

Analisa Performansi Cooling Pad Dengan Penambahan Saluran Berbentuk Silinder Dan Balok

I Made Yudha Permata, Hendra Wijaksana dan Ketut Astawa
Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

Abstrak

Pendinginan evaporatif merupakan proses penguapan air pada suatu permukaan yang mengalami kontak secara langsung antara air dengan udara. Pendingin evaporatif pada penelitian ini digunakan untuk mendinginkan suhu udara di dalam kandang ayam agar tidak mengalami heat stress. Ducting digunakan sebagai media menyalurkan udara, perpindahan panas, dan untuk mengurangi kelembaban pada proses penguapan air yang terjadi kontak dengan udara. Dalam penelitian ini menggunakan variasi penambahan ducting berbentuk silinder dan balok. Volume silinder dan balok yang sama yaitu 0.54 m^3 , dengan penambahan lubang pada bagian bawah dengan diameter 5 cm berjumlah 65 lubang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa pendingin evaporative cooling yang meliputi penurunan bola kering udara, efektivitas pendinginan, kapasitas pendinginan, EER dan kelembaban relatif. Variabel yang diukur saat pengujian adalah putaran rpm fan yaitu rpm 1, rpm 2 dan rpm 3. Dari penelitian didapat hasil dengan menggunakan ducting balok pada rpm 3 penurunan temperatur bola kering udara, efektifitas pendinginan, kapasitas pendinginan, EER (energy efficiency ratio) dan kelembaban relatif lebih tinggi dibanding ducting berbentuk silinder. Semakin besar kontak antara udara dengan permukaan ducting, akan memperbesar perpindahan panas yang terjadi.

Kata kunci : pendinginan, suhu, ducting, putaran rpm.

Abstract

Evaporative cooling is the evaporation of water on a surface that experienced direct contact between the water with air. Evaporative coolers in this study is used to cool the air temperature inside the henhouse so as not to heat stress. Ducting used as a medium to channel air, heat transfer, and to degrade the humidity on the evaporation of water that comes by contact with air. This research, using a variation of the addition ducting cylindrical and beam. The volume of the cylinder and the beam are 0.54 m^3 , with adding a hole at the bottom with a diameter 5 cm are 65 holes. The testing aims to know the performance of cooling evaporative cooler which includes a decrease in air-dry bulb, the effectiveness of cooling, cooling capacity, EER and the relative humidity. Variables measured when testing is a fan rpm rotation, they are rpm 1, rpm 2 and rpm 3. The results of this research by using beam ducting at rpm 3 temperature decrease dry bulb air, the effectiveness of cooling, cooling capacity, EER (energy efficiency ratio) and the relative humidity is higher than using cylindrical ducting. The greater contact between the air with the surface of ducting, will increase the heat transfer.

Keywords: cooling, temperature, ducting, round rpm.

1. Pendahuluan

Cooling pads merupakan media pendinginan pada evaporative cooling wall. Cooling pads yang digunakan berbahan dari sumbu kompor minyak tanah yang memiliki penyerapan yang baik. Semakin rendah suhu air pada pads akan menghasilkan temperature bola kering udara, efektifitas pendinginan, kapasitas pendinginan, dan EER yang tinggi. Semakin besar debit air yang digunakan akan menghasilkan penurunan bola kering udara, efektifitas pendinginan, kapasitas pendinginan dan EER yang tinggi pula [1]. Tingginya kelembaban udara menyebabkan terhambatnya mekanisme pelepasan/pembuangan panas tubuh atau penurunan beban panas yang dapat menimbulkan heat stress. Heat stress inilah yang menyebabkan penurunan produktivitas unggas. Selain itu mikroorganisme juga mudah berkembang, sehingga unggas lebih mudah terinfeksi bibit penyakit. Jamur akan cepat

berkembang pada suhu kandang pada kisaran 30-35 °C, dan kelembaban relatif pada kisaran 80-90% [2]. Untuk mengatasi hal tersebut akan dilakukan penambahan ducting pada aliran udara yang berfungsi mengarahkan dan mendistribusikan udara dingin ke dalam ruangan yang akan dikondisikan. Pada umumnya ducting yang digunakan adalah yang berbentuk balok dan silinder. pengujian karakteristik cooling pads berbahan sumbu kompor dengan variasi ducting berbentuk balok dan silinder pada transmisi aliran udara guna mendapatkan hasil penelitian untuk mengetahui kemampuan pendinginan yang terjadi dan pengaruh terhadap kelembaban relatif dan absolut dari penambahan ducting pada ruangan yang didinginkan.

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu bagaimana performansi cooling pad berbahan sumbu kompor dengan

penambahan variasi *ducting* berbentuk silinder dan balok.

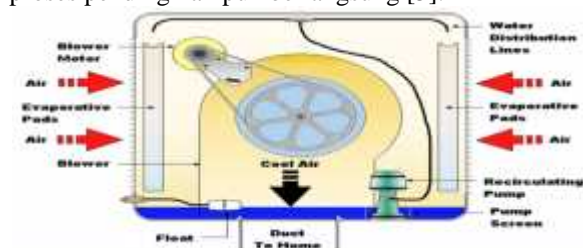
Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Pengambilan data-data penelitian dilakukan pada ruangan terbuka.
2. Temperatur lingkungan dianggap konstan.
3. Temperatur air yang digunakan $10^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
4. *Fan* yang digunakan adalah *fan* dengan variasi kecepatan aliran udara.
5. Pengambilan data dilakukan setelah alat dihidupkan saat pad basah secara merata.

2. Dasar Teori

Evaporative Cooler merupakan sebuah mesin pendingin yang menggunakan prinsip *evaporative cooling* [3]. *Evaporative cooling* merupakan sistem pengkondisian udara yang menggunakan air untuk mendinginkan dan menambah kadar air atau kelembaban pada aliran udara, sehingga temperatur bola kering menjadi lebih dingin sebelum mengalami proses penguapan. Udara yang berperan dalam proses penguapan mengalami perubahan secara psikrometrik yaitu terjadi perbedaan atau perubahan suhu bola kering (*dry bulb temperature*) dan suhu bola basah (*wet bulb temperature*) udara sebelum dan sesudah kontak dengan media basah. Besarnya perbedaan kedua suhu tersebut dari kondisi udara yang digunakan, akan menentukan terhadap besarnya efek pendinginan yang terjadi [4].

Pada umumnya *evaporative cooler* bekerja dengan menghisap udara dari lingkungan, saat dihisap inilah udara bersinggungan dengan bantalan yang ditetesi air di sisi belakang (sisi hisap) blower/*fan*. Air membasahi bantalan yang menyerupai jala-jala di bagian atasnya dan sisa tetesan ini akan jatuh di *water tank* yang ada di bawah. Air disirkulasikan dari *water tank* ke bagian atas bantalan dengan bantuan pompa. Udara dingin yang keluar dari bantalan akan dihisap dan dihembuskan oleh blower/*fan* kelingkungan, dan proses pendinginan pun berlangsung [5].



Gambar 1. Rancangan *Evaporative Cooler*

2.1. Sifat - Sifat Udara Basah

Dry Bulb temperature (Temperatur bola kering), adalah temperatur udara yang diukur menggunakan termometer yang terkena udara bebas namun terjaga dari sinar matahari dan embun [6].

Wet Bulb Temperature (Temperatur bola basah), yaitu suhu bola basah. Sesuai dengan namanya “*wet bulb*”, suhu ini diukur dengan menggunakan termometer yang bulbnnya (bagian bawah

termometer) dilapisi dengan kain yang telah basah kemudian dialiri udara yang ingin diukur suhunya. Perpindahan kalor terjadi dari udara ke kain basah tersebut. Kalor dari udara akan digunakan untuk menguapkan air pada kain basah tersebut, setelah itu baru digunakan untuk memuaikan cairan yang ada dalam termometer [7].

Kelembaban Relatif merupakan ukuran derajat kejenuhan udara pada temperatur bola kering (T_{dB}) tertentu. Besaran ini menyatakan presentase kejenuhan udara. $RH = 100\%$ berarti udara dalam keadaan jenuh dan $RH = 0\%$ berarti udara dalam keadaan kering sempurna.

Psychrometric Chart diagram yang digunakan dalam praktek teknik pengkondisian udara, namun salah satu yang sering digunakan dan melingkupi banyak sifat udara adalah *psychrometric chart*. Diagram ini juga memiliki akurasi yang masih dapat diterima untuk masalah pengkondisian udara [8].

2.2. Performansi Pendinginan *Evaporative*

Penurunan temperatur bola kering udara (T_{dB}) dapat didefinisikan sebagai selisih antara temperatur bola kering udara memasuki sistem dengan temperatur bola kering udara keluar sistem [9].

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

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 [9].

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

Untuk menentukan kapasitas pendinginan sensibel dapat dihitung dengan persamaan berikut dalam satuan (kW)[9]

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

Energy efficiency ratio (EER) merupakan hasil bagi antara kapasitas pendinginan sensibel dengan jumlah konsumsi energi pendinginan[9].

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

Penguapan atau evaporasi adalah proses perubahan molekul di dalam keadaan cair (contohnya air) dengan spontan menjadi gas (contohnya uap air).[10]

$$E_r = \frac{(m_a) / \rho_{air}}{t} = \frac{(m_{a0} - m_a) / 1000 \text{ kg} / \text{m}^3}{t} = (\text{liter} / \text{jam}) \dots \dots (5)$$

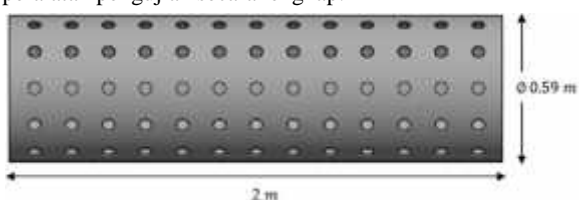
3. Metode Penelitian

Penelitian dan pengujian *cooling pad* ini mempergunakan peralatan dan bahan sebagai berikut:

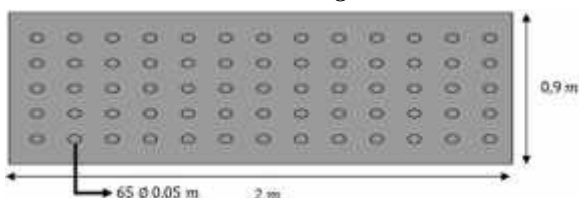
- a. Pompa digunakan untuk mengalirkan air dari *water tank* ke *water distribution line*.
- b. Pipa, Elbow, T, dan Dop
- c. *Fan* digunakan untuk mengalirkan udara pada sistem
- d. Sumbu Kompor digunakan sebagai media atau material pad dalam penelitian.
- e. Besi L digunakan untuk membuat kerangka

- saluran udara/*ducting*
- Kaca dengan ukuran 5 mm digunakan sebagai *water tank* dan *water distribution line* untuk menampung air.
 - Termometer digunakan untuk mengukur temperatur bola kering dan bola basah udara.
 - Anemometer* digunakan untuk mengukur kecepatan pada aliran udara.
 - Air digunakan untuk meningkatkan kelembaban udara dan menurunkan temperatur udara.
 - Es Batu digunakan untuk mengkondisikan temperatur air pada sistem pendingin evaporatif.
 - Kain Katun digunakan untuk memodifikasi termometer untuk mengukur temperature bola basah.
 - Besi Plat digunakan sebagai penutup rangka cooling pad, box uji, *ducting* dan manifold.
 - Lampu Pijar digunakan sebagai beban pemanasan dalam box uji
 - Tachometer* digunakan untuk mengukur putaran rpm pada fan.
 - Timbangan digunakan untuk menimbang berat alat sebelum dan sesudah pengujian.

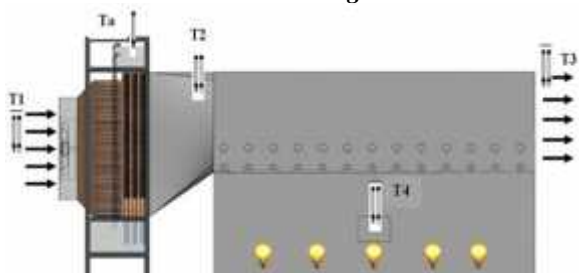
Gambar 2 dan 3 berturut-turut menunjukkan bagian bagian *ducting*. Sedangkan Gambar 4 menunjukkan peralatan pengujian secara lengkap.



Gambar 2. Ducting Silinder



Gambar 3. Ducting Balok



(a) Skematik Pengujian



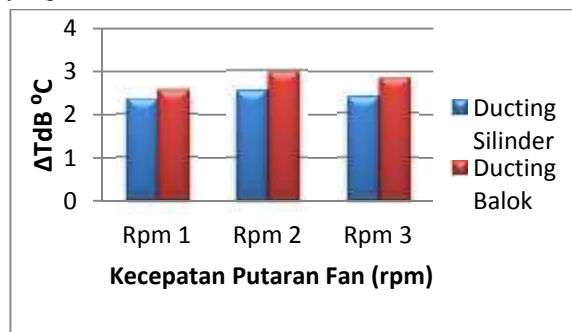
(b) Foto peralatan

Gambar 4. Set Up eksperimental Cooling Pad

4. Hasil dan Pembahasan

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

Penurunan Temperatur Bola Kering Udara merupakan selisih antara temperatur bola kering udara masuk dari sistem dengan temperatur bola kering udara keluar sistem. Berikut plot grafik karakteristik penurunan temperatur bola kering udara yang dihasilkan.

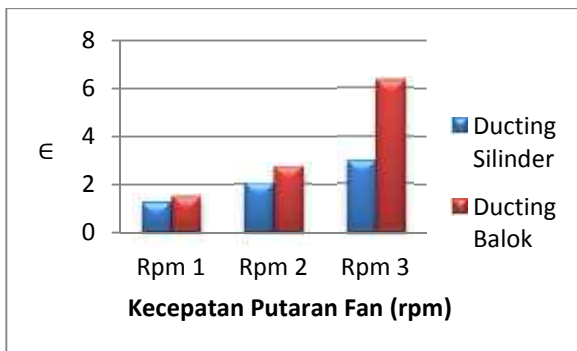


Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Putaran Fan Terhadap Penurunan Temperatur Bola Kering Udara (ΔT_{dB})

Penurunan temperatur bola kering udara lebih besar terjadi pada *ducting* berbentuk balok, hal ini disebabkan karena luas selimut *ducting* balok saat terjadinya proses pendinginan lebih besar sehingga lebih banyak udara panas yang dipindahkan. Pada persamaan reynold, *ducting* balok memiliki diameter diagonal lebih besar dibanding *ducting* silinder sehingga jika dimasukkan ke dalam persamaan reynold, *ducting* balok memiliki nilai Re lebih besar sehingga aliran udara lebih turbulen yang menyebabkan udara dingin lebih lama berada dalam *ducting*. Dan *ducting* balok memiliki sudut lebih banyak sehingga aliran udara dingin lebih besar bergesekan dengan *ducting*.

4.2. Efektivitas Pendinginan (ϵ).

Efektivitas pendinginan merupakan rasio penurunan temperatur bola kering yang dihasilkan cooling pad terhadap selisih temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang memasuki sistem. Berikut plot grafik karakteristik efektivitas pendinginan yang dihasilkan



Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Putaran Fan Terhadap Efektivitas Pendinginan (ε).

Ducting balok memiliki efektifitas pendinginan lebih besar dibandingkan *ducting* silinder. Untuk *ducting* balok pada rpm 3 mendapat hasil efektifitas pendinginan dan selisih antara TdB,2 dengan TdB,3 tertinggi. Hal ini disebabkan karena pada *ducting* balok memiliki luas penampang lebih tinggi sehingga kontak antara *ducting* dengan udara dingin lebih besar sehingga selisih TdB,2 dengan TdB,3 lebih besar. Pada persamaan reynold, *ducting* balok memiliki diameter diagonal lebih besar dibanding *ducting* silinder sehingga jika dimasukkan ke dalam persamaan reynold, *ducting* balok memiliki nilai Re lebih besar sehingga aliran udara lebih turbulen yang menyebabkan udara dingin lebih lama berada dalam *ducting*. Dan *ducting* balok memiliki sudut lebih banyak sehingga aliran udara dingin lebih besar bergesekan dengan *ducting*.

4.3. Kapasitas Pendinginan

Kapasitas pendinginan merupakan jumlah panas yang mampu diserap suatu media atau mesin pendingin dari medium yang didinginkan. Berikut plot grafik karakteristik kapasitas pendinginan yang dihasilkan.



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Putaran Fan Terhadap Kapasitas Pendinginan (qs).

Dilihat dari grafik diatas kapasitas pendinginan *ducting* balok lebih besar dibanding *ducting* silinder pada setiap putaran rpm dan untuk kapasitas pendinginan tertinggi terdapat pada rpm 3 *ducting* balok. Ini disebabkan karena *ducting* balok memiliki luas penampang yang besar sehingga gesekan antara udara dan *ducting* besar sehingga memiliki selisih ΔTdB lebih besar. Pada persamaan *reynold*, *ducting*

balok memiliki diameter diagonal lebih besar dibanding *ducting* silinder sehingga jika dimasukkan ke dalam persamaan reynold, *ducting* balok memiliki nilai Re lebih besar sehingga aliran udara lebih turbulen yang menyebabkan udara dingin lebih lama berada dalam *ducting*. Dan *ducting* balok memiliki sudut lebih banyak sehingga aliran udara dingin lebih besar bergesekan dengan *ducting*.

4.4. EER (Energy Efficiency Ratio)

EER atau *Energy Efficiency Ratio* merupakan rasio antara kapasitas pendinginan dengan jumlah konsumsi energi pendinginan. Berikut plot grafik karakteristik EER yang dihasilkan.

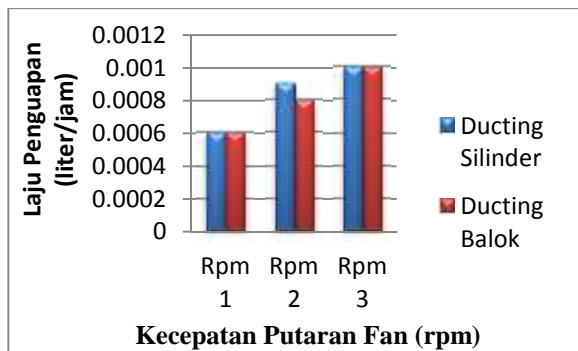


Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Putaran Fan Terhadap Energy Efficiency Ratio (EER).

Dimana pada grafik EER merupakan hasil bagi antara kapasitas pendinginan dengan jumlah konsumsi energi pendinginan. Dilihat dari grafik diatas *Energy Efficiency Ratio ducting* balok lebih besar dibanding *ducting* silinder pada setiap putaran rpm dan untuk *Energy Efficiency Ratio* tertinggi terdapat pada rpm 3 *ducting* balok. Ini disebabkan karena *ducting* balok memiliki luas penampang yang besar sehingga gesekan antara udara dan *ducting* lebih besar sehingga memiliki selisih ΔTdB lebih besar. Pada persamaan *reynold*, *ducting* balok memiliki diameter diagonal lebih besar dibanding *ducting* silinder sehingga jika dimasukkan ke dalam persamaan reynold, *ducting* balok memiliki nilai Re lebih besar sehingga aliran udara lebih turbulen yang menyebabkan udara dingin lebih lama berada dalam *ducting*. Dan *ducting* balok memiliki sudut lebih banyak sehingga aliran udara dingin lebih besar bergesekan dengan *ducting*.

4.5. Laju Penguapan

Penguapan atau evaporasi adalah proses perubahan molekul di dalam keadaan cair (contohnya air) dengan spontan menjadi gas (contohnya uap air). Besarnya laju penguapan yang terjadi dapat dihitung dengan perbedaan ketinggian air pada reservoir atau dengan perbedaan massa alat sebelum (*ma0*) dan sesudah (*ma*). Berikut plot grafik Laju penguapan yang dihasilkan.

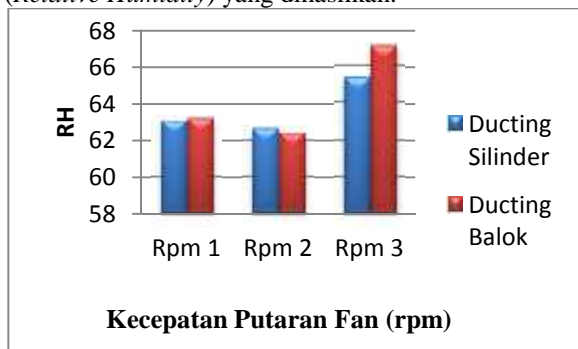


Gambar 9. Grafik Hubungan Antara Putaran Fan Terhadap Laju Penguapan

Semakin kecil putaran rpm fan yang digunakan maka semakin kecil laju penguapan yang terjadi dikarenakan semakin besar putaran rpm fan akan mempercepat proses penguapan air. Karena dengan meningkatnya putaran rpm akan lebih banyak menghisap udara panas lingkungan. Dilihat dari grafik dalam penggunaan *ducting* tidak terlalu mempengaruhi laju penguapan yang terjadi, hanya pada rpm 2 terdapat selisih laju penguapan antara *ducting* silinder dengan balok. Hal ini dikarenakan pada rpm 2 aliran udara pada *ducting* silinder lebih sedikit terdapat hambatan udara yang bergesek sehingga mempercepat hisapan udara dari lingkungan ke sistem.

4.6. Kelembaban Relatif

Kelembaban relatif merupakan rasio antara tekanan parsial aktual uap air dengan tekanan parsial saturasi uap air pada temperatur bola kering tertentu. Berikut plot grafik karakteristik kelembaban relatif (*Relative Humidity*) yang dihasilkan.



Gambar 10. Grafik Hubungan Antara Putaran Fan Terhadap Kelembaban Relatif (RH).

Dilihat dari grafik pada *ducting* silinder memiliki nilai RH yang lebih kecil karena luas penampang menyebabkan udara dingin yang terdapat kandungan air lebih sedikit terjebak di dalam box uji. Namun pada rpm 2 *ducting* silinder lebih besar dibanding *ducting* balok, hal ini disebabkan karena aliran udara yang melalui *ducting* silinder lebih cepat dan lebih banyak membawa udara dingin yang menyebabkan kelembaban lebih tinggi. Namun pada rpm 3 selisih kelembaban relatif lebih tinggi dikarenakan

hembusan udara lebih besar yang membawa lebih banyak udara dingin melewati sistem.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai *performansi cooling pad* dengan dengan penambahan variasi *ducting* berbentuk silinder dan balok dapat disimpulkan beberapa hal antara lain:

1. Semakin besar putaran rpm yang digunakan dalam pengujian maka : Penurunan Temperatur Bola Kering Udara, Efektivitas Pendinginan, Kapasitas Pendinginan dan *Energy Efficiency Ratio* cenderung meningkat. Namun pada rpm 3 untuk Penurunan Temperatur Bola Kering Udara (ΔT_{db}) terjadi penurunan.
2. Untuk performa pendinginan yang lebih optimal berhasil tercapai pada penggunaan *ducting* berbentuk balok. ΔT_{db} pada saluran balok lebih besar yaitu 2.85°C dibanding silinder 2.4°C. Efektifitas pendinginan lebih besar pada saluran balok yaitu 6.333333 sedangkan saluran silinder 3.
3. Untuk kapasitas pendinginan saluran balok lebih besar dengan nilai 0.475551 kw sedangkan 0.400464 kw diperoleh saluran silinder. Untuk EER saluran balok lebih besar (5.72953) dibanding saluran silinder (4.824867). Laju penguapan tidak terjadi perbedaan yang signifikan pada kedua saluran. Namun untuk kelembaban relatif yang optimal dihasilkan pada penggunaan saluran berbentuk silinder (65.4) dibanding saluran balok (67.11).

Daftar Pustaka

- [1] Pande Juniarta (2014) “*Study Eksperimental Performansi Pendingin Evaporative Portable Dengan Pad Berbahan Sumbu Kompor Dengan Ketebalan Berbeda*” *Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA Vol. 1 No. 1*, September 2014
- [2] Makara, Kesehatan, VOL. 12, NO. 2, Desember 2008: 76-8)
- [3] Sunarwo, (2011), “*Pembuatan dan Pengujian Evaporative Cooling*”, *Jurnal Teknik Energi*, Volume 7, Nomor 1, Politeknik Negeri Semarang.
- [4] Suprianto D. Fandi, Handoyo A. Ekadewi, (2004). *Peningkatan Unjuk Kerja Peralatan Air Washer*. *Jurnal Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra*. Surabaya.
- [5] Stoecker, W.F., and Jones, J.W. 1987. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Alih Bahasa Supratman Hara. Erlangga, Jakarta.
- [6] [/staff.unila.ac.id/atusi/files/2013/03/Temperatur-Bola-Basah-dan-Kering.pdf](http://staff.unila.ac.id/atusi/files/2013/03/Temperatur-Bola-Basah-dan-Kering.pdf)

- [9] Purwarta (2013) "*karakteristik pendinginan evaporatif menggunakan cooling pads berbahan spon yang di susun paralel*" Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA Vol. 1 No. 1, Desember 2013
- [8] Stoecker, W.F., and Jones, J.W. 1987. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Alih Bahasa Supratman Hara.Erlangga, Jakarta
- [9] Pande Juniarta (2014) "*Study Eksperimental Performansi Pendingin Evaporative Portable Dengan Pad Berbahan Sumbu Kompur Dengan Ketebalan Berbeda*" Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA Vol. 1 No. 1, September 2014
- [10] Putra Toni Dwi, Finahari Nurida, (2011), *Pengaruh Perubahan Temperatur Media Pendingin Pada Direct Evaporative Cooler*, Journal PROTON, Volume 3, Nomor 1