

Study Eksperimental Performansi *Evaporative Cooling Pad* Dengan Penggunaan Aliran Paksa Udara Dingin Dengan Saluran Udara Berbentuk Persegi Empat

Dhanu Reksa Anestyan, Hendra Wijaksana, I Nengah Suarnadwipa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Evaporative Cooling adalah suatu proses pendinginan dimana dalam fase cair berkontak langsung dengan udara dan menghasilkan fase gas. *Evaporative Cooling* pada penelitian ini menggunakan jenis *evaporative cooling wall* tipe *Staggered* dan media air dengan es yang akan digunakan untuk mengkondisikan suhu di dalam kandang ayam agar ayam tidak mengalami *heat stress*. *Ducting* persegi empat sebagai media menyalurkan udara, mengkondisikan udara, dan mengurangi kelembaban udara pada kandang. Penelitian ini menggunakan *Volume* persegi empat $0,54 \text{ m}^3$, dengan penambahan lubang pada bagian bawah sebagai aliran udara ke kandang ayam dengan diameter 5 cm berjumlah 65 lubang dan diberikan ventilasi di atas kandang ayam berdiameter 7 cm sebanyak 4 buah. Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa pendinginan *evaporative cooling* yang meliputi penurunan bola kering udara, efektivitas pendinginan, kapasitas pendinginan, *EER*, kelembaban relative dan distribusi temperatur. Variabel yang diukur saat pengujian adalah putaran rpm fan yaitu putaran rpm 1 (1440 rpm), putaran rpm 2 (1470 rpm) dan putaran rpm 3 (1500 rpm).

Kata kunci : *Evaporative Cooling*, *ducting*, rpm

Abstract

Evaporative Cooling is a cooling process in which the liquid phase contacts directly with air and produces a gas phase. *Evaporative Cooling* in this research using *Staggered* type *evaporative cooling wall* and water media with ice that will be used to condition the temperature inside the chicken coop so that the chicken does not experience *heat stress*. *Ducting* the rectangular as a medium channeling the air, conditioning the air, and reduce the air humidity in the cage. This study uses *ducting* in the form of a rectangular, the volume of the rectangular $0,54 \text{ m}^3$, with the addition of hole at the bottom as air flow to the chicken coop with the diameter of 5 cm amounted to 65 holes and provided ventilation on top of chicken cage with diameter 7 cm as many as 4 pieces. The test is performed to determine the cooling performance of *evaporative cooling* which includes air dry ball depletion, cooling effectiveness, cooling capacity, *EER*, temperature distribution and relative humidity. The variables measured during the test are rotation of rpm fan which is rotation of rpm 1 (1440 rpm), rotation of rpm 2 (1470 rpm) and rotation of rpm 3 (1500 rpm).

Keywords: *evaporative cooling*, *ducting*, round rpm.

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak astronomis $6^\circ - 11^\circ \text{LS}$ dan $95^\circ - 141^\circ \text{BT}$ dan memiliki iklim tropis. Ciri – ciri iklim tropis adalah suhu tinggi disepanjang tahun, yaitu sekitar $33^\circ - 37^\circ \text{C}$. Namun, suhu tersebut masih terlalu tinggi untuk para unggas. Suhu yang nyaman bagi ayam petelur yaitu sekitar $25^\circ \text{C} - 32^\circ \text{C}$, dan suhu yang cocok untuk kandang ayam membutuhkan suhu $21^\circ - 24^\circ \text{C}$. Jika melewati suhu diatas, maka dapat menimbulkan penurunan perkembangbiakan ayam bertelur dan dapat juga ayam lebih sering terkena berbagai macam penyakit. Mengurangi tingkatan suhu tersebut diperlukan sistem pengkondisian udara. Sistem

Pengkondisian udara adalah mengatur kondisi udara yang meliputi temperatur, kelembaban, kualitas dan sirkulasi udara. Penelitian ini akan menggunakan sistem pendingin *evaporative* portable yang bekerja pada fan (kipas) dan *evaporative cooling pads*. Diharapkan mampu memberikan hasil pengkondisian udara yang lebih baik agar kondisi ayam dan sekitarnya bisa sesuai dalam kondisi nyaman. (Ekadewi A. Handoyo, dkk, 2008). *Cooling pads* yang akan digunakan berbahan sumbu kompor yang memiliki penyerapan yang baik dengan susunan pads pada tipe *staggered* agar fluida yang lewat dapat menguap pada partikel – partikel terkecil (Purwata,

2013). Berdasarkan hal tersebut diatas, akan dilakukan penelitian dengan menggunakan sumbu *pads*. Berdasarkan hal tersebut diatas, akan dilakukan penelitian dengan menggunakan sumbu kompor aliran paksa udara dingin dengan variasi kecepatan putaran I (1440rpm), putaran II (1470rpm), putaran III (1500rpm) menggunakan *ducting* berbentuk persegi empat, dengan menambahkan ventilasi diatas box uji dan beberapa lubang dibawah *ducting* agar dapat dimanfaatkan secara penuh tanpa mengalami *losses* dan udara panas dibuang menuju ventilasi diatas box uji.

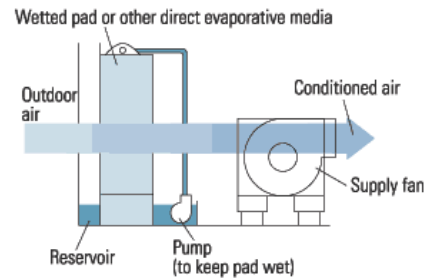
2. Dasar Teori

2.1 Evaporative Cooler

Evaporative Cooler merupakan sebuah system pendingin yang menggunakan prinsip evaporative cooling. Evaporative cooling merupakan sistem pengkondisian udara yang menggunakan air sebagai media pendinginan dan menambah kelembaban pada aliran udara, sehingga temperatur bola kering menjadi lebih dingin sebelum mengalami proses penguapan. Udara dalam proses penguapan dibedakan atas suhu bola kering (*dry bulb temperature*) dan suhu bola basah (*wet bulb temperature*). Perbedaan kedua suhu tersebut dari kondisi udara yang digunakan, akan menentukan terhadap besarnya efek pendinginan yang terjadi. Pendinginan evaporative secara teknik disebut dengan pendinginan adiabatik. Pendinginan adiabatik adalah proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air sehingga terjadi perubahan dari panas sensibel menjadi panas laten.

2.2 Tipe Desain Evaporative Cooler

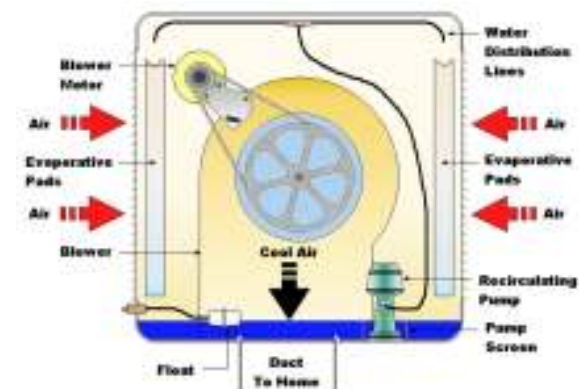
Direct evaporative cooling merupakan proses dimana udara dari luar dialirkan masuk dengan menggunakan *fan* melalui *evaporative cooling pad* dengan mengalirkan air dari bagian atas *evaporative cooling pad* sehingga sebagian panas sensibel dari udara dipindahkan ke air dan menjadi panas *latent* dan menyebabkan suhu udara menjadi dingin. (Shepard, 1995).



Gambar 1. *Direct evaporative cooling*
Sumber : *Evaporative Cooling Systems Types of Evaporative Cooling.*

2.3 Rancangan Evaporative Cooler Pada Umumnya

Pada sistem pendinginan *evaporative cooler* bekerja dengan menghisap udara dari lingkungan, pompa dihidupkan untuk mendorong air melalui *water distribution line* dan membasahi *evaporative pads*. Udara dari luar dihisap oleh blower melewati *Evaporative Pads* yang sudah dikondisikan oleh air, terjadilah sirkulasi antara udara panas dan udara dingin dan dihembuskan menuju *ducting* atau tempat tujuan.



Gambar 3. Rancangan *Evaporative Cooler*.
Sumber : *Central Plumbing LCC.*

2.4 Karakteristik Bahan Evaporative Cooling Pad

Menurut seorang peneliti di Universitas Arizona, sebuah *evaporative cooling pad* harus mempunyai :

- Sifat penyerapan yang baik. Dalam hal ini bahan yang dapat menyerap air.
- Tidak reaktif terhadap bahan di sekitarnya.
- Lebih kaku pada keadaan lembab,
- Pori-pori bahan *evaporative cooling pad* tidak terlalu kecil sehingga dapat mengakibatkan penurunan tekanan.

2.5 Suhu Udara Nyaman (*Thermal Comfort*)

Suhu udara yang nyaman bagi ayam petelur bisa dilihat dari gambar dibawah:

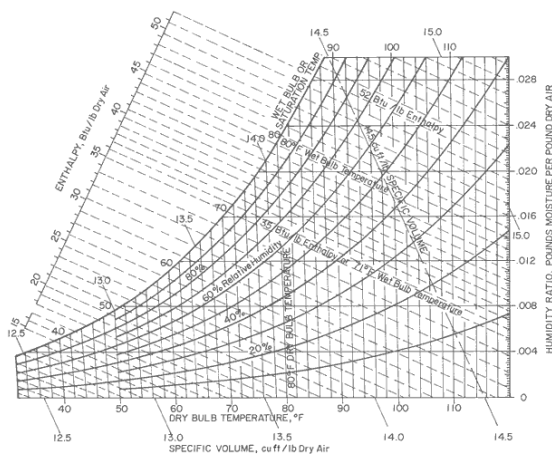
Ayam Pedaging			Ayam Petelur		
Umur (hari)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Umur (hari)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
1	32-29	60-70	0-3	33-31	55-60
3	30-27	60-70	4-7	32-31	55-60
6	28-25	60-70	8-14	30-28	55-60
9	27-25	60-70	15-21	28-26	55-60
12	26-25	60-70	22-24	25-23	55-65
≥15	24-25	60-70	≥25	25-23	55-65

Gambar 4. Tabel Suhu Udara Nyaman Ayam Petelur

Sumber : Ross Manual Management, 2009 dan ISA Brown Manual Management (2007)

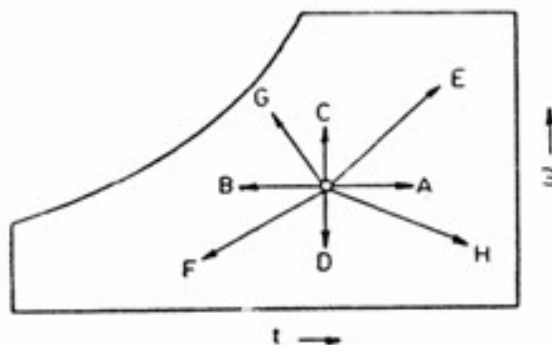
2.6 Psychrometric Chart

Mengetahui sifat-sifat udara yang terdiri dari temperature bola kering dan basah, kelembaban relative, entalphi, dan kelembaban spesifik dapat salah satu yang sering digunakan dan melingkupi banyak sifat udara adalah *psychrometric chart*.



Gambar 5. Psychrometric Chart

Sumber : (Suprianto, Fandi D. *Peningkatan unjuk kerja peralatan air washer dan evaporative cooler*.2004.p.10)



Gambar 6. Delapan Proses Thermodinamika Dasar
Sumber : (Suprianto, Fandi D. *Peningkatan unjuk*

kerja peralatan air washer dan evaporative cooler. 2004. p.12).

- Pemanasan sensibel (OA)
- Pendinginan sensibel (OB)
- Humidifikasi (OC)
- Dehumidifikasi (OD)
- Pemanasan & humidifikasi (OE)
- Pendinginan & dehumidifikasi (OF)
- Pendinginan & humidifikasi (OG)
- Pemanasan dan dehumidifikasi (OH)

2.7 Performansi Pendinginan *Evaporative*

Penurunan temperatur bola kering udara (ΔT_{dB}), selisih antara temperatur bola kering udara 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 pendinginan, penurunan temperatur bola kering yang dihasilkan dibagi dengan selisih temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang memasuki sistem.

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

$T_{dB,i}$ = temperatur bola kering udara yang memasuki sistem.

$T_{dB,o}$ = temperatur bola kering udara yang keluar sistem.

$T_{WB,i}$ = temperatur bola basah udara yang memasuki sistem.

Kapasitas pendinginan, dapat dihitung dengan persamaan berikut dalam satuan (kW). (IJTPE Journal, 2009).

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

Energy efficiency ratio (EER), hasil bagi antara kapasitas pendinginan sensibel dengan jumlah konsumsi energi pendinginan. (IJTPE Journal, 2009).

$$EER = \frac{Q \rho C_p (T_{dB,i} - T_{dB,o})}{P_t} \quad (4)$$

Q = laju aliran volume udara, m^3/s .

ρ = massa jenis udara, kg/m^3 .

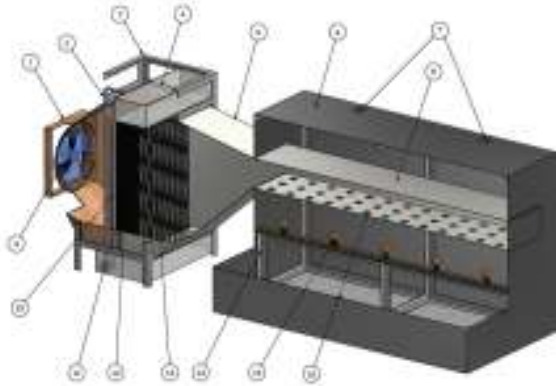
C_p = panas spesifik udara, $kJ/kg.K$

P_t = konsumsi energi pendinginan, kW.

3. Metode Penelitian

3.1 Variasi Putaran Rpm

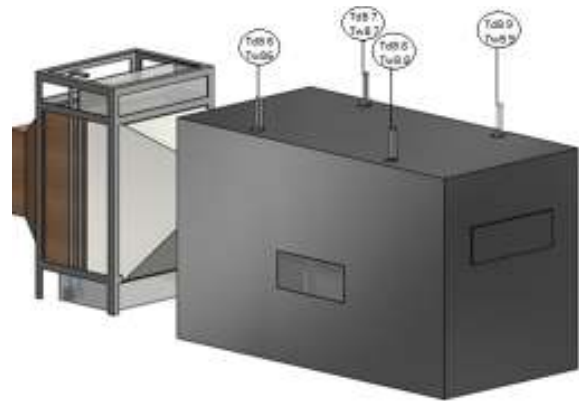
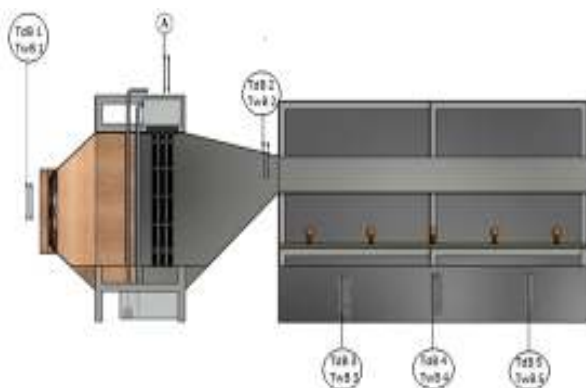
Variasi putaran rpm I = 1440 rpm, Putaran rpm II = 1470 rpm dan Putaran rpm III = 1500 rpm



Gambar 7 : desain 3D alat uji

Keterangan Gambar :

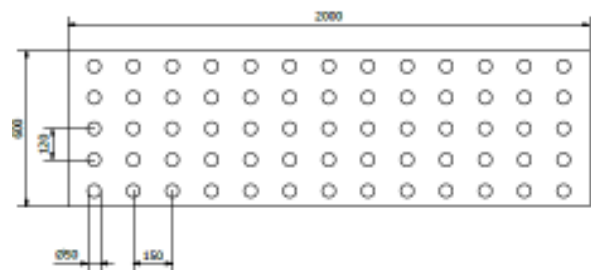
1. Kotak *fan*
2. Pipa *return*
3. Besi plat
4. Bak atas
5. *Manifold*
6. Box uji
7. Lubang sirkulasi
8. *Ducting*
9. *Fan*
10. Pipa distribusi
11. Pompa
12. Lubang angin
13. *Cooling pad*
14. Besi plat box uji
15. Lampu Pijar
16. Lubang pada *ducting*



Gambar 8 : Desain alat uji *evaporative cooling pad*

Keterangan gambar :

- A. Temperatur air
- TdB 1, TwB 1. Temperatur di luar *fan*
- TdB 2, TwB 2. Temperatur udara keluar *pads*
- TdB 3, TwB 3. Temperatur udara dalam box uji bagian kiri
- TdB 4, TwB 4. Temperatur udara dalam box uji bagian tengah
- TdB 5, TwB 5. Temperatur udara dalam box uji bagian kanan
- TdB 6, TwB 6. Temperatur udara diatas box uji (out)
- TdB 7, TwB 7. Temperatur udara diatas box uji (out)
- TdB 8, TwB 8. Temperatur udara diatas box uji (out)
- TdB 9, TwB 9. Temperatur udara diatas box uji (out)

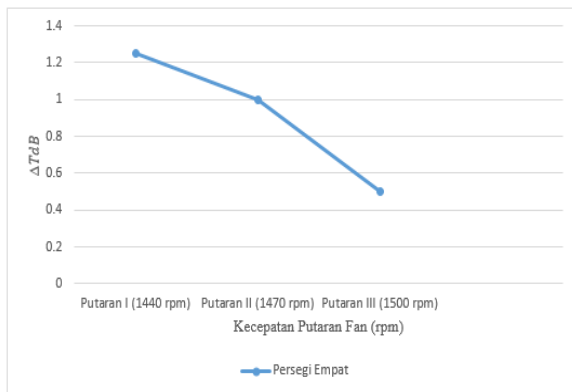


Gambar 9. Ducting berbentuk persegi empat (dalam satuan mm)

4. Hasil Perhitungan dan Analisa Data

Pengolahan data yang dilakukan dapat dianalisa melalui grafik hasil plot perhitungan yang dilakukan yaitu besarnya : Penurunan Temperatur Bola Kering Udara (ΔT_{db}), Efektivitas Pendinginan (ϵ), Kapasitas Pendinginan (q_s), *Energy Efficiency Ratio* (EER) dan Kelembaban Relatif.

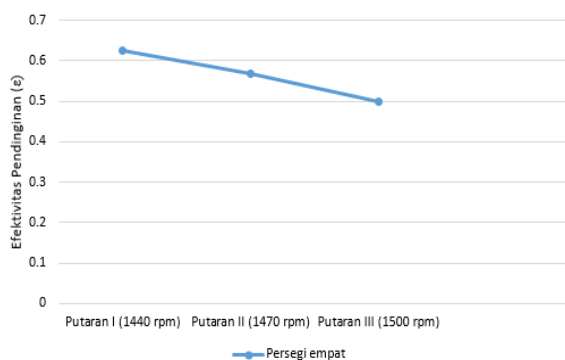
4.1. Hubungan Putaran *Fan* Terhadap Penurunan Temperatur Bola Kering Udara



Gambar 10. Grafik hubungan antara putaran *fan* terhadap penurunan temperatur bola kering udara (ΔT_{dB}).

Menunjukkan grafik dari putaran *fan* terhadap penurunan temperatur bola kering udara yang diuji dimana dapat dilihat bahwa terjadi penurunan ΔT_{dB} dari rpm 1 ke rpm 2 ke rpm 3. Hal ini disebabkan semakin besar putaran rpm yang dihasilkan, maka udara di luar ruangan akan semakin cepat di kondisikan. Karena putaran rpm yang lebih besar dapat mengurangi suhu yang semakin besar, kemudian udara panas yang dihembuskan oleh *fan* tersebut melewati *cooling pads*, karena semakin besar putaran rpm *fan*, maka semakin banyak udara yang dipindahkan dan proses pendinginan yang terjadi.

4.2. Putaran *Fan* Terhadap Efektivitas Pendinginan (ϵ).

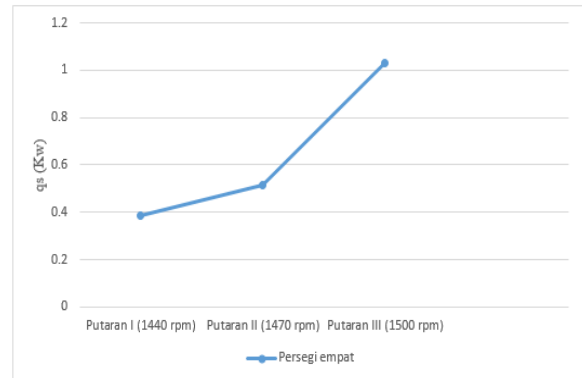


Gambar 11. Grafik hubungan antara putaran *fan* terhadap efektivitas pendinginan (ϵ).

Dapat dilihat bahwa terjadi penurunan efektivitas seiring dengan meningkatnya putaran *fan* yang digunakan. Hal ini disebabkan semakin besar

putaran *fan* yang dihasilkan, maka udara yang dihasilkan akan semakin dingin.

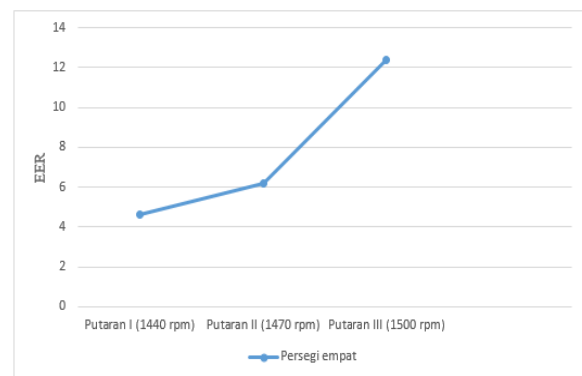
4.3. Putaran *Fan* Terhadap Kapasitas Pendinginan



Gambar 12. Grafik hubungan antara putaran *fan* terhadap kapasitas pendinginan (q_s).

Dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kapasitas pendinginan seiring dengan meningkatnya putaran *fan*. Hal ini disebabkan karena putaran rpm *fan* yang lebih tinggi akan memperbesar laju aliran volume udara sehingga akan menyebabkan udara dingin yang dihembuskan lebih besar. Dilihat dari grafik diatas bahwa semakin besar putaran *fan* yang dihasilkan, maka konsumsi energi pendinginan yang dihasilkan lebih besar.

4.4. Putaran *Fan* Terhadap EER (*Energy Efficiency Ratio*)

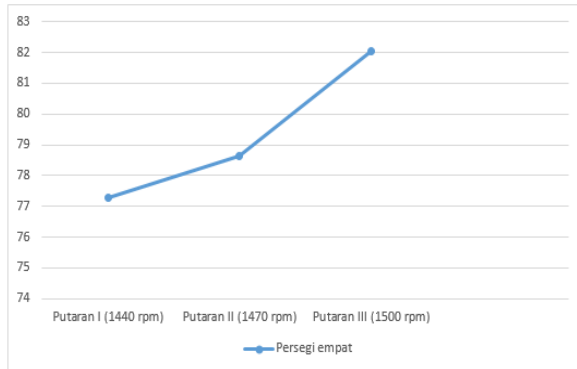


Gambar 13. Grafik hubungan antara putaran *fan* terhadap energy efficiency ratio (EER).

Menunjukkan grafik putaran *fan* terhadap EER, dimana dapat dilihat bahwa grafik EER meningkat seiring meningkatnya putaran *fan*. Hal ini disebabkan karena putaran rpm *fan* yang lebih tinggi akan menghasilkan laju aliran volume udara yang

lebih besar sehingga akan menyebabkan udara dingin yang dihembuskan lebih besar.

4.5. Putaran Fan Terhadap Kelembaban Relatif

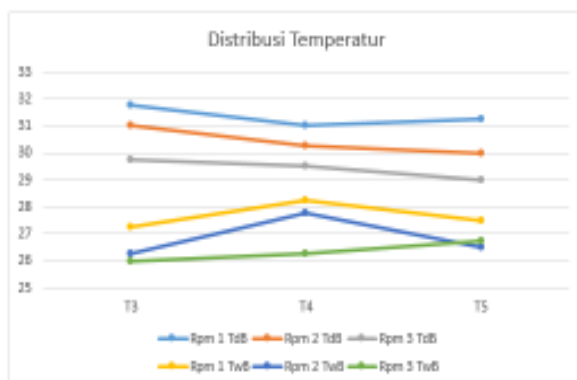


Gambar 14. Grafik hubungan antara putaran fan terhadap kelembaban relatif.

Menunjukkan grafik putaran fan terhadap kelembaban relatif yang diuji. Dimana dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan seiring dengan meningkatnya putaran rpm. Hal ini disebabkan karena semakin besaar putaran rpm yang dihasilkan, semakin besar udara dingin yang dihembuskan, dan kelembaban akan semakin meningkat.

4.6. Distribusi Temperatur

Distribusi temperatur yaitu hasil perpindahan energi atau perambatan panas dari bagian yang bertemperatur tinggi ke bagian yang bertemperatur rendah. Hasil grafiknya yaitu sebagai berikut :



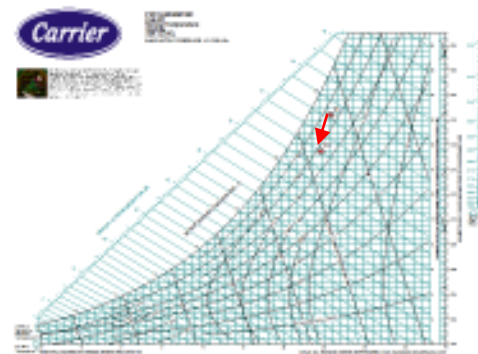
Gambar 15. Distribusi Temperatur TdB 3, 4, 5 dan TwB 3, 4, 5.

Gambar diatas merupakan hasil grafik distribusi temperatur, dimana dengan performansi yang dihasilkan dibagian *Cooling pads*, maka data yang diperoleh berdasarkan pengujian pada alat. Keterangannya semakin besar putaran rpm yang dihasilkan, maka semakin rendah suhu pada box uji yang dapat terukur.

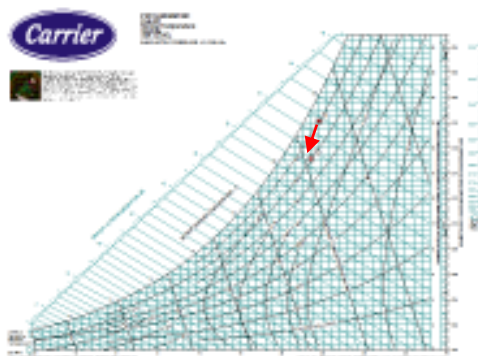
4.7. Grafik Psychrometri

Grafik psychrometri merupakan grafik untuk mengetahui kajian mengenai sifat-sifat campuran udara dan uap air.

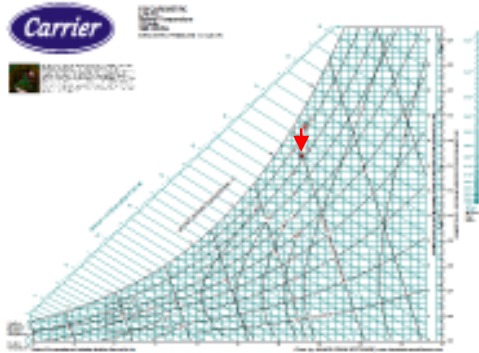
Gambar 16. Grafik Psychrometri Ducting Persegi Empat.



(a)



(b)



(c)

Gambar diatas menunjukkan hasil data psychrometri chart, dimana cara memperolehnya yaitu dengan mempertemukan titik antara garis pada TdB 1 dan TwB 1, dan TdB 2 dan TwB 2. Kemudian hasil prosesnya di berikan tanda panah dari T1 menuju T2. Berdasarkan dari **Gambar 6**, maka diperoleh hasil seperti dibawah ini :

- (a) **Grafik Psychrometri pada putaran 1 (1440 rpm) udara mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi.**
- (b) **Grafik Psychrometri pada putaran 2 (1470 rpm) udara mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi.**
- (c) **Grafik Psychrometri pada putaran 3 (1500 rpm) udara mengalami proses pendinginan dan dehumidifikasi.**

Daftar Pustaka

1. Shepard, M., J. Gregerson, D.J. Houghton P.E., L. Fryer, J. Elleson, B. Pattinson, W. Hawthorne, L. Wester, J. Stein, D. Davia, and S. Parson. June (1995). *Commercial Space Cooling and Air Handling Technology Atlas*. E-Source, Inc., Boulder, COsp.
2. Suprianto D. Fandi, Handoyo A. Ekadewi, (2004). *Peningkatan Unjuk Kerja Peralatan Air Washer*. Jurnal Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra. Surabaya.
3. Harris, Norman C. (1991). "Modern Air Conditioning Practice". McGraw-Hill, inc.
4. Effatnejad R, Salehian A. B, (2009), "Standard Of Energy Consumption And

Energy Labeling In Evaporative Air Cooler In Iran" Jurnal IJTPE, Volume 1, Nomor 1.

5. Karpiscak, Martin;G.W. France, T.M. Babcock, and H. Johnson (1994).