

# Perfomansi Sistem Solid Dry Pad Dengan Media Pendingin 50% Massa Dry Ice

I M. Arya Mahardika, Hendra Wijaksana, Suarnadwipa  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Refrigerasi mempunyai fungsi utama yaitu pendinginan. Refrigerasi juga merupakan metode pengkondisian temperatur ruangan agar tetap berada dibawah temperatur lingkungan. Penggunaan Air Conditioning menyebabkan tingkat pemanasan global semakin tinggi, diperlukan sistem pendingin yang hemat energi dan ramah lingkungan yaitu sistem pendingin evaporative. Penggunaan Dry Ice sebagai bahan dew point evaporative cooling pad mempunyai sifat penguapan yang sangat baik. Dry ice sangat berguna untuk pembekuan dan menjaga pembekuan karena temperaturnya yang sangat dingin yaitu:  $-78.5^{\circ}\text{C}$  atau  $-109.3^{\circ}\text{F}$ . Dalam penelitian ini memakai pad yang berisikan 50% masa dry ice dengan variabel penelitian adalah variasi kecepatan aliran udara  $V1=4,8\text{m/s}$ ,  $V2=9,5\text{m/s}$ ,  $V3=11,3\text{m/s}$  dan dilakukan pengukuran meliputi aspek menurunnya suhu bola kering udara, kapasitas pendinginan, efektifitas pendinginan, dan EER. Hasil yang didapat dalam penelitian ini, penurunan suhu bola kering udara cenderung besar terjadi pada kecepatan aliran udara  $4,8\text{m/s}$ . Didapatkan selisih suhu  $T_{in}$  dan  $T_{out}$  sebesar  $4,45^{\circ}\text{C}$  dibandingkan dengan kecepatan aliran udara  $11,3\text{ m/s}$  timbul penurunan suhu udara  $T_{in}$  dan  $T_{out}$  sebesar  $1,09^{\circ}\text{C}$ .

Kata kunci: Evaporative Cooling, Dew Point, Dry Ice

## Abstract

Refrigeration has the main function of cooling. Refrigeration is also a method of conditioning the room temperature to keep it below the ambient temperature. The use of Air Conditioning causes the level of global warming to be higher. Therefore, an energy efficient and environmentally friendly cooling system is needed, namely an evaporative cooling system. The use of Dry Ice as a dew point evaporative cooling pad has excellent evaporation properties. Dry ice is very useful for freezing and maintaining freezing because its very cold temperature is:  $-78.5^{\circ}\text{C}$  or  $-109.3^{\circ}\text{F}$ . In this study, a pad containing 50% dry ice was used with the research variable is the variation of air flow velocity  $V1=4,8\text{m/s}$ ,  $V2=9,5\text{m/s}$ ,  $V3=11,3\text{m/s}$ . Measurements were carried out covering aspects of decreasing dry bulb temperature, cooling, cooling effectiveness, and EER. The results obtained in this study, the decrease in dry bulb temperature tends to be large at air flow velocity of  $4.8\text{ m/s}$ . The difference in the temperature of  $T_{in}$  and  $T_{out}$   $4.45^{\circ}\text{C}$  compared to the air flow velocity of  $11.3\text{ m/s}$ , there is a decrease in the temperature of  $T_{in}$  and  $T_{out}$   $1.09^{\circ}\text{C}$ .

Keywords: Evaporative Cooling, Dew Point, Dry Ice

## 1. Pendahuluan

Refrigerasi merupakan suatu metode untuk pengkondisian temperatur pada ruangan. Supaya temperature tetap berada dibawah temperatur lingkungan. sehingga system refrigerasi dapat juga disebut sebagai metode pendinginan. [1]

Penggunaan Air Conditioning secara berlebihan dapat menyebabkan tingkat pemanasan global semakin tinggi, sehingga sangat diperlukan sistem pendingin yang hemat energi dan ramah lingkungan yaitu sistem pendingin evaporative. Penggunaan dry ice sebagai bahan dew point evaporative cooling pad mempunyai sifat penguapan yang sangat baik. Dry ice sangat berguna untuk pendinginan karena temperaturnya yang sangat dingin yaitu:  $-78.5^{\circ}\text{C}$  atau  $-109.3^{\circ}\text{F}$ . Dibandingkan dengan sistem pendingin refrigerasi, pendingin dew point evaporative jauh lebih murah. Dry ice merupakan bentuk karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) yang terdiri dari dua atom oksigen terikat pada atom karbon tunggal [2]

Mengikuti permasalahan tersebut, bagaimanakah pengaruh perfomansi sistem solid dry pad dengan media pendingin 50% masa dry ice. Adapun Batasan dalam pengujian dilaksanakan pada ruangan konstan

dan fan yang digunakan dengan variasi kecepatan aliran udara dengan system cooling efficiency, energy efficiency ratio (EER)

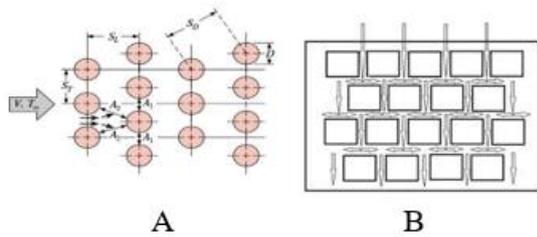
## 2. Dasar Teori

Dew Point Evaporative Cooler merupakan sebuah mesin pendingin yang menggunakan prinsip dari evaporative cooling. Pendinginan evaporative disebut dengan pendinginan adiabatik sehingga proses pengkondisian udara dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air sehingga terjadi perubahan dari panas sensibel menjadi panas laten. Panas sensibel adalah kalor yang mengakibatkan perubahan suhu, sedangkan panas laten adalah kalor yang tidak mengakibatkan perubahan suhu. Faktor-faktor yang mempengaruhi pendinginan dew point evaporative cooling: pertimbangan operasional, posisi ruangan, aliran udara melalui pad pendingin, lokasi fan dan pad pendingin. Apabila pad semakin tebal akan menghasilkan peningkatan performa pendinginan [3]

Kenyamanan suhu terdiri dari dasar fisiologi suatu nyaman. Rentang temperatur dimana manusia merasakan kenyamanan adalah sangat bervariasi bergantung pada; pertama dari jenis

pakaian yang dipakai, kedua dari aktivitas fisik yang telah dilakukan.

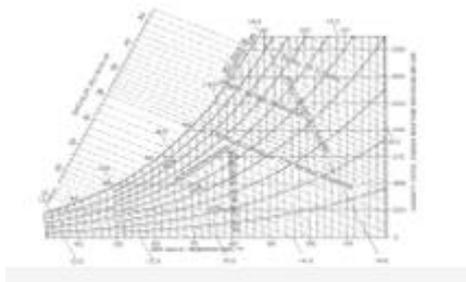
Kemampuan melepas atau menerima panas suatu alat penukar kalor dipengaruhi oleh besarnya luas permukaan (*heating surface*). Besarnya luas permukaan itu tergantung dari panjang, ukuran dan jumlah tubes yang dipergunakan pada alat penukar kalor itu. Susunan tube yang digunakan adalah *triangular pitch*. Keuntungan dari *triangular pitch* adalah film koefisien lebih tinggi daripada square pitch, dapat dibuat jumlah tube yang lebih banyak sebab susunannya kompak.



Gambar 1. Susunan Tube Triangular Pitch

Susunan tube yang digunakan adalah triangular pitch dimana seperti pada Gambar 1.A akan tetapi untuk tube yang digunakan untuk penelitian yaitu tube yang berbentuk persegi seperti pada Gambar 1.B.

Ada beberapa macam diagram yang digunakan dalam praktek teknik pengkondisian udara, namun salah satu yang sering digunakan dan melingkupi banyak sifat udara adalah *psychrometric chart*.



Gambar 2. Psychrometric chart. [4]

- (DP) = Temperatur bola basah
- (T<sub>wB</sub>) = Temperatur bola kering (T<sub>dB</sub>).
- (w) = Kelembaban spesifik
- (v) = Volume spesifik
- (h) = Jumlah panas yang dikandung

Penurunan temperatur bola kering udara ( $\Delta T_{dB}$ ) dapat didefinisikan sebagai selisih antara temperatur bola kering udara memasuki sistem dengan temperatur bola kering udara keluar sistem.

$$\Delta T_{dB} = T_{dB,i} - T_{dB,o} \quad (1)$$

Efektivitas ini dapat didefinisikan penurunan temperatur bola kering yang dihasilkan dibagi

dengan selisih temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang memasuki sistem.

$$\epsilon = \frac{T_{dB,i} - T_{dB,o}}{T_{dB,i} - T_{wB,i}} \quad (2)$$

dimana,

T<sub>dB,i</sub> = temperatur bola kering udara yang memasuki sistem.

T<sub>dB,o</sub> = temperatur bola kering udara yang keluar sistem.

T<sub>wB,i</sub> = temperatur bola basah udara yang memasuki sistem.

Menghitung kapasitas pendinginan (qs) dengan persamaan sebagai berikut :

$$qs = \dot{m}C_p (T_{dB,1} - T_{dB,2})$$

Energy efficiency ratio (EER) merupakan hasil bagi antara kapasitas pendinginan sensibel dengan jumlah konsumsi energi pendinginan.

$$EER = \frac{\dot{m} \cdot C_p (T_{dB,1} - T_{dB,2})}{Pt_1} \quad (3)$$

$\dot{m}$  = laju aliran masa udara (kg/s).

C<sub>p</sub> = panas spesifik udara (kJ/kg.K)

Pt = konsumsi energi pendinginan (kW)

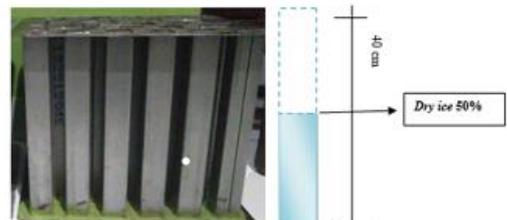
### 3. Metode Penelitian

Kecepatan aliran udara yakni:

- Kecepatan aliran udara 1 (V<sub>1</sub>) = 4,8 m/s
- Kecepatan aliran udara 2 (V<sub>2</sub>) = 9,5 m/s
- Kecepatan aliran udara 3 (V<sub>3</sub>) = 11,3 m/s

Pengisian *Dry Ice* dengan massa pengisian 50%.

Dimana masing-masing *tubes* memiliki jumlah massa *dry ice* yang sama, sehingga masing-masing *tubes* memiliki efek pendinginan yang sama.



Gambar 3. Solid Dry Pad dengan massa pengisian tube dry ice 50%

### 4. Hasil dan Pembahasan

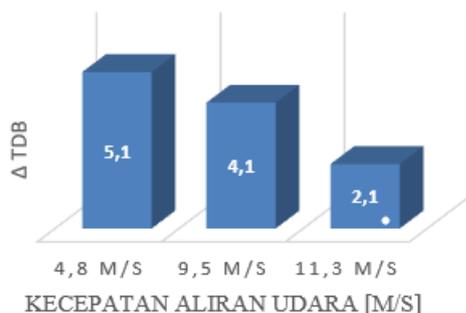
Dari pengolahan data yang dilakukan, didapat analisa melalui grafik hasil plot perhitungan yang dilakukan yaitu berupa besarnya : Selisih Penurunan Temperatur Bola Kering ( $\Delta T_{dB}$ ), Efektifitas Pendinginan ( $\epsilon$ ), Kapasitas Pendinginan (qs), dan EER, berdasarkan massa pengisian tube 50% dengan variasi kecepatan aliran udara saat penelitian.



**Gambar 4. Grafik Selisih Penurunan Temperatur  $\Delta T_{dB1}-\Delta T_{dB2}$**

Pada gambar 4. menunjukkan grafik dari selisih penurunan temperatur bola kering udara ( $\Delta T_{dB}$ ) dengan 3 kecepatan aliran udara yang berbeda, terjadi penurunan temperatur yang sangat signifikan pada 5 menit awal pengujian untuk masing-masing kecepatan aliran udara.

#### Hubungan Selisih Rata-rata Penurunan $\Delta T_{dB}$



**Gambar 5. Grafik Selisih Penurunan Temperatur Bola Kering Udara ( $\Delta T_{dB}$ ) Terhadap Kecepatan Aliran Udara (m/s)**

Pada gambar 5. menunjukkan grafik penurunan temperatur bola kering udara terhadap kecepatan aliran udara yang masing – masing diuji selama 60 menit dimana, terjadi penurunan ( $\Delta T_{dB}$ ) seiring meningkatnya kecepatan aliran udara yang diberikan.

Dapat dilihat penurunan temperatur bola kering udara lebih besar terjadi pada kecepatan aliran udara 4,8 m/s, hal ini disebabkan karena saat proses pendinginan udara pada Pad terjadi lebih lama. Namun pada kecepatan aliran udara 9,5 m/s dan 11,3 m/s mengalami penurunan temperatur bola kering yang hampir sama. Ini disebabkan karena pada saat terjadinya proses pendinginan udara pada pad terjadi lebih singkat.



**Gambar 6. Grafik Efektifitas pendinginan ( $\epsilon$ ) Terhadap Kecepatan Aliran Udara (m/s)**

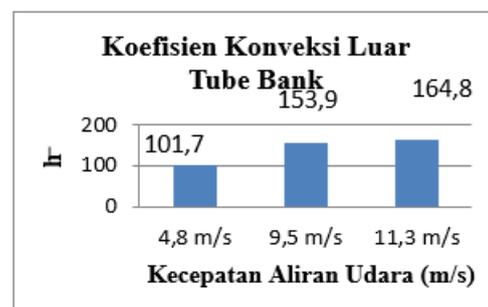
Pada gambar 6. menunjukkan grafik dari efektifitas pendinginan terhadap kecepatan aliran udara yang diuji masing - masing selama 60 menit. Didapat bahwa terjadi penurunan efektifitas seiring meningkatnya kecepatan aliran udara yang diberikan. Hal ini disebabkan oleh penyerapan sebagian panas udara oleh Pad yang sangat dingin yang



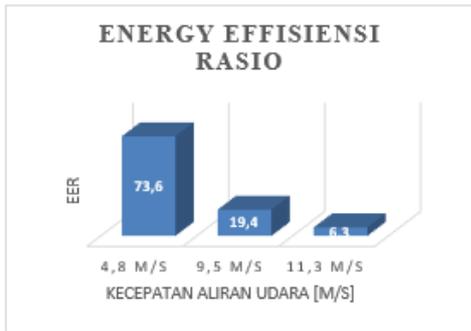
menyebabkan terjadinya selisih cukup besar antara  $T_{dB1}$  dengan  $T_{dB2}$ .

**Gambar 7. Kapasitas Pendinginan (m/s)**

Pada gambar 7. merupakan grafik hubungan dari kapasitas pendinginan aktual dan empiris terhadap kecepatan aliran udara yang diuji masing-masing selama 60 menit dimana, terjadi penurunan akibat *dry ice* yang menguap, Hal ini disebabkan karena kecepatan udara yang tinggi akan memperbesar selisih antara  $T_{dB1}$  dengan  $T_{dB2}$ . Penurunan temperatur bola kering udara akan lebih besar karena lebih banyak udara panas yang mampu diserap oleh Pad yang berisikan *dry ice*.

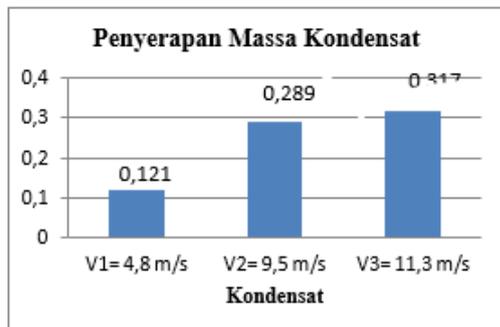


**Gambar 8. Grafik Koefisien Konveksi Luar Tube Bank (h) Terhadap Kecepatan Aliran Udara (m/s)**



**Gambar 9. Grafik Efficiency Energy Ratio (EER) Terhadap Kecepatan Aliran Udara**

Pada Gambar 9. dapat dilihat bahwa grafik EER merupakan hasil bagi antara kapasitas pendinginan dengan jumlah konsumsi energi pendinginan yaitu, dengan daya fan yang bervariasi sehingga, memperoleh hasil yang berbeda beda. Pada penelitian ini apabila semakin tinggi kecepatan aliran udara maka efficiency energy rasionya semakin rendah, dikarenakan konsumsi daya listrik fan yang lebih tinggi dan sedikitnya panas yang menyerap ke *Solid dry pad* yang berisikan 50 % massa *dry ice* yang temperaturnya sangat rendah.

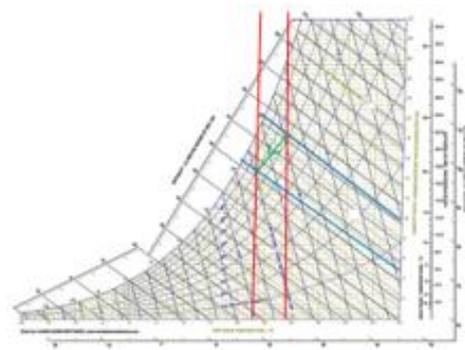


**Gambar 10. Grafik penyerapan massa kondensat**

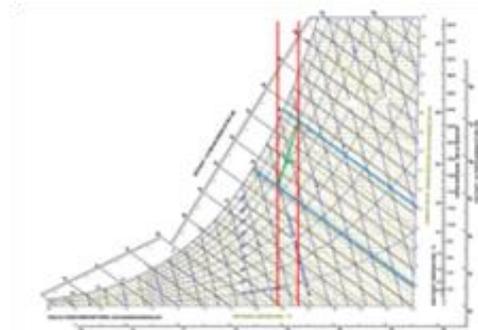
Besarnya laju pengembunan (kondensasi) yang terjadi dapat dihitung dengan perbedaan berat kapas sebelum pengujian ( $m_{a0}$ ) dengan berat kapas sesudah pengujian ( $m_a$ ), bisa dilihat bahwa semakin cepat laju aliran udara maka semakin banyak kondensat yang diserap.

#### 4.1 Grafik Psychrometri

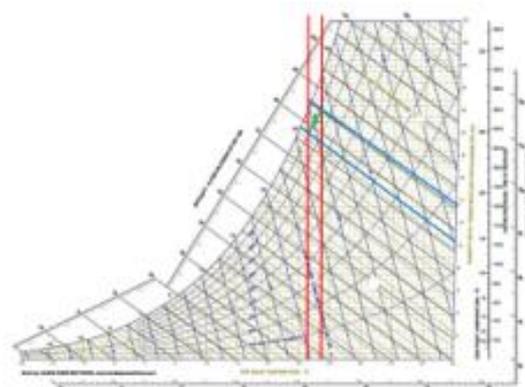
Grafik *Psychrometri* merupakan grafik untuk mengetahui kajian mengenai sifat-sifat campuran udara dan uap air, dengan mengetahui  $T_{in}$  ( $T_1$ ) dan  $T_{out}$  ( $T_2$ ) untuk memudahkan mencari titik pada diagram psychrometri chart



**Gambar 11. Grafik Psychrometri Pada Kecepatan aliran udara 4,8 m/s, udara mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi**



**Gambar 12. Grafik Psychrometri Pada Kecepatan aliran udara 9,5 m/s, udara mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi**



**Gambar 13. Grafik Psychrometri Pada Kecepatan aliran udara 11,3 m/s, udara mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi**

## 5. Kesimpulan

Adapun data yang dihasilkan dalam penelitian ini maka dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut:

1. Efektifitas penggunaan *cooling pad* dibandingkan dengan AC setelah dilakukan penelitian tidak dapat dipungkiri, terlihat dari segi kapasitas dan efektifitasnya. Pendingin AC lebih baik dikarenakan menggunakan *freon* dengan siklus tertutup mampu memberikan efek pendinginan secara konstan dibandingkan *cooling pad* dengan media pendingin *dry ice*, karena seiring berjalannya waktu efek pendinginan yang diberikan akan semakin menurun. Meskipun dari segi kapasitas dan efektifitas AC lebih unggul, kelebihan dari penggunaan *cooling pad* yaitu konsumsi daya listrik yang lebih kecil dibandingkan dengan AC yaitu dengan kisaran 72 Watt berbanding 400 Watt pada AC ½ PK standar.
2. Dari variasi kecepatan udara yang digunakan terhadap *cooling pad* dengan media pendingin 50% *massa dry ice*, kecepatan udara yang paling baik digunakan dari segi performa pendinginan adalah variabel kecepatan (4,8m/s).
3. Dari grafik *psychometric* disetiap variasi kecepatan alira udara mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi.

## Daftar Pustaka

- [1] Hendra Wijaksana, I Nengah Suarnadwipa. (2016). *Studi Eksperimental Performansi Pendingin Ice Bunker Menggunakan Media Ice Dengan Variasi Massa Berbeda*. Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika, 5, 1-6.
- [2] I Nyoman Suryana, I Nengah Suarnadwipa, dan Hendra Wijaksana.(2014). *Studi Eksperimental Performansi Pendingin Evaporative Portable Dengan Pad Berbahan Spon Dengan Ketebalan Berbeda*. Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika, 1, 1-6.
- [3] I Putu Yudi Aryawan, Hendra Wijaksana, dan I Nengah Suarnadwipa. (2016). *Study eksperimental performa pendingin ice bunker dengan kombinasi massa dry ice dan ice*. Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika, Volume 5, Nomer 3, 1-5.
- [4] Suprianto, Fandi D. (2004). *Peningkatan unjuk kerja peralatan air washer dan evaporative cooler*.p.2.



**I Made Arya Mahardika** telah menyelesaikan studi program sarjana di jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2015 sampai tahun 2022. Menyelesaikan studi program sarjana S1 dengan topik penelitian “**Perfomansii Sistem Solid Dry Pad Dengan Media Pendingin 50% Massa Dry Ice**”

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