

Performansi Sistem Pendingin dengan Solid Dry Pad sebagai Pendingin Awal Udara Evaporator dan Kondensor

Dhanang Rakasiwi, Hendra Wijaksana, I N. Suarnadwipa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Sistem pendingin (AC) semakin banyak di perlukan industri, perhotelan dan perumahan untuk meningkatkan kenyamanan udara ruangan. Terutama di Indonesia yang sebagai negara beriklim tropis memiliki udara berkisar 28° - 35°C . Dengan hal tersebut sistem AC dimodif dengan penambahan Solid Dry Pad yang dimana didalamnya berisikan dry ice. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk menganalisa performansi sistem pendingin dengan penggunaan SDP yang tersusun staggered sebagai pendingin awal udara masuk evaporator dan tersusun in-line sebagai pendingin awal kondensor, penulis melakukan sebuah penelitian mengenai pengaruh SDP yang diletakkan pada awal udara masuk evaporator dan kondensor terhadap performansi sistem pendingin. Pada penelitian ini penulis memvariasikan laju aliran massa udara dari parameter – parameter sistem AC dalam hal ini parameter yang diambil yaitu TdB, TwB, konsumsi daya kompresor, kapasitas pendinginan dan COP. Hasil penelitian menunjukkan daya kompresor AC tanpa menggunakan SDP dan dengan penggunaan SDP pada laju aliran massa udara $0,266\text{ kg/s}$ daya kompresor tanpa SDP mendapatkan $0,448\text{ kW}$ dan dengan SDP mendapatkan $0,374\text{ kW}$ dimana dengan SDP lebih rendah 16% dibanding tanpa SDP. Dengan penggunaan SDP pada laju aliran massa udara $0,266\text{ kg/s}$ lebih efektif karena konsumsi daya kompresor yang diperlukan oleh sistem AC lebih rendah daripada tanpa SDP.

Kata Kunci: Sistem Pendingin, Solid Dry Pad, SDP, Es Kering

Abstract

The cooling system (AC) is increasingly in need of industry, hospitality and housing to improve the comfort of air space. Especially in Indonesia which as a tropical country has air ranging from 28° - 35°C . With this the AC system is modified with the addition of a Solid Dry Pad which contains dry ice inside. The purpose of this study is to analyze the performance of the cooling system with the use of SDP arranged staggered as the initial cooling air entering the evaporator and arranged in-line as the initial cooling condenser, the authors conducted a study of the effect of the SDP placed at the beginning of the evaporator and condenser air entrance on the performance cooling system. In this study the authors vary the air mass flow rate of the parameters of the AC system in this case the parameters taken are TdB, TwB, compressor power consumption, cooling capacity and COP. The results showed the AC compressor power without using SDP and with the use of SDP at an air mass flow rate of 0.266 kg / s compressor power without SDP gained 0.448 kW and with SDP gained 0.374 kW where with SDP 16% lower than without SDP. With the use of SDP at an air mass flow rate of 0.266 kg / s is more effective because the compressor power consumption required by the AC system is lower than without SDP.

Keywords: Cooling System, Solid Dry Pad, SDP, Dry Ice

1. Pendahuluan

Sistem air conditioning (AC) semakin diperlukan perhotelan dan perumahan untuk meningkatkan kenyamanan dan suhu udara ruangan. Terutama di Indonesia yang beriklim tropis yang memiliki udara berkisar $28\text{-}35^{\circ}\text{C}$. Pendinginan udara yang sehat merupakan sistem pendinginan yang mampu untuk menurunkan temperature sebuah ruangan dan adanya pertukaran udara segar dalam ruangan tersebut atau dapat didefinisikan sebagai suatu proses pendinginan udara, sehingga mencapai temperatur dan kelembaban yang ideal serta menghasilkan udara segar didalam sistem pendinginan tersebut [1]. Berdasarkan kenyataan tersebut, dalam penelitian ini akan melakukan pengujian terhadap penggunaan Solid Dry Pad (SDP) sebagai pendingin awal udara masuk evaporator dan udara masuk kondensor, untuk dapat mengurangi beban pendinginan pada evaporator dan mengurangi

beban pelepasan panas pada kondensor, dengan demikian diharapkan kerja kompresor juga semakin berkurang. Disamping itu, diharapkan penggunaan SDP ini dapat meningkatkan pencapaian temperature ruang yang lebih daripada tidak menggunakan SDP dan dengan demikian efisiensi energy pada sistem AC dapat dilakukan tanpa mengurangi performansi daripada AC tersebut. Penempatan SDP ini adalah pada sisi udara masuk evaporator yang bersusun staggered dan masuk kondensor yang bersusun in-line.

Solid dry pad ini adalah barisan beberapa pipa persegi yang tersusun secara in-line dan staggered yang kedalamnya dimasukkan es kering yang memiliki suhu kurang lebih -78°C . Jadi SDP ini memanfaatkan energi dingin yang tersimpan pada dry ice, yang mana energi dingin tersebut digunakan untuk memberikan efek pendinginan pada permukaan pipa persegi. Sehingga SDP ini dapat pula dikatakan

sebagai pad penyimpan energi dingin (cold energy storage pad). Dalam hal ini ada beberapa permasalahan penelitian, yaitu:

1. Bagaimana performansi sistem pendingin dengan penggunaan *staggered* SDP pada sisi masuk evaporator dan *in-line* SDP pada sisi masuk kondensor terhadap variasi kecepatan aliran udara ?

Beberapa batasan masalah penelitian yaitu:

1. Waktu pengujian dilakukan selama 1 jam untuk setiap variasi.
2. Temperatur awal kabin diatur pada $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. Dinding ruangan kabin yang didinginkan dianggap terisolasi sempurna.
4. Daya *fan* pada *ducting* inlet diabaikan.
5. Kecepatan aliran udara *fan* kondensor di asumsikan konstan.

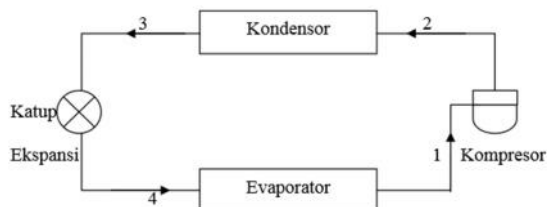
2. Dasar Teori

2.1 Dry ice (Es Kering)

Dry Ice (es kering) adalah karbon dioksida beku. Dry ice amat berguna untuk pembekuan dan menjaga pembekuan karena temperaturnya yang sangat dingin yaitu: -78.5°C atau -109.3°F . Dry Ice banyak digunakan karena pembuatannya cukup sederhana dan mudah ditangani dengan menggunakan sarung tangan insulasi. Dry ice berubah langsung dari bentuk solid menjadi gas-sublimasi dalam kondisi atmosfer normal tanpa melalui tahapan cairan basah. Karenanya dinamakan es kering.

2.2 Prinsip Kerja AC (Air Conditioning)

Cara kerja AC dapat dilihat pada gambar 1. Pada awalnya terjadi perpindahan panas dari dalam ruangan ke luar ruangan. Kompresor yang berfungsi mengalirkan zat pendingin (*refrigerant*) ke dalam pipa tembaga yang berbentuk *coil*. Udara dihembuskan oleh *fan* di sela-sela *coil*, sehingga panas yang ada dalam udara diserap oleh pipa *refrigerant* untuk menguapkan *refrigerant* dalam *coil* (*Evaporator*) dan kemudian mengembun. Udara yang melewati *coil* dan telah diserap panasnya, masuk ke dalam ruangan dalam keadaan dingin. Selanjutnya udara dalam ruang dihisap dan selanjutnya proses penyerapan panas diulang kembali [2].



Gambar 1. Cara Kerja AC [3].

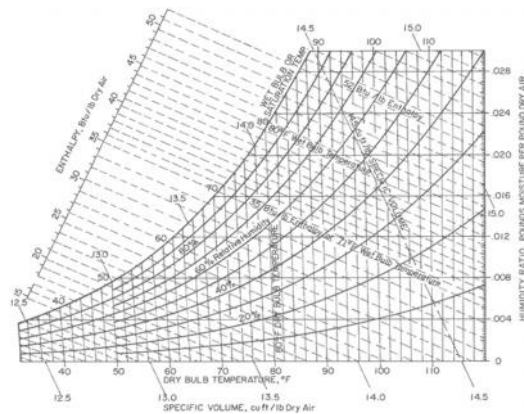
2.3. Psychrometric Chart

Temperatur bola kering (T_{dB}) ditunjukkan oleh garis-garis vertical yang ditarik dari sumbu horizontal diagram. Temperatur bola kering adalah ukuran dari panas *sensibel* dan perubahan dari temperature bola kering menyatakan perubahan dari panas *sensibel*. Temperatur bola basah (T_{wB})

ditunjukkan oleh garis-garis yang ditarik dari garis saturasi kemudian menurun ke arah kanan bawah sehingga membentuk gradient negatif.

Temperatur *dew - point* (DP) ditunjukkan dengan titik-titik yang ada di sepanjang garis saturasi. Kelembaban spesifik (w) dinyatakan dengan skala vertical yang terletak pada batas kanan dari diagram.

Volume spesifik (v) adalah kebalikan dari massa jenis dan dinyatakan dalam volume campuran udara-uap air dalam setiap satu satuan udara kering. Volume spesifik dinyatakan dengan garis yang ditarik mulai dari sumbu dB kemudian miring tajam ke arah kiri atas, membentuk gradient negative [4].



Gambar 2. Psychrometric chart.

2.4. Rumus Perhitungan Pengkondisian Udara

$$Q = V \times A \quad (1)$$

Menghitung konsumsi daya

$$P = V \cdot I \cdot t \text{ dan } P = V \cdot I \cdot \cos \phi \quad (2)$$

Menghitung kapasitas pendinginan

$$q_s = \dot{m} \cdot C_p (\Delta T) \quad (3)$$

$$\text{Menghitung COP} = \frac{Q_{\text{evap}}}{W_{\text{kompressor}}} \quad (4)$$

Dimana :

$$Q = \text{Debit} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$v = \text{Kecepatan udara} \left(\frac{m}{s} \right)$$

$$\rho = \text{massa jenis udara} \left(\frac{kg}{m^3} \right)$$

$$C_p = \text{Panas spesifik} \left(\frac{kJ}{kg K} \right)$$

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

$$q_s = \text{Kapasitas Pendinginan (kW atau kJ/s)}$$

$$w_{\text{komp}} = \text{Kerja Kompresor (kW)}$$

3. Metode Penelitian

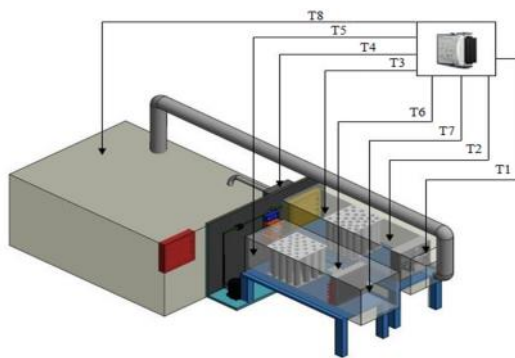
Persiapan awal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian adalah memeriksa kondisi alat dan bahan yang akan digunakan untuk pengujian. Tujuan melakukan persiapan pengujian adalah untuk memperoleh data yang akurat pada hasil pengujian, adapun langkah persiapan alat meliputi :

1. Persiapkan peralatan dan perlengkapan yang akan digunakan, pasang thermokopel di tempat yang sudah ditentukan .

2. Hidupkan heater dan panaskan kabin hingga 30 °C.
3. Catat temperatur awal pada kabin sampai mencapai 30 °C dan temperatur awal sebelum proses sistem dimulai.
4. Hidupkan AC tanpa SDP dan dengan SDP pada awal evaporator dan kondensor kemudian catat temperatur pada thermokople yang sudah terpasang.
5. Atur kecepatan putaran *fan* pada 1,3 m/s.
6. Perhatikan dan catat data setiap 15 menit sebanyak 4 kali atau selama 60 menit.
7. Buka SDP mengeluarkan dry ice untuk mengembalikan ke kondisi awal suhu lingkungan dan matikan alat dan tunggu temperatur kabin mencapai 30 °C.
8. Ulangi langkah (1–7) untuk variasi kecepatan *fan* 1,5 m/s pada AC.
9. Ulangi langkah (1–7) untuk variasi kecepatan *fan* 2 m/s pada AC.

3.2. Metode Pengujian

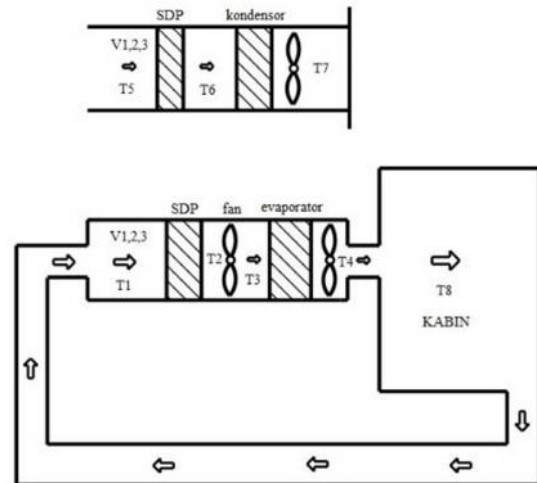
Sebelum melakukan pengujian kinerja mesin dan performan sistem pendingin dengan SDP awal udara evaporator dan kondensor dengan dilakukan sebuah langkah pemeriksaan pada mesin tersebut dan melakukan kalibrasi pada alat ukur agar dapat memperoleh hasil yang akurat. Pemeriksaan kondisi alat dan bahan bertujuan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



Gambar 3. Skematik Pengujian Sistem Pendingin dengan SDP.

Keterangan :

- T₁ = Temperatur udara masuk fan
- T₂ = Temperatur masuk SDP (Evaporator)
- T₃ = Temperatur masuk evaporator
- T₄ = Temperatur keluar evaporator
- T₅ = Temperatur masuk SDP (Kondensor)
- T₆ = Temperatur masuk kondensor
- T₇ = Temperatur keluar kondensor
- T₈ = Temperatur ruangan tercapai
- I₁ = Daya kompresor tanpa SDP
- I₂ = Daya kompresor dengan SDP



Gambar 4. Skematik Diagram Pengujian.

3.3. Cara Kerja Alat Pengujian

A. Cara kerja AC tanpa menggunakan SDP

Pada kabin udara akan dipanaskan oleh *heater*, fungsi *heater* tersebut bertujuan untuk memanaskan udara agar udara masuk ke sistem menjadi konstan, kemudian udara yang sudah dipanaskan dari reheater akan dialirkan ke fan yang kemudian pada evaporator AC bertujuan untuk mendinginkan udara yang tadinya dipanaskan dari *heater*. Setelah udara dingin, lalu udara tersebut akan masuk ke dalam ruangan kabin Udara yang ada diruangan kabin akan keluar ke saluran ducting udara outlet, kemudian temperatur yang masuk ke dalam kompresor AC dialirkan ke kondensor dan dimampatkan di kondensor. Panas yang dilepaskan oleh kondensor adalah jumlah dari energi kompresor yang diperlukan dan energi panas yang diambil evaporator dari substansi yang akan didinginkan.

B. Cara kerja AC dengan menggunakan SDP pada awal udara evaporator dan kondensor.

Pada kabin udara akan dipanaskan oleh *heater* untuk memanaskan udara masuk *fan*, kemudian udara yang sudah dipanaskan akan dihembuskan dengan *fan* dan masuk ke SDP, dimana SDP berfungsi untuk mendinginkan udara yang dipanaskan *heater* yang masuk dari kabin kemudian sisa panas didinginkan oleh evaporator. Setelah udara dingin, udara tersebut akan masuk ke ruangan kabin dan kemudian udara temperatur yang lebih tinggi atau panas akan bersirkulasi kembali yang diserap oleh *fan* inlet. Panas yang terdapat pada refrigerant akan keluar ke saluran outlet, panas tersebut akan keluar melalui SDP, dimana kerja kondensor akan didinginkan terlebih dahulu oleh SDP sehingga dapat membuat kerja kompresor menjadi lebih ringan.

4. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data nilai hasil pengujian dilakukan dengan memvariasikan kecepatan aliran udara $V1=1,3$ m/s, $V2=1,5$ m/s, $V3=2$ m/s, kemudian dilakukan pencatatan data dan perhitungan seperti menghitung debit dan laju aliran massa udara, menghitung daya kompresor, menghitung kapasitas pendinginan, dan menghitung COP.

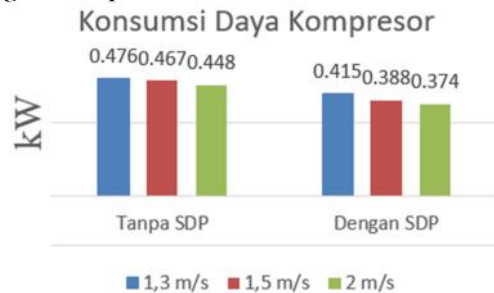
4.1 Data Hasil Hubungan Debit dan Laju

Aliran Massa Udara terhadap kecepatan

Kecepatan (m/s)	Debit (m ³ /s)	Laju Aliran Massa Udara (kg/s)
1,3	0,1443	0,173
1,5	0,1665	0,199
2	0,222	0,266

Tabel 1. Debit dan laju aliran massa udara

4.2 Data Hasil Hubungan Daya Kompresor dengan Kecepatan Aliran Udara



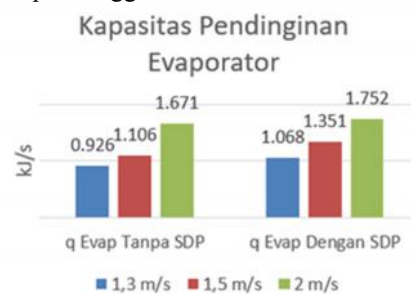
Gambar 6. Grafik batang konsumsi daya kompresor.

Pada gambar 6. Grafik diagram batang menjelaskan bahwa konsumsi daya kompresor dengan SDP pada laju aliran massa udara 0,266 kg/s kinerja dari sistem AC lebih rendah 16% dibandingkan daya kompresor tanpa menggunakan SDP. Pada kecepatan aliran udara 0,173 kg/s konsumsi daya yang dibutuhkan tanpa menggunakan SDP sebesar 0.476 kW, sedangkan dengan menggunakan SDP awal evaporator dan kondensor membutuhkan konsumsi daya 0,415 kW. Untuk kecepatan aliran udara 0,199 kg/s dan 0,266 kg/s tanpa menggunakan SDP dengan konsumsi daya 0,467 kW dan 0,448 kW. Untuk pemakaian SDP awal evaporator dan kondensor dengan konsumsi daya 0,388 kW dan 0,374 kW. Jadi penggunaan SDP dengan laju aliran massa udara 0,266 kg/s lebih efektif untuk mengurangi kerja evaporator dan kompresor AC dibandingkan tanpa menggunakan SDP.

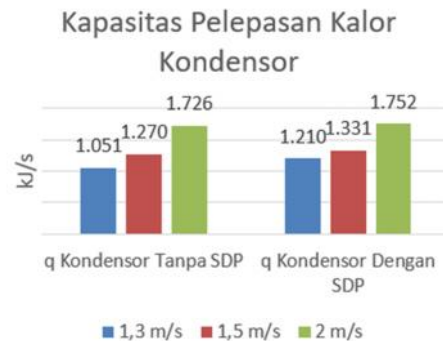
4.3 Data Hasil Hubungan Kapasitas Pendinginan dengan Kecepatan Aliran Udara

Pada gambar 7 merupakan grafik diagram batang kapasitas pendinginan evaporator tanpa dan dengan SDP menjelaskan bahwa kapasitas pendinginan evaporator tanpa dan dengan SDP pada laju aliran massa udara 0,173 kg/s dengan menggunakan SDP awal evaporator kapasitas pendinginan lebih tinggi

13% dibandingkan kapasitas pendinginan tanpa menggunakan SDP. Pada laju aliran massa udara 0,173 kg/s kapasitas pendinginan tanpa menggunakan SDP sebesar 0,926 kJ/s, sedangkan dengan menggunakan SDP awal evaporator sebesar 1,068 kJ/s. Untuk laju aliran massa udara 0,199 kg/s dan 0,266 kg/s tanpa menggunakan SDP dengan kapasitas pendinginan sebesar 1,106 kJ/s dan 1,671 kJ/s. Untuk pemakaian SDP awal evaporator kapasitas pendinginan yaitu 1,351 kJ/s dan 1,752 kJ/s. Jadi penggunaan SDP pada awal udara masuk pada evaporator lebih efektif untuk menambah kapasitas pendinginan evaporator AC sehingga temperatur kabin bisa lebih dingin dan kerja kompresor lebih berkurang dibandingkan penggunaan SDP pada awal udara masuk kondensor dan tanpa menggunakan SDP.



Gambar 7. Grafik batang kapasitas pendinginan evaporator.

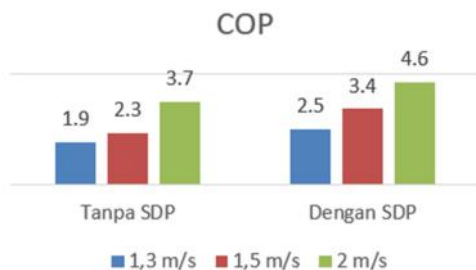


Gambar 8. Grafik batang kapasitas pelepasan kalor kondensor.

Pada gambar 8 merupakan grafik diagram batang pelepasan kalor pada kondensor tanpa dan dengan SDP, menjelaskan bahwa pelepasan kalor pada kondensor tanpa dan dengan SDP pada laju aliran massa udara 0,173 kg/s dengan menggunakan SDP awal kondensor pelepasan kalor ke udara luar lebih tinggi 13% dibandingkan tanpa menggunakan SDP. Pada laju aliran massa udara 0,173 kg/s pelepasan kalor tanpa menggunakan SDP sebesar 1,051 kJ/s, sedangkan dengan menggunakan SDP awal kondensor sebesar 1.210 kJ/s. Untuk laju aliran massa udara 0,199 kg/s dan 0,266 kg/s tanpa menggunakan SDP dengan pelepasan kalor sebesar 1,270 kJ/s dan 1,726 kJ/s. Untuk pemakaian SDP awal kondensor pelepasan kalor menjadi 1,331 kJ/s dan 1,752 kJ/s. Jadi penggunaan SDP pada awal

udara masuk pada kondensor lebih efektif agar dapat membantu pelepasan kalor yang lebih banyak ke udara luar dari kondensor AC sehingga kerja kompresor lebih berkurang dan temperatur kabin menjadi lebih dingin dibandingkan tanpa menggunakan SDP.

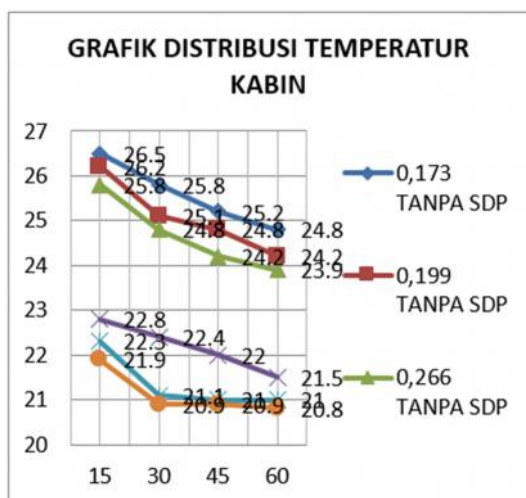
4.4 Data Hasil COP terhadap Kecepatan Aliran Udara



Gambar 9. Grafik batang COP.

Pada gambar 9 grafik diagram batang menjelaskan bahwa COP dengan SDP pada laju aliran massa udara 0,266 kg/s dari sistem AC lebih tinggi 19% dibandingkan COP tanpa SDP. Pada laju aliran massa udara 0,173 kg/s COP tanpa menggunakan SDP sebesar 1,9, sedangkan dengan menggunakan SDP awal evaporator dan kondensor yaitu 2,5. Untuk laju aliran massa udara 0,199 kg/s tanpa menggunakan SDP dengan COP 2,3 sedangkan dengan pemakaian SDP 3,4 dan laju aliran massa udara 0,266 kg/s tanpa menggunakan SDP dengan COP 3,7 sedangkan dengan pemakaian SDP 4,6. Jadi penggunaan SDP dengan laju aliran massa udara 0,266 kg/s lebih efektif untuk meningkatkan COP dari sistem AC dibandingkan tanpa SDP karena udara kabin lebih cepat terdistribusi oleh fan evaporator dan didinginkan lagi oleh SDP evaporator.

4.5 Distribusi Temperatur Kabin Terhadap Kecepatan Aliran Udara



Gambar 10. Grafik Distribusi Temperatur Kabin.

Pada gambar 10 merupakan grafik distribusi temperature kabin tanpa dan dengan SDP pada laju aliran massa udara 0,266 kg/s. Dari gambar 4.5 dapat

dilihat bahwa untuk pencapaian temperatur kabin pada waktu 60 menit pengujian dari temperatur awal 30°C yaitu di 23,9 °C untuk (TdB) tanpa menggunakan SDP dan 20,8 °C untuk (TdB) dengan menggunakan SDP. Hal ini temperatur lebih dingin 3 °C di kabin dibandingkan tanpa penggunaan SDP. Pencapaian temperatur kabin pada laju aliran massa udara 0,173 kg/s dan 0,199 kg/s masing-masing mencapai temperatur kabin pada 21,5 °C (TdB) dan 21 °C (TdB). Hal ini terlihat pada gambar 4.5. Jadi dengan menggunakan SDP awal evaporator dan kondensor pada laju aliran massa udara 0,266 kg/s lebih cepat mendinginkan kabin daripada tanpa menggunakan SDP. Adanya SDP sebelum evaporator dan kondensor, AC mampu menurunkan temperatur sebesar 4,3 °C dan 3,2 °C dibandingkan tanpa menggunakan SDP. Hal tersebut dikarenakan adanya penurunan temperature udara yang melewati SDP terlebih dahulu, sehingga temperature udara masuk evaporator lebih rendah dibanding tanpa SDP yang bertujuan untuk membantu kerja evaporator dan membantu untuk lebih cepat pencapaian temperature pada kabin.

4.6 Hasil Dari Tanpa SDP dan Dengan SDP



Gambar 11. Grafik Distribusi Temperatur Kabin.

Pada gambar 11 merupakan grafik hasil tanpa SDP dan menggunakan SDP pada awal evaporator dan kondensor, dimana perbedaannya yang sangat terlihat bahwa sistem AC menggunakan SDP pada awal evaporator dan kondensor dapat memberi dampak lebih baik dibanding tanpa menggunakan SDP. Salah satunya penurunan daya kompresor, peningkatan kapasitas pendinginan evaporator dan peningkatan pelepasan kalor pada kondensor yang mengakibatkan peningkatan COP. Dengan adanya SDP pada awal evaporator dan kondensor tersebut lebih cepat mendinginkan kabin dibanding tanpa menggunakan SDP, selain itu dengan adanya penurunan daya kompresor maka energy listrik yang dibutuhkan sistem AC tersebut juga akan menurun.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

Kinerja *air conditioning* tanpa dan dengan SDP awal udara masuk evaporator dan kodensor pada laju aliran massa udara 0,173 kg/s, 0,199 kg/s dan 0,266 kg/s dimana konsumsi daya kompresor pada penggunaan SDP masing-masing laju aliran massa udara yaitu : pada 0,173 kg/s daya kompresor dengan SDP mendapat 0,415 kW lebih rendah 12% dibanding daya kompresor tanpa SDP yaitu 0,476 kW. Pada 0,199 kg/s daya kompresor tanpa SDP mendapat 0,467kW dan daya kompresor dengan SDP mendapat 0,388 kW dimana daya kompresor dengan SDP lebih rendah 16% dibanding daya kompresor tanpa SDP, sedangkan pada 0,266 kg/s daya kompresor tanpa SDP mendapatkan 0,448 kW dan daya kompresor dengan SDP mendapatkan 0,374 kW dimana daya kompresor dengan SDP lebih rendah 16% dibanding daya kompresor tanpa SDP. Dengan penggunaan SDP pada laju aliran massa udara 0,199 kg/s dan 0,266 kg/s lebih efektif karena konsumsi daya kompresor yang diperlukan oleh sistem AC lebih rendah daripada daya kompresor tanpa SDP.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Teknisi Laboratorium Konversi Energi, Teknik Mesin Universitas Udayana yang telah memberi ijin untuk tempat pengambilan data dalam penelitian ini. Penulis juga berterimakasih kepada kedua orang tua dan teman-teman yang telah banyak mendukung baik doa dan bantuan sehingga penulis bisa menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Sugini, 2014, *Kenyamanan Termal Ruang Graha Ilmu*, Yogyakarta.
- [2] Tri Ayodha Ajiwiguna, October 3, 2010, *Cara Kerja Air Conditioner (Siklus Refrigrasi Kompresi Uap)*.
- [3] Stoecker, Wilbert.F, dan Jones J.W., 1992, *Refrigrasi Dan Pengondisian Udara, alih bahasa Supratman Hara*, Erlangga, Jakarta.
- [4] Sungadiyanto, 2006, *Studi Eksperimental Performa Mesin Pengkondisian Udara (AC) MC Quay Dengan Refrigerant R-22*, Universitas Semarang.



Dhanang Rakasiwi menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada Program Studi Teknik Mesin, pada tahun 2020. Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan pengkondisian udara dan perpindahan panas.