

Performansi Sistem Pendingin dengan Solid Dry Pad sebagai Pendingin Awal Udara pada Kondensor

Dek Ogi Widhiana AI, Hendra Wijaksana, N. Suarnadwipa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Indonesia termasuk salah satu negara yang memiliki iklim tropis, negara dengan iklim tropis memiliki karakteristik temperatur udara yang lebih panas dan dapat mengakibatkan suhu ruangan akan meningkat, oleh sebab itu dapat mengakibatkan pekerjaan didalam ruangan menjadi terganggu, untuk menghasilkan kapasitas pendinginan yang diperlukan dalam suatu ruangan, maka perlu dilakukan pengujian dan pemasangan komponen yang dimodifikasi pada sistem AC (Air Conditioner), penggunaan AC memerlukan energi listrik yang cukup tinggi maka dari itu untuk menghemat energi di perlukan komponen tambahan berupa solid dry pad (SDP), dengan memasang SDP pada sistem AC, pemasangan komponen SDP akan menghasilkan dua energi pendinginan, yang pertama yaitu pendingin dari refrigeran di evaporator dan yang kedua adalah pendingin dari SDP yang sudah terisi dry ice. Modifikasi ini akan mempengaruhi kerja komponen secara umum baik pada evaporator maupun pada kompresor. Hasil penelitian ini penulis memvariasikan kecepatan laju aliran massa udara Dengan SDP masing-masing kecepatan aliran udara, yaitu: pada V1 kapasitas pendinginan 0,570 kJ/s, daya kompresor 0,439 kW, dan COP 1,2. Pada V2 dengan kapasitas pendinginan 0,799 kJ/s, daya kompresor 0,420 kW, dan COP 1,9, sedangkan pada V3 dengan kapasitas pendinginan 1,287 kJ/s, daya kompresor 0,387 kW dan COP 3,3.

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

Abstract

Indonesia is one of the countries that has a tropical climate, countries with tropical climates usually has hotter air characteristics causing the temperature rooms will increase and causing the work disturbed even resulting a sense of discomfort when doing work, to produce cooling capacity that needed in a room, it is necessary to test and install the modified components in the AC system (Air Conditioner), the use of air conditioners requires quite high electrical energy and therefore to save energy, additional component such as SDP is needed, by installing a solid dry pad (SDP) on the AC system, by installing SDP components, two cooling energies will be produced, the first is the cooling from the refrigerant in the evaporator and the second is the cooling from the SDP that has been filled with dry ice. This modification will affect the work of components in general, both on the evaporator and the compressor. In this study the authors vary the velocity of the air mass flow rate of the parameters. The results showed on the use of SDP of each air flow velocity, namely: at V1 cooling capacity 0.570 kJ / s, compressor power 0.439 kW, and COP 1.2. At V2 with a cooling capacity of 0.799 kJ / s, compressor power 0.420 kW, and COP 1.9, while at V3 with a cooling capacity of 1.28 kJ / s, compressor power 0.387 kW and COP 3.3.

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

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang termasuk salah satu yang memiliki iklim tropis, iklim tropis memiliki karakteristik temperatur udara yang lebih panas, letaknya yang berada dibawah garis katulistiwa menyebabkan negara indonesia mendapat sinar matahari secara merata pada waktu siang hari, sehingga temperatur udara menjadi lebih panas dan kering, udara lingkungan lebih panas menyebabkan suhu ruangan akan lebih meningkat, meningkatnya suhu suatu ruangan, dapat mengakibatkan para pekerja yang dilakukan didalam ruangan tersebut menjadi terganggu, sehingga timbulnya rasa kurang nyaman saat melaksanakan pekerjaan. Suhu ruangan yang nyaman yaitu diantara temperatur 22-25°C, bila suatu ruangan sudah mencapai temperatur yang diinginkan, maka pekerja akan merasa nyaman saat melakukan aktifitas di dalam ruangan [2].

Pemakaian Air Conditioning pendingin ruangan, tidak hanya dapat berguna untuk membantu menjaga suhu ruangan agar tetap konstan, tetapi juga bisa untuk membantu meningkatkan kualitas udara dalam

ruangan dan bisa mengurangi gejala asma dan alergi. AC sekarang telah menjadi sebuah alat rumah yang sangat diperlukan, terutama untuk mengalahkan hawa panas terik saat dimusim panas [3].

Untuk menghasilkan atau mendapatkan kapasitas pendinginan yang diperlukan dalam suatu ruangan, maka perlu dilakukan pengujian dan pemasangan komponen yang dimodifikasi pada sistem AC. Penggunaan AC memerlukan energi listrik yang cukup tinggi maka dari itu untuk menghemat energi di perlukan komponen tambahan berupa SDP untuk membantu memperingan kerja kompresor. Dalam modifikasi yang akan dilakukan dengan pemasangan *solid dry pad* (SDP) pada sistem AC. Dengan pemasangan komponen SDP akan dihasilkan dua energi pendinginan yaitu yang pertama pendinginan dari refrigeran di evaporator dan untuk yang kedua pendinginan dari SDP yang terisi *dry ice*. Modifikasi ini akan mempengaruhi kerja komponen secara umum baik pada evaporator maupun pada kompresor.

Berdasarkan dari penelitian ini akan dilakukan pengujian untuk mengurangi kebutuhan listrik pada AC. Pada sisi masuk kondensator akan diletakkan sebuah SDP yang dimana pada SDP tersebut akan di masukan *dry ice* sebagai material pendingin alternatif yang mudah didapatkan. Dimana fungsi SDP untuk dapat mengurangi kerja kompresor dengan mendinginkan udara masuk kondensator terlebih dahulu sehingga kerja kompresor lebih ringan dan dapat membantu kerja kondensator agar sirkulasi pada kondensator mendapat hasil udara yang diinginkan dan dapat memperbesar kapasitas pendinginan pada ruangan. Dalam SDP yang digunakan berupa susunan pipa yang secara *staggered*.

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini, yaitu, bagaimana performansi sistem pendingin dengan Solid Dry Pad sebagai pendingin awal udara pada kondensator terhadap kecepatan laju aliran massa udara.

Batasan masalah penelitian ini, adalah:

1. Waktu pengujian dilakukan selama 1 jam.
2. Temperatur awal ruangan diatur pada $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.
3. Temperatur luar kabin diasumsikan konstan.
4. Dinding kabin yang didinginkan dianggap terisolasi sempurna.
5. Daya *fan* pada *ducting inlet* diabaikan.
6. Kecepatan aliran udara *fan* kondensator diasumsikan konstan.
7. Semua performansi AC didapat secara Experimental.
8. Solid Dry Pad yang digunakan berbahan dasar Dry Ice yang sering dijual dipasaran.

2. Dasar Teori

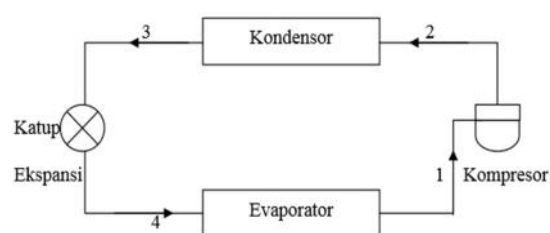
2.1 Dry ice (Es Kering)

Dry ice adalah yang berbentuk padat, terdiri dari dua buah atom oksigen terikat pada atom karbon tunggal. Pada suhu di atas $-56,4^{\circ}\text{C}$ ($-69,5\text{ }^{\circ}\text{F}$) dan tekanan di bawah 5,2 bar dimana dari perubahan CO_2 dari gas ke fase padat (es kering). Pada tekanan atmosfer, sublimasi terjadi pada $-78,5^{\circ}\text{C}$ ($-109,3^{\circ}\text{F}$) [1].

2.2 Prinsip Kerja AC (Air Conditioning)

Kompressor pada sistem pendingin yang dipergunakan untuk mengkompresikan fluida kerja *refrigerant* yang masuk ke dalam kompresor dialirkan menuju ke kondensator. *Refrigerant* akan berubah fase dari uap menjadi cair, *refrigerant* mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan. Adapun besarnya kalor yang dilepaskan oleh *kondensator* adalah jumlah dari energi kompresor yang diperlukan dan energi kalor yang diambil *evaporator*. Setelah *refrigerant* melewati *kondensator* dan melepaskan kalor penguapan, maka *refrigerant* akan dialirkan melalui katup ekspansi, pada katup ekspansi, tekanan *refrigerant* akan diturunkan sehingga

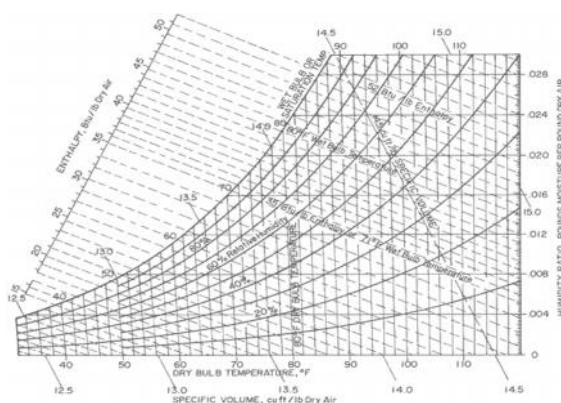
refrigerant berubah kondisi dari fase cair ke fase uap, didalam *evaporator*, *refrigerant* akan terjadi penurunan tekanan, sehingga temperatur yang dihasilkan menjadi sangat rendah. Dengan adanya perubahan kondisi *refrigerant*, maka untuk merubahnya dari fase cair ke fase uap membutuhkan energi yaitu energi penguapan, dalam hal ini energi yang digunakan adalah energi yang berada di dalam substansi yang akan didinginkan. Dengan diambilnya energi didalam substansi yang akan didinginkan maka *enthalpi* substansi yang akan didinginkan akan menjadi rendah, dengan turunnya *enthalpi* maka temperatur dari substansi yang akan didinginkan akan menjadi rendah. Proses ini akan berubah terus-menerus sampai terjadi pendinginan yang sesuai dengan keinginan [4].



Gambar 1. Cara Kerja AC

2.3. Psychrometric Chart

Temperatur bola kering (T_{dB}) ditunjukkan dari garis-garis vertikal ditarik oleh sumbu horisontal. Temperatur bola basah (T_{wB}) ditunjukkan dari garis-garis yang ditarik dari garis saturasi kemudian menurun ke arah kanan bawah dan akan membentuk gradien negatif. Kelembaban relatif (RH) merupakan sebuah dari ukuran derajat kejenuhan udara pada (T_{dB}). Kelembaban Spesifik (w) sebagai massa uap air setiap dari satuan massa udara kering dalam sebuah campuran pada (T_{dB}) serta menyatakan kandungan uap air sebenarnya yang ada dalam udara [5].



Gambar 2. Psychrometric chart.

2.4. Rumus Perhitungan Pengkondisian Udara

Menghitung laju aliran volume 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

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

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

Dimana :

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

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

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

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

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

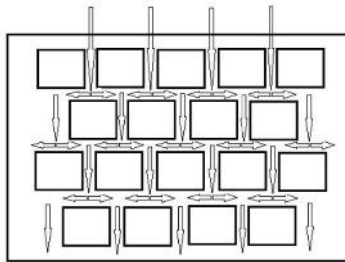
$$q_s = \text{Kapasitas Pendinginan} \text{ (kW atau kJ/s)}$$

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

3. Metode Penelitian

3.1 Deskripsi Penelitian

Pada penelitian ini, rancangan Solid Dry Pad (SDP) merupakan susunan dari beberapa besi dengan panjang 28 cm, dimensi lubang 3,5 cm dan ketebalan 1 mm yang disusun diantara plat dengan ketebalan 1 mm secara staggered. SDP memiliki ketinggian 28 cm, lebar 24 cm. SDP merupakan suatu wadah dimana dry ice akan dimasukkan kedalam susunan besi-besi tersebut.



Gambar 3. Distribusi Udara Pada SDP Staggered

Dimana fungsi SDP membantu mengurangi kinerja kompresor dengan cara mendinginkan udara masuk pada kondensor terlebih dahulu sehingga kerja pada kompresor lebih ringan dan membantu kerja kondensor.

3.2. Persiapan Pengujian

Persiapan awal memeriksa kondisi alat dan bahan yang digunakan. Bertujuan untuk memperoleh data yang lebih akurat pada hasil pengujian, adapun langkah persiapan alat ini meliputi:

1. Siapkan peralatan dan perlengkapan yang akan digunakan.
2. Pasang thermokopel di tempat yang sudah ditentukan
3. Hidupkan heater dan panaskan kabin hingga 30 °C.
4. Catat temperatur awal pada kabin sampai mencapai 30 °C dan temperatur awal sebelum proses sistem dimulai.
5. Hidupkan AC tanpa SDP dan dengan SDP pada awal kondensor kemudian catat temperatur pada thermokople yang sudah terpasang.
6. Atur kecepatan putaran fan pada 1,3 m/s.
7. Perhatikan dan catat data setiap 15 menit sebanyak 4 kali atau selama 60 menit.

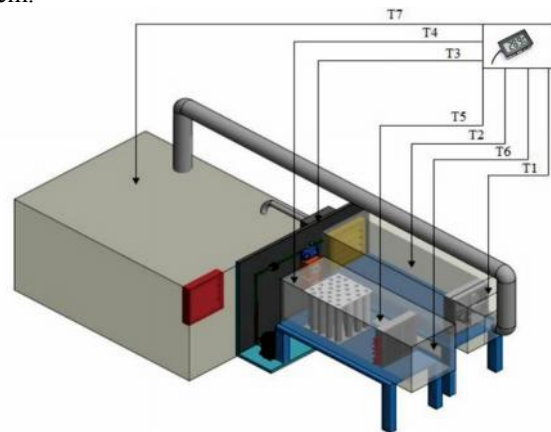
8. Buka SDP mengeluarkan dry ice untuk mengembalikan ke kondisi awal suhu lingkungan dan matikan alat dan tunggu temperatur kabin mencapai 30 °C.

9. Ulangi langkah (1 – 8) untuk variasi kecepatan fan 1,5 m/s pada AC.

10. Ulangi langkah (1 – 8) untuk variasi kecepatan fan 2 m/s pada AC.

3.3. Metode Pengujian

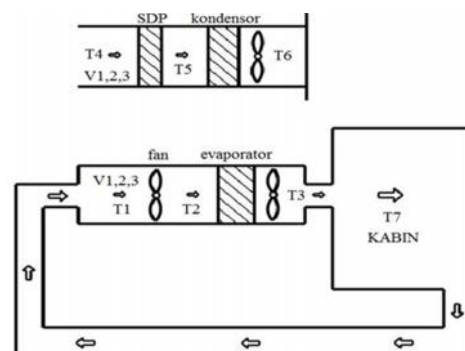
Sebelum melakukan pengujian akan dilakukan pemeriksaan dan melakukan kalibrasi pada alat ukur agar memperoleh hasil yang akurat. Pemeriksaan ini bertujuan untuk menjaga keselamatan kerja. Ukuran kabin panjang 200 cm, lebar 120 cm, dan tinggi 120 cm.



Gambar 4. Skematik Pengujian Sistem Pendingin dengan SDP

Keterangan :

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



Gambar 5. Skematik Diagram Pengujian

3.4. Cara Kerja Alat Pengujian

Cara kerja AC tanpa 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 heater akan dialirkan ke fan yang kemudian pada evaporator AC bertujuan untuk mendinginkan udara pada kabin. 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 dari temperature yang masuk ke dalam kompresor AC akan 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.

Cara kerja AC dengan SDP pada awal udara kondensor, dimana 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 heater akan dialirkan ke fan yang kemudian pada evaporator AC bertujuan untuk mendinginkan udara pada kabin. 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

Dalam pengambilan data dari hasil pengujian, dengan memvariasikan kecepatan laju aliran massa udara $v_1 = 1,3 \text{ m/s}$, $v_2 = 1,5 \text{ m/s}$, $v_3 = 2 \text{ m/s}$, kemudian dilakukan pencatatan data dan perhitungan data seperti menghitung debit dan laju aliran massa udara, menghitung daya kompresor, menghitung kapasitas pendinginan, menghitung kapasitas pelepasan kalor kondensor dan menghitung COP.

4.1 Data Hasil Hubungan Debit dan Laju Aliran Massa Udara terhadap kecepatan

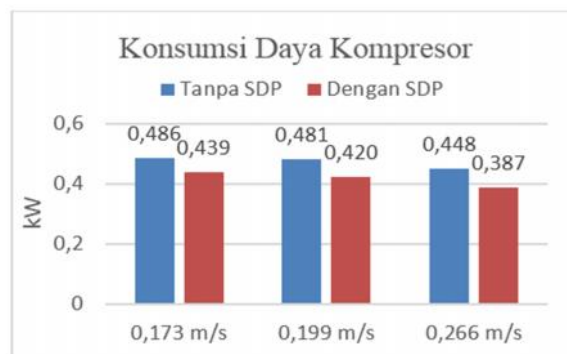
Tabel 1. Debit dan laju aliran massa udara

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

4.2 Data Hasil Hubungan Daya Kompresor dengan Kecepatan Aliran Udara

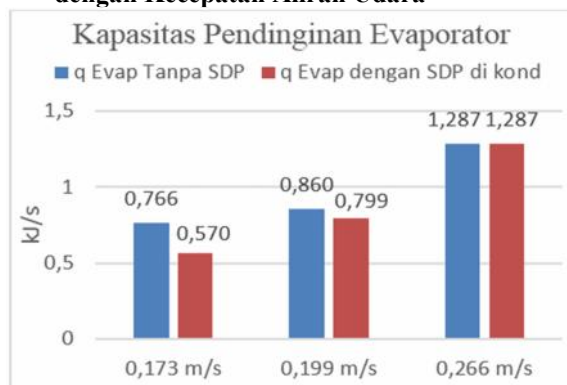
Pada gambar 6 grafik diagram batang menjelaskan bahwa konsumsi daya kompresor dengan SDP pada kecepatan aliran udara 0,266 m/s kinerja dari sistem AC lebih rendah 13% dibandingkan daya kompresor tanpa SDP. Pada kecepatan aliran udara 0,173 m/s konsumsi daya

yang dibutuhkan tanpa SDP sebesar 0.486 kW, sedangkan dengan SDP membutuhkan konsumsi daya 0,439 kW. Untuk kecepatan aliran udara 0,199 m/s tanpa SDP dengan konsumsi daya 0,481 kW. Untuk pemakaian SDP dengan konsumsi daya 0,420 kW. Jadi penggunaan SDP dengan kecepatan aliran udara 0,266 m/s lebih efektif untuk mengurangi kerja evaporator dan kompresor AC dibandingkan tanpa SDP.



Gambar 6. Grafik batang konsumsi daya kompresor

4.3 Data Hasil Hubungan Kapasitas Pendinginan dengan Kecepatan Aliran Udara



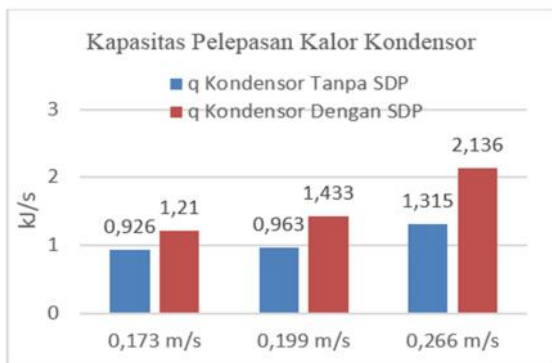
Gambar 7. Grafik batang kapasitas pendinginan evaporator

Pada gambar 7 merupakan grafik diagram batang kapasitas pendinginan evaporator tanpa SDP dan evaporator dengan SDP di kondensor menjelaskan bahwa kapasitas pendinginan pada kecepatan aliran udara 0,173 m/s dengan SDP kapasitas pendinginan lebih rendah 25% dibandingkan kapasitas pendinginan tanpa SDP. Pada kecepatan aliran udara 0,199 m/s mendapatkan kapasitas pendinginan lebih rendah sebesar 7% dan untuk kecepatan aliran udara 0,266 m/s tidak ada penurunan. Dengan adanya penurunan di evaporator disebabkan oleh penurunan konsumsi daya kompresor dan peningkatan kapasitas pelepasan kalor pada kondensor.

4.4 Data Hasil Hubungan Kapasitas Pelepasan Kalor Kondensor dengan Kecepatan Aliran Udara

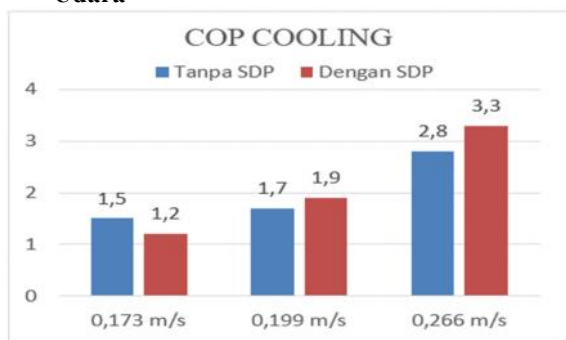
Pada gambar 8 merupakan grafik diagram batang pelepasan kalor pada kondensor. Menjelaskan bahwa pelepasan kalor pada kondensor tanpa SDP dan dengan SDP pada kecepatan aliran udara 0,173 m/s

lebih tinggi sebesar 23% dibandingkan tanpa SDP. Untuk kecepatan aliran udara 0,199 m/s dan 0,266 m/s dengan SDP mendapatkan peningkatan kapasitas pelepasan kalor sebesar 32% dan 38%. Jadi dengan SDP pada awal udara masuk pada kondensor lebih efektif agar dapat membantu pelepasan kalor yang lebih banyak ke lingkungan sehingga kerja kompresor lebih berkurang.



Gambar 8. Grafik batang kapasitas pelepasan kalor kondensor

4.5 Data Hasil COP terhadap Kecepatan Aliran Udara



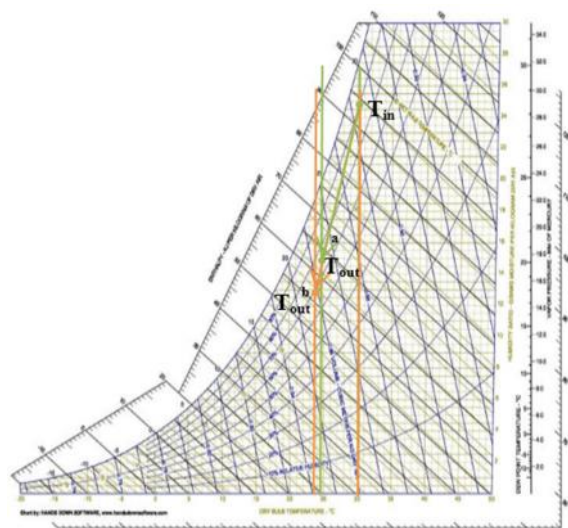
Gambar 9. Grafik batang COP

Pada gambar 9 grafik diagram batang menjelaskan bahwa COP dengan SDP pada kecepatan aliran udara 0,173 m/s mendapatkan penurunan sebesar 7%. Pada kecepatan aliran udara 0,199 m/s dengan SDP mendapatkan peningkatan sebesar 10%. Untuk kecepatan aliran udara 0,266 m/s dengan SDP mendapatkan peningkatan sebesar 15%. Jadi dengan SDP awal udara pada kondensor mampu meningkatkan COP dari sistem AC. Pada kecepatan aliran udara 0,266 m/s lebih efektif untuk meningkatkan COP dari sistem AC dimana udara kabin lebih cepat terdistribusi oleh fan evaporator.

4.6 Grafik Psychrometric

Grafik *Psychrometric* merupakan grafik untuk mengetahui kajian mengenai sifat-sifat campuran udara dan uap air, dengan mengetahui T_{in} dan T_{out} untuk memudahkan mencari titik pada diagram *psychrometric chart*. Pada gambar 10 grafik *psychrometric* pada kecepatan $V_3 = 0,266$ m/s Tanpa SDP dan Dengan SDP. Dimana Tanpa SDP pada T_{in} dan T_{out} TwB mendapatkan RELATIVE

HUMIDITY = 91,42%, Humidity Rasio = 24,8 kg/kg udara kering dan RELATIVE HUMIDITY = 79,55%, Humidity Rasio = 15,3 kg/kg udara kering. Sedangkan Dengan SDP pada T_{in} dan T_{out} TwB mendapatkan RELATIVE HUMIDITY = 91,42%, Humidity Rasio = 24,8 kg/kg udara kering dan RELATIVE HUMIDITY = 70,97%, Humidity Rasio = 13 kg/kg udara kering. Pada hasil penelitian diatas mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi.



Gambar 10 Grafik *Psychrometric* Pada Temperatur Kabin

Dari hasil penelitian pada grafik *psychrometric* untuk kecepatan $V_3 = 0,266$ m/s Dengan SDP lebih Efektif.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut: performansi sistem pendingin dengan solid dry pad sebagai pendinginan awal udara pada kondensor dengan memvariasikan tiga kecepatan laju aliran massa udara. Pada kecepatan $V_1 = 0,173$ m/s lebih kecil dibandingkan pada variasi kecepatan aliran $V_2 = 0,199$ m/s dan $V_3 = 0,266$ m/s dikarenakan waktu yang dibutuhkan kerja AC lebih lama untuk mencapai temperatur kabin, sehingga konsumsi daya kompresor dengan SDP yang tersusun staggered yang di letakan pada awal kondensor pada kecepatan aliran udara $V_3 = 0,266$ m/s, konsumsi daya kompresor lebih rendah 13% lebih efektif untuk mengurangi kerja kompresor AC dan kerja evaporator dibandingkan tanpa SDP

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada Teknisi Laboratorium Konversi Enerji, Teknik Mesin Universitas Udayana yang telah memberikan tempat dalam melaksanakan proses penelitian, terimakasih buat ke dua pembimbing penulis yang sudah memberi banyak waktu dan mengajarkan lebih dalam tentang sistem AC, penulis banyak berterimakasih kepada kedua orang tua yang telah memberikan dukungan, doa, semangat dan

memberikan dukungan biaya dalam penelitian hingga selesai dan terimakasih buat rekan-rekan seperjuangan.

Daftar Pustaka

- [1] ASHRAE, 1989, *ASHRAE standart 62-1989.ASHRAE*. Washington DC.
- [2] M.N. Alkautsar, 2015, *Pengaruh Suhu Udara dan Kelembaban Ruangan dengan Air Conditioning terhadap Respon Subjektif dan Kenyamanan Termal*, Universitas Gadjah Mada.
- [3] Malaka, Tan., 1998, *Kualitas Udara Ruangan dan Kesehatan*. Majalah kesehatan masyarakat Indonesia. Tahun XXVI. Nomor 8, pp. 440-444.
- [4] Komang Metty Trisna Negara, Hendra Wijaksana, Nengah Suarnadwipa, Made Sucipta, 2010, *Analisa Performansi Sistem Pendingin Ruangan dan Efisiensi Energi Listrik pada Sistem Water Chiller dengan Penerapan Metode Cooled Energy Storage* Vol. 4 Nol. 1. Pp. 43-50.
- [5] Sungadiyanto, 2006, *Studi Eksperimental Perorma Mesin Pengkondisian Udara (AC) MC Quay Dengan Refrigerant R-22*. Universitas Semarang.



Dek Ogi Widhiana AI menyelesaikan studi S1 di Universitas Udayana pada Program Studi Teknik Mesin. Pada tahun 2020. Bidang penelitian yang penulis minati adalah topik yang berkaitan dengan perpindahan panas dan pengkondisian udara.