan disirkulasikan ke sisi evaporator, dengan terlebih dahulu melalui SDP untuk mendapatkan pendinginan awal, sehingga mampu mengurangi kapasitas panas yang harus didinginkan oleh evaporator, yang pada gantinya

akan diharapkan mampu mengurangi kerja kompresor. Demikian pula udara pada sisi masuk kondensor akan mengalami pendinginan awal oleh in-line SDP sebelum masuk kondensor untuk membantu memperbesar kapasitas panas yang harus dilepaskan ke lingkungan oleh kondensor. Pencatatan temperature udara pada sisi evaporator dan kondensor serta pencatatan arus listrik pada kompresor dilakukan setiap 15 menit selama satu jam, untuk setiap variasi kecepatan.

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



Gambar 1. Skematik distribusi aliran udara dengan menggunakan SDP

Ada beberapa persamaan yang digunakan pada penelitian kali ini, salah satunya persamaan yang digunakan untuk mencari kapasitas pendinginan evaporator dan kondensor, yaitu :

$$Q_{\text{evap/ kond}} = \text{Laju aliran kalor (kJ/ s)}$$

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

$$CP = \text{Panas spesifik (kJ/ kg K)}$$

Selain itu, sebelum menggunakan persamaan diatas terlebih dahulu mencari laju aliran massa udara dengan persamaan :

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

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

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

$$\rho_{\text{Udara}} = \text{Massa jenis udara (kg/ m}^3 \text{)}$$

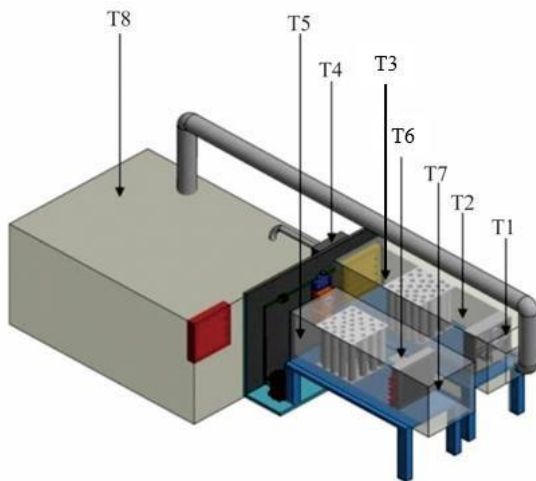
- A = Luas penampang saluran udara evap (m^2)
- V_{Udara} = Kecepatan udara (m/s)
- Q = Laju aliran volume udara (m^3/s)

Untuk mencari *coefficient of performance* dari evaporator digunakan persamaan :

(4)

- COP = Coefficient of performance (kJ/s)
- q_{evap} = Kapasitas pendinginan evap (kJ/s)
- $q_{sdp\ evap}$ = Kapasitas pendinginan SDP evap (kJ/s)
- W_{total} = Daya total (kJ/s)

3. METODOLOGI



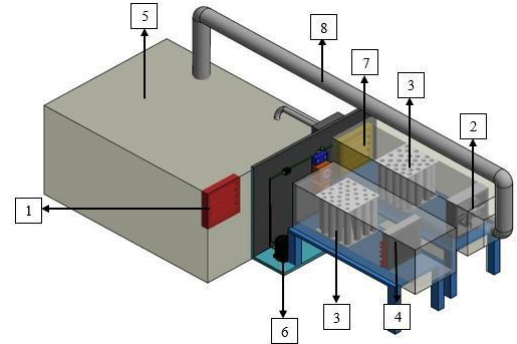
Gambar 2. Alat pengujian

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(Kondensor)
- T6 = Temperatur masuk kondensor/Temperatur keluar SDP(Kondensor)
- T7 = Temperatur keluar kondensor
- T8 = Temperatur ruangan tercapai

Sebelum dilakukannya pengujian pertama temperatur pada kabin diatur pada temperatur $30^{\circ}C$, setelah itu pengujian dilakukan dengan menggunakan SDP dan tanpa menggunakan

SDP. Pengujian dilakukan selama 1 jam dan pencatatan data diambil setiap 15 menit. Berikut adalah gambar alat pengujian.



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

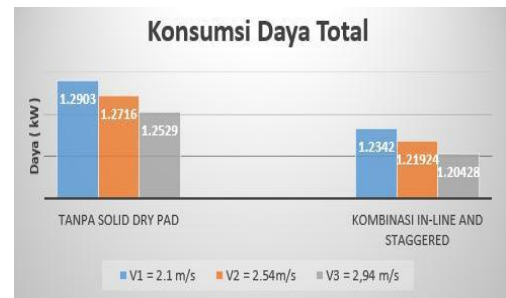
Keterangan:

- 1. Heater
- 2. Fan
- 3. *In - line and staggered solid dry pad*
- 4. Kondensor
- 5. Kabin
- 6. Kompresor
- 7. Evaporator
- 8. Saluran udara masuk

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4. 1 Konsumsi Daya Tanpa dan Dengan Menggunakan *In-Line And Staggered SDP*

Grafik dibawah ini merupakan perbandingan konsumsi daya tanpa dan dengan menggunakan *in - line and staggered SDP*.



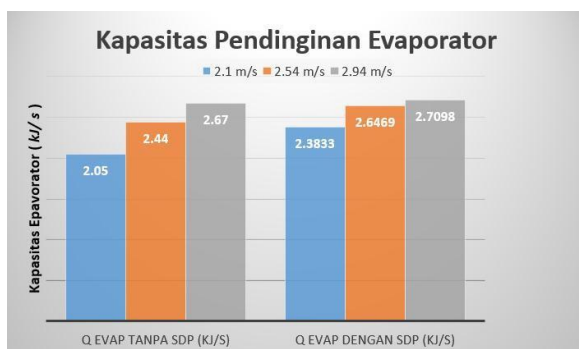
Gambar 4. Grafik konsumsi daya tanpa dan dengan menggunakan *in - line and staggered SDP*

Pada gambar 4 menjelaskan perbandingan konsumsi daya total tanpa menggunakan SDP dan dengan menggunakan SDP yang tersusun secara *in - line and staggered*. Konsumsi daya total dengan

menggunakan kombinasi SDP yang tersusun secara in – line and staggered yang diletakkan pada awal evaporator dan kondensor pada variasi kecepatan aliran udara $V1 = 2,1 \text{ m/s}$, konsumsi daya lebih rendah 0,95 % dibandingkan konsumsi daya tanpa menggunakan SDP. Sedangkan pada variasi kecepatan aliran udara $V2 = 2,54 \text{ m/s}$ konsumsi daya lebih rendah 0,95 % dan pada variasi kecepatan aliran udara $V3 = 2,94 \text{ m/s}$ konsumsi daya lebih rendah 0,96 % dibandingkan konsumsi daya tanpa menggunakan SDP. Penggunaan kombinasi SDP yang tersusun secara in – line and staggered dengan variasi kecepatan aliran udara $V3 = 2,94 \text{ m/s}$ lebih efektif untuk mengurangi kerja evaporator dibandingkan tanpa menggunakan SDP.

4.2 Kapasitas Laju Aliran Kalor Pada Evaporator dan Kondensor

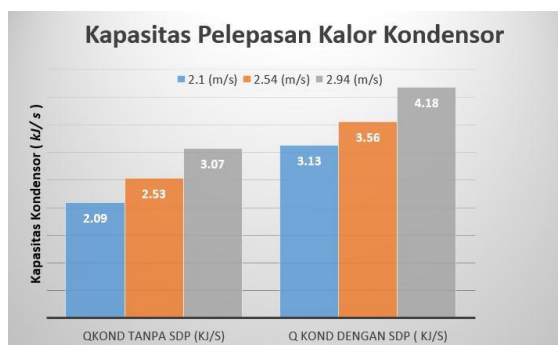
Grafik dibawah ini merupakan perbandingan kapasitas pendinginan tanpa dan dengan menggunakan *in – line and staggered* SDP.



Gambar 5. Grafik kapasitas pendinginan tanpa dan dengan menggunakan *in-line and staggered* SDP

Pada gambar 5 merupakan grafik batang kapasitas pendinginan evaporator tanpa menggunakan SDP dan kapasitas pendinginan dengan menggunakan SDP. Kapasitas pendinginan dengan menggunakan SDP pada

awal evaporator dan kondensor pada variasi kecepatan aliran udara 2,1 m/s, 2,54 m/s, dan 2,94 m/s lebih tinggi 1,16 %, 1,08 %, dan 1,01 % dibandingkan dengan kapasitas pendinginan tanpa menggunakan SDP. Jadi penggunaan SDP yang tersusun secara in – line and staggered yang diletakkan pada awal evaporator dan kondensor dengan kecepatan aliran udara 2,1 m/s lebih efektif untuk 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 lebih berkurang tanpa mengurangi performansi sistem pendinginan.



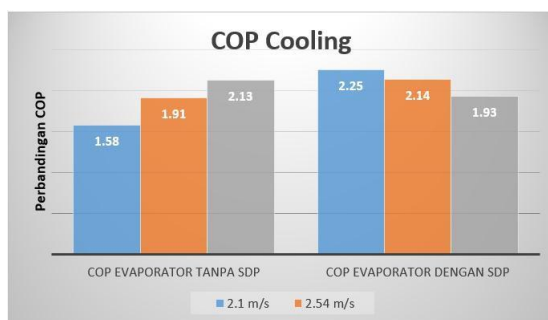
Gambar 6. Grafik kapasitas pelepasan panas tanpa dan dengan menggunakan *in-line and staggered* SDP

Pada gambar 6 merupakan grafik batang pelepasan kalor pada kondensor tanpa menggunakan SDP dan kapasitas pelepasan kalor dengan menggunakan kombinasi SDP. Kapasitas pelepasan kalor pada kondensor dengan menggunakan SDP yang tersusun secara in - line pada variasi kecepatan udara 2,1 m/s, 2,54 m/s, dan 2,94 m/s lebih tinggi 1,88 %, 2,26 %, dan 3,49 % dibandingkan pelepasan kalor pada kondensor tanpa menggunakan SDP. Jadi penggunaan SDP yang tersusun secara in – line and staggered yang diletakkan pada awal evaporator dan awal

kondensor dapat membantu kondensor melepaskan kalor lebih banyak sehingga dapat mengurangi kerja kompresor dan temperatur dalam kabin menjadi lebih dingin dibandingkan pelepasan kalor pada kondensor tanpa menggunakan SDP.

4.3 COP Evaporator

Grafik dibawah ini merupakan perbandingan COP tanpa dan dengan menggunakan *in – line and staggered* SDP.



Gambar 7. Grafik COP pada evaporator tanpa dan dengan menggunakan *in-line and staggered* SDP

Pada gambar 4.4 merupakan grafik batang COP cooling perbandingan antara menggunakan kombinasi SDP dan tanpa menggunakan SDP. Dimana SDP yang terusun *in-line and* di letakan pada awal evaporator dan SDP *staggered* di letakan pada awal kondensor. COP evaporator dengan menggunakan SDP pada variasi kecepatan aliran udara 2,1 m/s lebih tinggi 0.58 % dibandingkan COP evaporator tanpa menggunakan SDP. Sedangkan, COP evaporator dengan menggunakan SDP pada variasi kecepatan aliran udara 2,54 m/s lebih tinggi 1.12 % dibandingkan COP evaporator tanpa menggunakan SDP dan pada variasi kecepatan aliran udara 2,94 m/s dengan menggunakan SDP lebih tinggi 1.05 % dibandingkan COP evaporator tanpa menggunakan SDP. Jadi penggunaan *in – line solid and staggered dry pad* yang diletakkan pada

awal evaporator dan awal kondensor dapat meningkatkan COP dari sistem AC. Kecepatan aliran udara 2,54 m/s lebih efektif untuk meningkatkan COP dari sistem AC dimana udara lebih cepat tersirkulasi dan didinginkan kembali oleh SDP dan evaporator.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah kecepatan aliran udara tanpa menggunakan SDP pada awal evaporator dan kondensor, pada kecepatan aliran udara $V_1 = 2,1$ m/s lebih besar dibandingkan pada variasi kecepatan aliran udara $V_2 = 2,54$ m/s dan V_3

$= 2,94$ m/s dikarenakan waktu yang dibutuhkan kerja AC lebih lama untuk mencapai temperatur kabin, sehingga konsumsi daya kompresor dengan menggunakan SDP yang tersusun secara *in – line and staggered* yang diletakkan pada awal evaporator dan kondensor pada kecepatan aliran udara $V_3 = 2,94$ m/s, konsumsi daya total lebih rendah 0,96 % lebih efektif untuk mengurangi kerja evaporator dan kompresor AC dibandingkan tanpa menggunakan SDP. Pada kapasitas pendinginan dengan menggunakan SDP pada awal evaporator dan kondensor yang tersusun secara *in – line and staggered* yang diletakkan pada awal evaporator dan kondensor dapat mengurangi beban pendinginan pada evaporator AC, sehingga kerja kompresor lebih berkurang tanpa mengurangi performansi sistem pendinginan. Pada pelepasan kalor pada kondensor menggunakan SDP yang tersusun secara *in-line and staggered* yang diletakkan pada awal evaporator dan awal kondensor dapat membantu kondensor melepaskan kalor lebih banyak sehingga dapat mengurangi kerja kompresor dan temperatur dalam kabin menjadi

lebih dingin dibandingkan pelepasan kalor pada kondensor tanpa menggunakan SDP. Penggunaan SDP dengan variasi kecepatan aliran udara 2.1 m/s lebih efektif untuk meningkatkan COP evaporator dari sistem AC dibandingkan tanpa SDP, karena udara kabin lebih cepat terdistribusi oleh fan evaporator dan didinginkan lagi oleh SDP evaporator.

DAFTAR ACUAN

- [1]. ArismunandarbW.,SaitoH.,1986, Penyegaranudara, PT. PradnyaParamita, Jakarta.
- [2]. Arora C.P., 1981, Refrigeration and Air Conditioning, Tata McGraw-Hill Publishing Company, New Delhi.
- [3]. Carrier Air Conditioning Company, 1965, Handbook of Air Conditioning System Design , McGraw-Hill Book Company, New-York.
- [4]. Doosat, R.J.,1981, Principle of Refrigeration, John Wiley & Sons, New-York.
- [5]. Gunawan R., 1998, Pengantar Teori Teknik Pendingin (Refrigerasi), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Jakarta.
- [6]. Karyanto E., Paringga E., 2003, Teknik Mesin Pendingin, CV. Restu Agung, Jakarta.
- [7]. I.R. Prajitno, 2003, Pendingin dan Pemanas (TKM 543), Edisi Pertama, Teknik Mesin UGM, Yogyakarta.
- [8]. Stoecker W.F., Jones J.W., 1982, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Airlangga, Jakarta.