

Studi Experimental Penggunaan Dry Ice Untuk Konfigurasi In Line Dengan Rasio Pengisian Tube 75% Terhadap Performansi Dew Point Cooling System

I Made Yudi Yastika, Hendra Wijaksana, N. Suarnadwipa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Permasalahan yang terjadi di Bali, banyaknya penemuan – penemuan baru yang bersifat modern yaitu pendingin ruangan. Permasalahan ini, dari hari ke hari semakin banyak dikarenakan hotel – hotel, kantor- kantor pemerintahan dan daerah pemukiman warga di perkotaan menggunakan Air Conditioning (AC) sebagai pendingin ruangan dimana tidak ramah lingkungan mengakibatkan tingkat pemanasan global semakin tinggi dan pemborosan listrik. Dengan permasalahan di atas, maka diperlukan sistim pendinginan yang hemat energi dan ramah lingkungan yaitu dew point evaporative cooling system. Dew point evaporative cooling system merupakan proses pendinginan tanpa meningkatkan kelembaban. Dalam penelitian ini, dry ice merupakan material pads yang digunakan. Potong dry ice sesuai dengan ukuran pads, masukan dry ice ke dalam pipa in line sebanyak 20 batang pipa dengan panjang 400 mm, diameter 40 mm x 40 mm dengan pengisian tube 75%. Pengujian yang di lakukan untuk mengetahui penurunan temperatur bola kering udara (ΔT_{dB}), menghitung efektivitas pendinginan, menghitung kapasitas pendinginan, menghitung EER, menghitung laju kondensak. Variabel yang di ukur pada saat pengujian adalah variasi kecepatan aliran udara V1 (10 Regavolt) = 4,8 m/s, V2 (30 Regavolt) = 9,5 m/s, V3 (50 Regavolt) = 11,3 m/s. Dari penelitian di dapat : Pada kecepatan aliran udara rendah (10 Regavolt) = 4,8 m/s laju aliran udara konstan maka panas yang di serap pipa semakin banyak. Sedangkan pada kecepatan aliran udara tinggi (50 Regavolt) = 11,3 m/s panas yang di serap pipa semakin banyak tetapi dry ice pada pad cepat menyublim atau menguap. Semakin besar putaran fan yang digunakan menghasilkan meningkatnya penurunan bola kering udara, menurunnya efektivitas pendinginan, meningkatnya kapasitas pendinginan, EER yang menurun dan laju kondensak yang tinggi.

Kata kunci: Dew point, evaporative, suhu, pads.

Abstract

Problems that occur in Bali, very many new discoveries that are modern in nature, namely air conditioning. This problem, from day to day more and more because hotels, government offices and residential areas in urban areas use Air Conditioning (AC) as air conditioners not environmentally friendly resulting in higher levels of global warming and waste of electricity. From the problem above, it requires an energy-efficient and environmentally friendly cooling system, the dew point evaporative cooling system. Dew point evaporative cooling system is a cooling process without increasing humidity. In this research, dry ice is the pad material used. Cut dry ice according to the size of the pads, insert dry ice into the in line pipe as many as 20 pipes with a length of 400 mm, diameter of 40 mm x 40 mm with tube filling of 75%. Tests carried out to determine the decrease in temperature of air dry balls, calculate cooling effectiveness, calculate cooling capacity, calculate EER, calculate the rate of condensate. The variables measured at the time of testing are variations in air flow velocity V1 (10 Regavolt) = 4.8 m/s, V2 (30 Regavolt) = 9.5 m/s, V3 (50 Regavolt) = 11.3 m/s. From the research obtained : At low air flow speeds (10 Regavolt) = 4.8 m/s the air flow rate is constant so the heat absorbed by the pipe increases. Whereas at high air flow speeds (50 Regavolt) = 11.3 m/s heat is absorbed by more pipes but dry ice on the pads quickly sublimates or evaporates. The greater fan rotation used results in an increase in the decrease in air dry ball, decreased cooling effectiveness, increased cooling capacity, decreased EER and high condensate rate.

Keywords: Dew point, evaporative, temperature, pads

1. Pendahuluan

Globalisasi merupakan suatu proses dengan mana kejadian, keputusan dan kegiatan di salah satu bagian dunia, menjadi konsekuensi yang signifikan bagi individu dan masyarakat yang jauh [1]. Pengaruh globalisasi yang terjadi dapat menyebabkan penemuan-penemuan baru yang bersifat modern dan dapat mengakibatkan pemanasan global. Pemanasan global ini dipengaruhi oleh cuaca dan iklim. Lingkungan alam dan kondisi iklim merupakan sesuatu yang sangat penting bagi suatu daerah sebagai daerah tujuan wisata. Salah satu tujuan pariwisata dunia adalah Pulau Bali.

Permasalahan yang terjadi di Bali, banyaknya penggunaan penemuan-penemuan baru yang bersifat modern yaitu pendingin ruangan. Pendingin ruangan sangat mempengaruhi iklim dan cuaca pada daerah tersebut. Banyaknya pendingin ruangan maka tingkat pemanasan global semakin tinggi. Permasalahan ini, dari hari ke hari semakin banyak dikarenakan hotel-hotel di Bali yang memiliki kualitas dan fasilitas yang mendukung sangat dicari oleh para pengunjung domestik maupun mancanegara. Selain itu banyak tempat yang sering masyarakat kunjungi seperti mall, kantor-kantor pemerintah maupun swasta, bahkan Air Conditioning (AC) saat ini sudah digunakan di

beberapa sekolah, perguruan tinggi dan di daerah pemukiman penduduk di perkotaan. Pendingin ruangan yang mayoritas adalah menggunakan *Air Conditioning* (AC). Semakin banyaknya penggunaan *Air Conditioning* (AC) yang menggunakan freon sebagai cairan pendinginan dimana freon bereaksi dengan *ozone* tentu akan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan yaitu pemanasan global dan berdampak negatif terhadap kesehatan tubuh manusia [2].

Dengan permasalahan yang di atas, diperlukan sistim pendingin yang hemat energy dan ramah lingkungan yaitu sistim pendingin *evaporative*. Dari penelitian sebelumnya yang dilakukan (Chris Setiawan, 2018) menggunakan material lokal tapis kelapa dan jerami sebagai material *cooling pads* terhadap performansi sistim pendingin *evaporative cooling* [3]. Kemudian (A.A Dwi Swantika, 2016). Dalam penelitian ini, melakukan penelitian terhadap performansi *cooling pad* berbahan sumbu kompor tanpa *ducting* dan dengan *ducting* [4]. Berdasarkan penelitian yang pernah dilakukan, hasil penurunan ΔT_{db} menggunakan material pad tidak signifikan, *efisien* dan tidak *efektif* dimana ΔT_{db} yang dihasilkan masih sangat kecil. Maka solusi yang diberikan saat ini adalah membuat sistim pendingin tanpa menggunakan material pad untuk pendingin ruang semi *outdoor* yang hemat *energy*, *efektif*, *efisen*, dan tentunya ramah lingkungan dan dapat meningkatkan ΔT_{db} dengan performa pendinginan yang lebih baik. Dengan mengangkat judul “Studi Experimental Penggunaan *Dry Ice* untuk Konfigurasi In Line Dengan Rasio Pengisian Tube 75% Terhadap Performansi *Dew Point Cooling System*”.

2. Dasar Teori

2.1. Mengenal *Dew Point Evaporative Cooler*

Dew Point Temperature adalah suhu udara pada tekanan atmosfer dimana uap air di udara mulai mengembun merubah wujud menjadi titik-titik embun [5]. *Dew Point Evaporative Cooler* merupakan sebuah mesin pendingin yang menggunakan prinsip *evaporative cooling*.

2.2 Karakteristik Bahan *Dew Point Evaporative Cooling Pad*



Gambar 1. Karbon Dioksida Padat (*Dry Ice*)

Pendinginan *mevaporative* ini secara teknik disebut dengan pendinginan *adiabatic* yang merupakan proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air sehingga terjadi perubahan dari panas sensibel menjadi panas laten.

Penggunaan *Dry Ice* sebagai bahan *dew point evaporative cooling pad* mempunyai sifat penguapan yang sangat baik, dengan membentuk *dry ice* dan garam batu menjadi kecil berbentuk silinder terhadap pipa pvc akan sangat membantu dalam menguapkan udara menjadi lebih dingin dan tahan lama

2.3 Suhu Udara Nyaman (*Thermal Comfort*)

Sejalan dengan teori Humphreys dan Nicol, Lipsmeier (1994) menunjukkan beberapa penelitian yang membuktikan batas kenyamanan (dalam Temperatur Efektif/TE) berbeda-beda tergantung kepada lokasi geografis dan subyek manusia (suku bangsa) yang diteliti seperti pada tabel di bawah ini [6] :

Tabel 1. Batasan Temperatur Nyaman di Beberapa Negara.

Pengarang	Tempat	Kelompok Manusia	Batas Kenyamanan
ASHRAE	USA Selatan (30° LU)	Peneliti	20,5°C - 24,5°C TE
Zao	Calcutta (23° LU)	India	20°C - 24,5°C TE
Webb	Singapura	Malaysia	25°C - 27°C TE
	Kuala Lumpur	Cina	
Mom	Jakarta (6° LS)	Indonesia	20°C - 26°C TE
Ellis	Singapura	Eropa	22°C - 26°C TE
	Kuala Lumpur		

Sumber: Bangunan Tropis, Georg Lipsmeier

Sementara itu, Standar Tata Cara Perencanaan Teknis Konservasi Energi pada Bangunan Gedung yang diterbitkan oleh Yayasan LPMB-PU membagi suhu nyaman untuk orang Indonesia atas tiga bagian sebagai berikut:

Tabel 2. Suhu Nyaman Menurut Standar Tata Cara Perancangan pada Gedung.

	Temperatur Efektif (TE)	Ketebaban (RH)
• Sejuk Nyaman	20,5°C - 22,8°C	50 %
Ambang atas	24°C	80%
• Nyaman Optimal	22,8°C - 25,8°C	70%
Ambang atas	28°C	
• Hangat Nyaman	25,8°C - 27,1°C	60%
Ambang atas	31°C	

2.4 Performansi Pendinginan *Evaporative*

Penurunan temperatur bola kering udara (ΔT_{db}) dapat didefinisikan sebagai selisih antara temperatur bola kering udaran memasuki sistem dengan temperatur bola kering udara keluar sistem. (Journal Toni Dwi Putra, Nurida Finahari)

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

Efektivitas ini dapat didefinisikan sebagai penurunan temperatur bola kering yang dihasilkan dibagi dengan selisih temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang memasuki sistem. (Harris, 1991).

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

Untuk menentukan kapasitas pendinginan sensibel dapat dihitung dengan persamaan berikut dalam satuan (kW). Effatnejad R, Salehian A. B, (2009),

$$q_s = Q \rho C_p (T_{db,i} - T_{db,o}) \quad (3)$$

Energy efficiency ratio (EER) merupakan hasil bagi antaran apasitas pendinginan sensibel dengan jumlah konsumsi energi pendinginan. Effatnejad R, Salehian A. B, (2009),

$$EFF = \frac{Q_{p} C_p (T_{db,i} - T_{db,o})}{F_c} \quad (4)$$

Penurunan temperature bola kering yang mampu dicapai dengan proses pendinginan udara evaporative tidak dapat lebih rendah dari pada temperature bola basah aliran udara yang memasuki sistem. Pada daerah yang memiliki kelembaban tinggi, udara bebas telah membawa kandungan uap air yang cukup tinggi sehingga hal ini sangat membatasi jumlah pendinginan *sensibel* yang mampu dicapai dengan proses evaporasi (Harris, 1991).

3. Metode Penelitian

3.1. Variasi Kecepatan Aliran Udara

Kecepatan aliran udara dalam penelitian ini akan divariasikan dengan sistem saklar putaran regavolt V1 (10 regavolt), V2 (30 regavolt) dan V3 (50 regavolt). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kecepatan aliran udara terhadap performa sistim pendingin dew point yang dihasilkan.

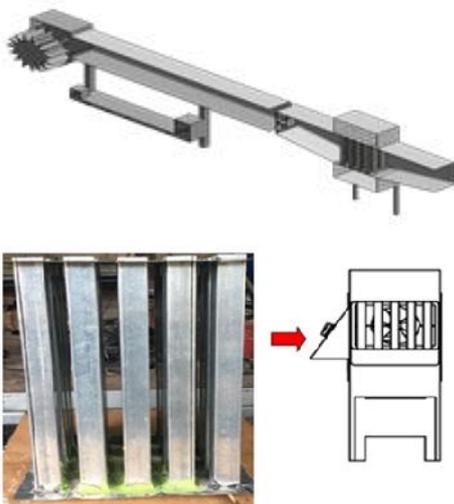
V1 (10 Regavolt) = 4,8 m/s

V2 (30 Regavolt) = 9,5 m/s

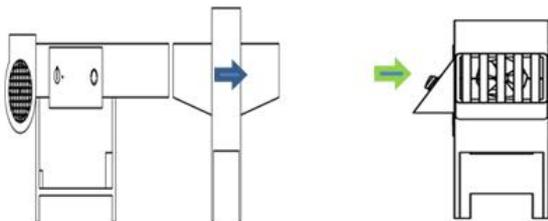
V3 (50 Regavolt) = 11,3 m/s

3.2 Pemodelan Pengujian.

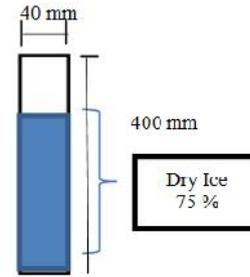
Untuk mempermudah pengujian *dew point cooling system* maka dibuat pemodelan alat seperti gambar berikut ini :



Gambar 2. Desain Dew Point Cooling Pad



Gambar 3. Model Skematik Pengujian



Gambar 4. Solid Dry Pa

3.3 Langkah Perancangan.

Langkah-langkah dalam perancangan *dew point cooling system* ini adalah sebagai berikut :

- Siapkan alat dan bahan berupa pipa besi dengan diameter 40 mm × 40 mm sebanyak 20 batang dengan panjang 400 mm.
- Posisikan pipa-pipa tersebut secara in-line , atur jarak antara pipa, dan sambungkan bagian bawah pipa-pipa tersebut pada plat datar dengan pengelasan, sehingga terbentuk *cooling pad*.
- Pengisian pipa-pipa pad dengan *dry ice* sesuai dengan prosentase pengisiannya. Pengisian dilakukan dengan menggunakan pipa sampel yang terukur volumenya, baru kemudian dituangkan ke masing-masing pipa terpasang.
- Bila pengisian telah selesai, lalu tempatkan *solid dry pad* setelah fan pada box uji.
- Setelah semua selesai maka rangkai alat seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.
- Pasang thermometer bola kering dan bola basah pada sisi masuk udara pada fan serta sisi masuk dan sisi keluar udara dari *solid dry pad*.

3.4 Prosedur Penelitian.

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

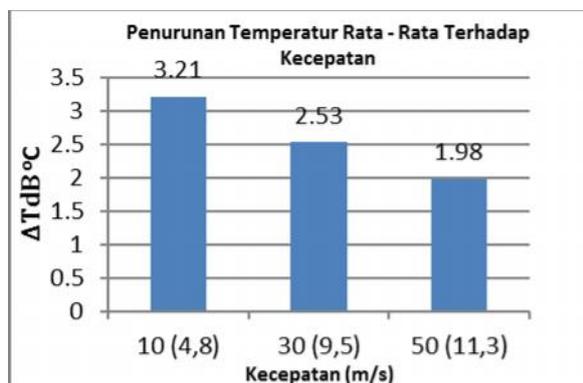
- Persiapkan peralatan dan perlengkapan yang akan digunakan, pasang thermometer bola kering dan thermometer bola basah di tempat yang telah ditentukan.
- Atur putaran fan pada kecepatan aliran udara V1 (4.8 m/s)
- Pasang *solid dry pad* dengan pengisian dry ice 75%, susunan in-line
- Setelah sistim siap, hidupkan fan, lakukan pencatatan temperature bola kering dan bola basah pada sisi masuk fan, sisi masuk pad dan sisi keluar pad setiap 5 menit dalam rentang waktu selama 60 menit
- Lakukan pengulangan b - d untuk kecepatan aliran udara V2 (9.5 m/s) dan kecepatan aliran udara V3 (11.3 m/s).
- Lakukan pengujian untuk masing-masing putaran fan sebanyak 3 kali.
- Pengujian selesai dan matikan alat

4. Hasil Dan Pembahasan

4.1. Data hasil pengujian

Penurunan Temperatur Bola Kering Udara (ΔT_{dB}).

Berikut ini adalah Plot grafik karakteristik penurunan temperatur bola kering udara.



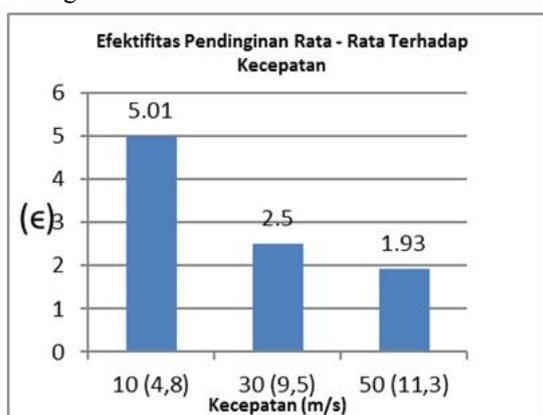
Gambar 5. Grafik Penurunan Temperatur Rata – Rata Bola Kering Udara (ΔT_{dB}) Terhadap Kecepatan ($\frac{m}{s}$)

Pada gambar 5 menunjukkan grafik dari penurunan temperature bola kering udara terhadap kecepatan aliran udara yang masing – masing diuji selama 60 menit dimana, didapat bahwa terjadi penurunan T_{dB} seiring meningkatnya kecepatan aliran udara yang diberikan.

Hal ini disebabkan karena jumlah aliran udara yang mengalir semakin banyak sehingga lebih banyak panas yang dipindahkan dari udara luar yang mengalir pada saat proses pendinginan terjadi. Dapat dilihat penurunan temperature bola kering udara lebih besar terjadi pada kecepatan aliran udara 10 yang dimana kecepatannya mencapai 4,8 m/s.

Efektifitas Pendinginan (ϵ)

Berikut ini adalah plot grafik karakteristik efektifitas pendinginan

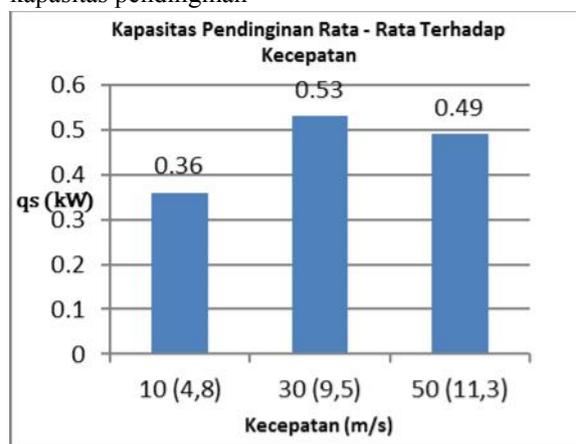


Gambar 6. Grafik Efektifitas pendinginan (ϵ) Rata – Rata Terhadap Kecepatan ($\frac{m}{s}$)

Pada gambar 6 menunjukkan grafik dari efektifitas pendinginana terhadap kecepatan aliran udara yang diuji dimana, didapat bahwa terjadi penurunan efektifitas seiring meningkatnya putaran dari fan yang diberikan. Hal ini disebabkan oleh penyerapan sebagian panas udara oleh putaran fan terhadap pad yang sangat dingin yang menyebabkan terjadinya selisih cukup besar antara $T_{dB} 1$ dengan $T_{dB} 3$. Besaran $T_{wB} 1$ cenderung tidak mengalami perubahan yang cukup besar karena, $T_{wB} 1$ merupakan suhu bola basah udara luar yang memasuki system. Sehingga semakin cepat putaran fan maka semakin banyak udara panas yang di serap pipa akan tetapi dry ice mudah menyublim atau menguap dan pendinginan yang terjadi tidak efektif.

Kapasitas Pendinginan (q_s)

Berikut ini adalah plot grafik karakteristik kapasitas pendinginan

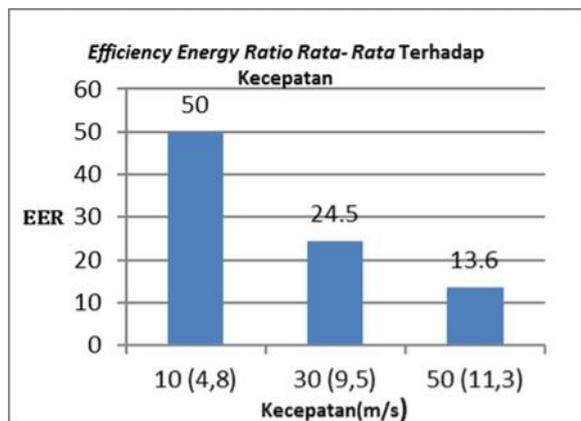


Gambar 7. Grafik Kapasitas Pendinginan (q_s) Rata - Rata Terhadap Kecepatan $\frac{m}{s}$

Pada gambar 7 menunjukkan grafik dari kapasitas pendinginana terhadap kecepatan aliran udara yang diuji dimana, didapat bahwa terjadi meningkatnya kapasitas pendinginan seiring meningkatnya putaran dari fan yang digunakan. Hal ini disebabkan karena putaran fan yang sangat tinggi maka panas yang di serap pipa semakin banyak dan membutuhkan daya yang semakin besar akan tetapi semakin tinggi putaran fan maka dry ice yang terdapat di dalam pad semakin cepat menyublim atau menguap. Namun pada keadaan tertentu terjadi peningkatan kapasitas saat menggunakan putaran fan yang lebih rendah dimana kecepatan udaranya mencapai 4,8 m/s. Hal ini disebabkan karena kecilnya kecepatan aliran udara, sehingga sedikitnya udara yang memasuki pad dan banyaknya udara panas yang menyerap pada pad yang berisikan dry ice.

EER (Energy Efficiency Ratio)

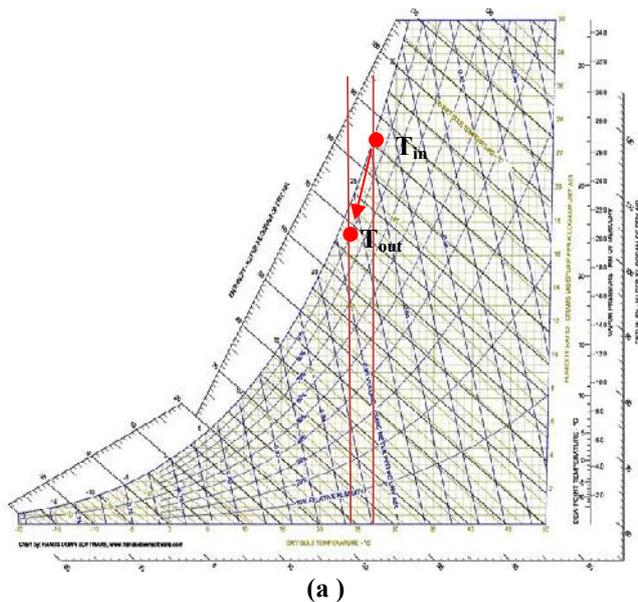
Berikut ini adalah plot grafik karakteristik EER yang dihasilkan



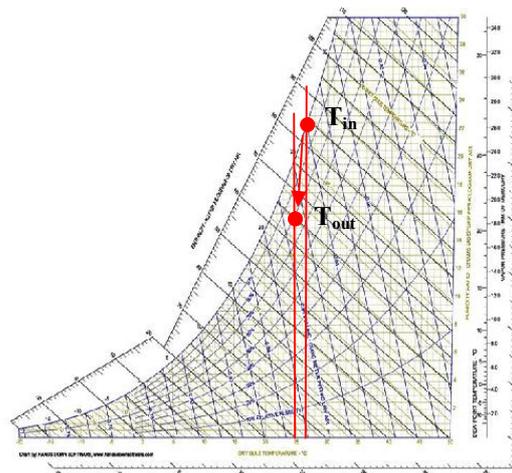
Gambar 8. Grafik Efficiency Energy Ratio (EER) Rata- Rata Terhadap Kecepatan (m/s)

Pada Gambar 8 menunjukkan grafik dari EER terhadap kecepatan (m/s) yang diuji dimana, pada grafik EER merupakan hasil bagi antara kapasitas pendinginan dengan jumlah konsumsi energy pendingin. Dari hasil penjumlahan tersebut dalam penelitian ini tidak menggunakan daya pompa dan hanya menggunakan daya fan saja. Pada penelitian ini apabila semakin tinggi kecepatan aliran udara maka daya blower yang dibutuhkan semakin besar sehingga efficiency energy rasionya semakin rendah, dikarenakan banyaknya udara panas yang menyerap ke solid dry pad yang berisikan dry ice yang temperaturnya sangat rendah dan dry ice yang cepat menguap (mencair).

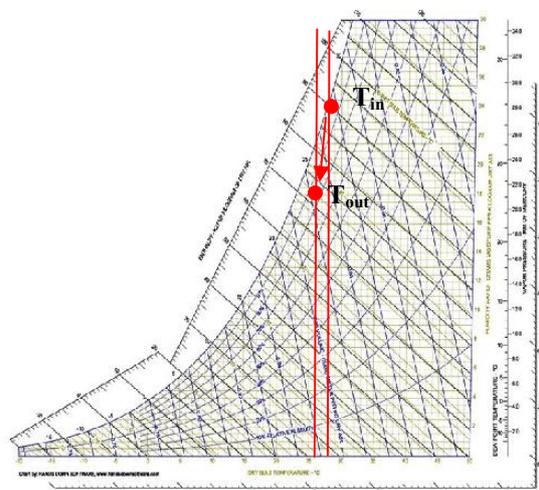
4.2. Grafik Psychrometri



(a)



(b)



(c)

Gambar 9. Grafik Psychrometri

- a. Grafik Psychrometri pada Kecepatan m/s V1 mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi
- b. Grafik Psychrometri pada Kecepatan m/s V2 udara mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi
- c. Grafik Psychrometri pada Kecepatan m/s V3 udara mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi.

5. Kesimpulan

Adapun data hasil penelitian yang diambil maka dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut :

- 1. Semakin rendah kecepatan aliran udara pada kecepatan aliran udara 4,8 m/s maka semakin banyak udara panas yang di serap pipa dikarenakan aliran udara panas konstan di dalam pad dan pendinginan yang dihasilkan konstan.

2. Pengisian variasi *dry ice* sangat mempengaruhi lamanya proses pendinginan, semakin sedikit pengisian *dry ice* maka proses pendinginan semakin cepat.
3. Semakin tinggi kecepatan aliran udara pada kecepatan aliran udara 11,3 m/s, maka panas yang di serap pipa semakin banyak akan tetapi *dry ice* akan cepat menyublim atau menguap dan proses pendinginan tidak konstan.
4. Kecepatan aliran udara yang menghasilkan suhu nyaman optimal adalah kecepatan aliran udara 4,8 m/s dan 9,5 m/s dalam pengujian menit – menit awal sehingga udara menjadi sejuk dan basah.
5. Dari grafik psychometri di setiap variasi kecepatan aliran udara mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi.



I Made Yudi Yastika telah menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2014 sampai 2019.

Judul Skripsi: “Studi Experimental Penggunaan Dry Ice Untuk Konfigurasi In Line Dengan Rasio Pengisian Tube 75% Terhadap Performansi Dew Point Cooling System”.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih terutama kepada Teknisi Laboratorium KE Teknik Mesin Universitas Udayana yang telah meminjamkan tempat dalam penelitian ini. Penulis juga berterimakasih kepada kedua orang tua yang telah banyak mendukung baik doa dan dukungan biaya hingga selesainya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] John Huckle dalam Miriam Steiner, 1996, <http://staffnew.uny.ac.id/upload/>
- [2] Rizka Adekayanti. *Pengaruh Penggunaan Air Conditioner Terhadap Gangguan Kesehatan Yang Berdampak Terhadap Kebugaran Pelajar.*
- [3] Chris Setiawan, 2018, *Studi Eksperimental Performansi Pendingin Evaporative Cooling Pads Dengan Tapis Kelapa dan Jerami.*
- [4] A.A Dwi Swantika, 2016. *Studi Eksperimental Performansi Cooling Pad Berbahan Sumbu Kompor Tanpa Ducting dan Dengan Ducting.*
- [5] Eko Romadhoni. *Mesin Penghasil Air Aki Menggunakan Mesin Siklus Kompresi Uap Dilengkapi Dengan Humidifier.*
- [6] Basaria Talarosha, 2005, *Menciptakan Kenyamanan Thermal Dalam Bangunan.*