

Analisa performansi cooling pad tanpa saluran udara dan dengan saluran udara

A A Dwi Swantika¹⁾, Hendra Wijaksana²⁾ dan Ketut Astawa³⁾

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 tanpa ducting dan dengan ducting. Volume ducting 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 pada saat pengujian adalah putaran rpm fan yaitu rpm 1 (1440 rpm), rpm 2 (1470 rpm) dan rpm 3 (1500 rpm). Dari penelitian dengan ducting pada rpm 2 menghasilkan kelembaban relatif lebih baik dibanding dengan tanpa ducting. Nilai yang di dapat pada pengujian dengan ducting 60-70% merupakan kelembaban nyaman bagi ayam. Semakin besar kontak udara yang mengandung uap air dengan sistem, akan mempengaruhi kelembaban yang terjadi.

Kata kunci : pendinginan, suhu, ducting, kelembaban.

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 reduce moisture on the evaporation of water that comes in contact with air. In this study, using variations without ducting and ducting. Volume ducting ie $0,54 \text{ m}^3$, with the addition of a hole at the bottom with a diameter of 5 cm are 65 holes. Tests conducted to determine the performance of cooling evaporative cooling which include a decrease in air-dry bulb, the effectiveness of cooling, cooling capacity, EER and relative humidity. Variables measured at the time of testing that is round fan rpm 1 rpm (1440 rpm), 2 rpm (1470 rpm) and 3 rpm (1500 rpm). From studies with ducting at 2 rpm produces relative humidity is better than without ducting. Values in the can on testing with ducting humidity 60-70% is comfortable for chicken. The greater the contact to air containing water vapor with the system, will affect the moisture that occurs.

Keywords: cooling, temperature, ducting, humidity..

1. Pendahuluan

Cooling pads merupakan media pendingin pada evaporative cooling wall. Cooling pads yang akan di gunakan berbahan sumbu kompor minyak tanah yang memiliki penyerapan yang baik dengan susunan pads type staggered agar fluida yang lewat dapat menguap pada partikel-partikel terkecil. Evaporative cooling pads selain sebagai pendingin, juga merupakan saringan air. Semakin besar debit air yang di gunakan menghasilkan penurunan bola kering udara, efektivitas pendinginan, kapasitas pendinginan, dan EER (Energy Effisiensi Ratio) yang tinggi pula [1].

Berdasarkan hal tersebut penulis akan melakukan pengujian karakteristik cooling pads dengan sumbu kompor dengan penambahan ducting pada transmisi aliran udara guna mendapatkan hasil penelitian untuk mengetahui kemampuan pendinginan yang terjadi. Dari hal tersebut peneliti ini menambahkan ducting berbentuk balok berupa plat seng yang di beri beberapa lubang di bagian

bawah ducting untuk menyerap panas dan langsung di buang ke lingkungan bersama uap air yang tersisa oleh bantuan dorongan fan dengan variasi aliran udara yang di harapkan mampu mendapatkan proses pendinginan yang terbaik. Agar nantinya system pendingin cooling pad dengan penambahan ducting bisa aplikasikan pada kandang ayam.

Dalam hal ini maka ada beberapa permasalahan yang akan dikaji, yaitu:

Bagaimanakah performansi cooling pad berbahan sumbu kompor tanpa ducting terhadap penambahan ducting.

Beberapa batasan ditetapkan dalam penelitian ini meliputi:

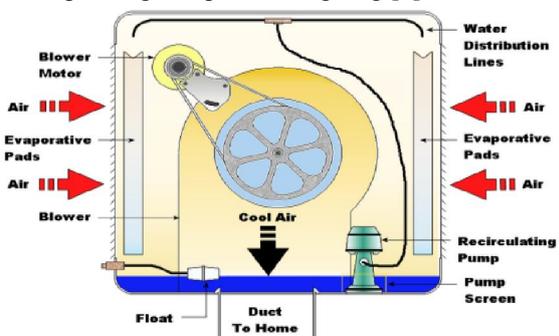
1. Pengambilan data-data penelitian dilakukan pada ruangan terbuka.
2. Temperatur lingkungan dianggap konstan.
3. Temperatur air yang digunakan $10^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$.
4. Fan yang digunakan adalah fan dengan variasi kecepatan aliran udara.

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* [2]. *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 [3].

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 kelingkuangan, dan proses pendinginan pun berlangsung [4].



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 [5].

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 memuakan cairan yang ada dalam thermometer [6].

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 [7].

2.2 Performansi Pendinginan *Evaporative*

Penurunan temperatur bola kering udara (ΔT_{dB}) dapat didefinisikan sebagai selisih antara temperatur bola kering udara memasuki sistem dengan temperatur bola kering udara keluar sistem [8].

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

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 [8].

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

Untuk menentukan kapasitas pendinginan sensibel dapat dihitung dengan persamaan berikut dalam satuan (kW)[8].

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

Energy efficiency ratio (EER) merupakan hasil bagi antarakapasitas pendinginan sensibel dengan jumlah konsumsi energi pendinginan[8].

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

Penguapan atau evaporasi adalah proses perubahan molekul di dalam keadaan cair (contohnya air) dengan spontan menjadi gas (contohnya uap air) [9].

$$Er = \frac{(ma)/\rho_{air}}{t} = \frac{(ma_0 - ma)/100 \frac{kg}{m^3}}{t} = \left(\frac{liter}{jam} \right) \dots\dots\dots(5)$$

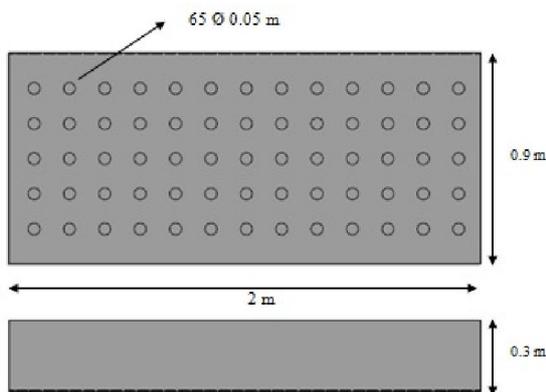
3. Metode Penelitian

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

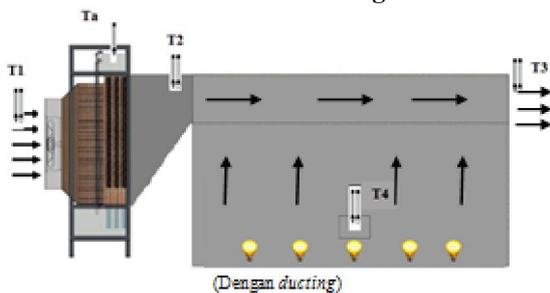
- a. Pompa digunakan untuk mengalirkan air dari *water tank* ke *water distribution line*.
- b. Pipa, Elbow, T, dan Dop
- c. Fan digunakan untuk mengalirkan udara pada sistem
- d. Sumbu Kompur digunakan sebagai media atau material pad dalam penelitian.
- e. Besi Ld digunakan untuk membuat kerangka saluran udara/*ducting*
- f. Kaca dengan ukuran 5 mm digunakan sebagai *water tank* dan *water distribution line* untuk

- menampung air.
- g. Termometer digunakan untuk mengukur temperatur bola kering dan bola basah udara.
- h. Stopwatch digunakan untuk mengukur waktu saat melakukan proses pendinginan.
- i. *Anemometer* digunakan untuk mengukur kecepatan pada aliran udara.
- j. Air digunakan untuk meningkatkan kelembaban udara dan menurunkan temperatur udara.
- k. Batu ES digunakan untuk mengkondisikan temperatur air pada sistem pendingin evaporatif.
- l. Kain Katun digunakan untuk memodifikasi termometer untuk mengukur temperature bola basah.
- m. Besi Plat digunakan sebagai penutup rangka cooling pad, box uji, ducting dan manifold.
- n. Lampu Pijar digunakan sebagai beban pemanasan dalam box uji
- o. Timbangan digunakan untuk menimbang berat alat sebelum dan sesudah pengujian.
- p. *Tachometer* digunakan untuk mengukur putaran rpm pada fan.

Gambar 2 menunjukkan bagian-bagian ducting. Sedangkan Gambar 3 menunjukkan peralatan pengujian secara lengkap.



Gambar 2. Ducting



(a) Skematik Pengujian



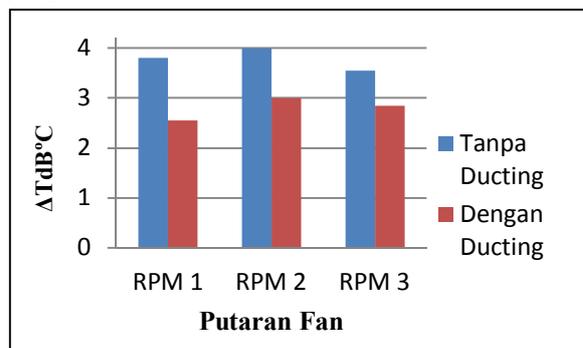
(b) Foto peralatan

Gambar 3. Set Upeksperimental 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.

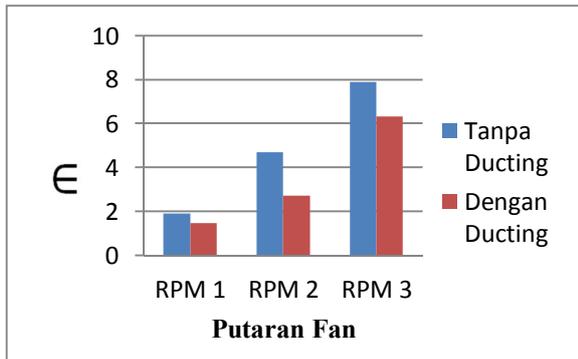


Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Putaran Fan Terhadap Penurunan Temperatur Bola Kering Udara (ΔT_{dB})

Penurunan temperatur bola kering udara lebih besar terjadi pada tanpa *ducting*. Hal ini disebabkan karena terjadinya kontak langsung udara yang di hembuskan oleh *fan* pada saat proses pendinginan. Sehingga udara dingin yang mengalir menyebabkan lebih banyak udara panas yang di pindahkan. Sedangkan pengujian dengan menggunakan *ducting*, udara yang di hembuskan dari *fan* terhambat oleh *ducting*. Sehingga hanya sedikit udara yang terkena kontak langsung dalam proses pendinginan dan udara lebih banyak langsung menuju keluar sistem.

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

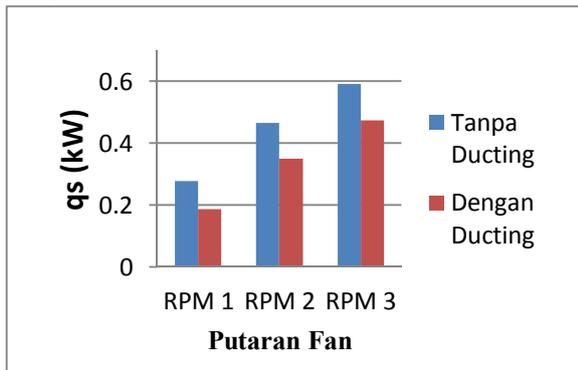


Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Putaran Fan Terhadap Efektivitas Pendinginan (ε)

Peningkatan efektivitas seiring dengan meningkatnya putaran fan yang digunakan. Hal ini disebabkan oleh hembusan udara dingin yang meningkat menyebabkan terjadinya selisih yang cukup besar antara $T_{db,2}$ dengan $T_{db,3}$. Besaran $T_{wb,2}$ cenderung tidak mengalami perubahan yang cukup besar, karena $T_{wb,2}$ merupakan suhu bola basah udara.

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.

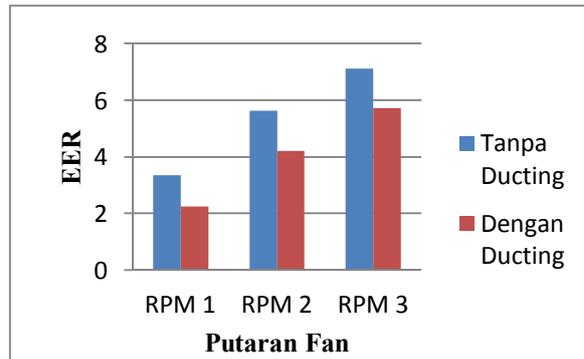


Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Putaran Fan Terhadap Kapasitas Pendinginan (qs)

Grafik dari kapasitas pendinginan (qs) terhadap putaran fan yang digunakan. Dimana dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan kapasitas pendinginan seiring dengan meningkatnya putaran fan. Hal ini disebabkan karena putaran rpm fan yang tinggi akan memperbesar laju aliran udara sehingga akan menyebabkan udara dingin yang dihembuskan lebih besar.

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.

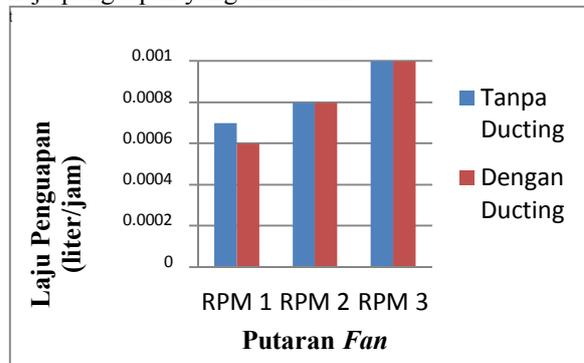


Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Putaran Fan Terhadap Energy Efficiency Ratio (EER)

Terjadi peningkatan seiring dengan meningkatnya putaran fan. Dimana pada grafik EER merupakan hasil bagi antara kapasitas pendinginan dengan jumlah konsumsi energi pendinginan. Hal ini disebabkan karena putaran rpm fan yang tinggi akan memperbesar laju aliran udara sehingga akan menyebabkan udara dingin yang dihembuskan lebih besar.

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 (m_0) dan sesudah (m_a). Berikut plot grafik Laju penguapan yang dihasilkan.

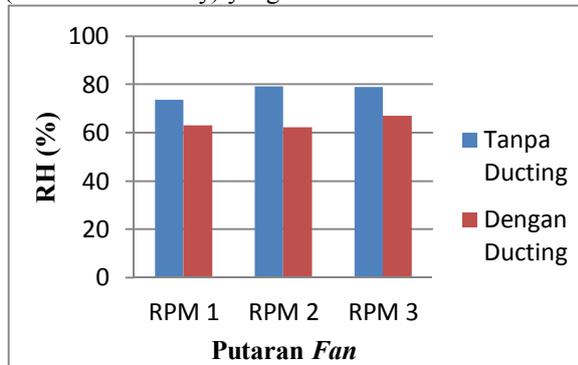


Gambar 8. Grafik Hubungan Antara Putaran Fan Terhadap Laju Penguapan

Terjadi peningkatan laju penguapan seiring dengan meningkatnya putaran fan. Hal ini disebabkan karena udara di lingkungan yang lebih tinggi masuk kedalam sistem membuat laju penguapan semakin cepat. Dalam penggunaan ducting tidak terlalu mempengaruhi laju penguapan yang terjadi, yang mempengaruhi laju penguapan adalah temperatur air tersebut.

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

Dapat dilihat pengujian tanpa *ducting* lebih lembab dari pengujian yang menggunakan *ducting*. Hal ini disebabkan karena terjadinya kontak langsung udara yang dihembuskan oleh fan mengandung uap air dan mengakibatkan udara terjebak lebih banyak. Sehingga membuat sistem menjadi sangat lembab. Namun pada pengujian menggunakan *ducting*, udara yang di hembuskan fan terhambat oleh *ducting* dan lebih banyak menuju keluar. Sehingga hanya sedikit udara yang terkena kontak langsung dalam proses pendinginan.

5. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian dengan *ducting* menghasilkan pendinginan yang lebih nyaman dibandingkan dengan tanpa *ducting*. Dilihat dari hasil pengujian dengan *ducting* menghasilkan kelembaban yang lebih rendah dari pada tanpa *ducting* dimana penggunaan *ducting* sangat mempengaruhi nilai kelembaban. Hal ini disebabkan karena terjadinya kontak langsung udara yang dihembuskan oleh fan mengandung uap air. Mengakibatkan udara terjebak lebih banyak, membuat sistem menjadi sangat lembab. Namun pada pengujian menggunakan *ducting*, udara yang di hembuskan oleh fan terhambat oleh *ducting* dan lebih banyak menuju keluar. Nilai yang di dapat pada pengujian dengan *ducting* 60-70%

merupakan kelembaban nyaman bagi ayam.

2. Dilihat dari pengujian ΔT_{db} , pada pengujian dengan *ducting* rpm 2 menghasilkan penurunan temperatur bola kering udara yang terbaik. Hasil penurunan bola kering yang terbaik di setiap pengujian didapat dari perubahan penurunan temperatur yang bertahap dari menit ke-15 sampai menit ke-60.

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] Sunarwo, (2011), “*Pembuatan dan Pengujian Evaporative Cooling*”, Jurnal Teknik Energi, Volume 7, Nomor 1, Politeknik Negeri Semarang.
- [3] Suprianto D. Fandi, Handoyo A. Ekadewi, (2004). *Peningkatan Unjuk Kerja Peralatan Air Washer*. Jurnal Jurusan Teknik Mesin Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- [4] Stoecker, W.F., and Jones, J.W. 1987. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Alih Bahasa Supratman Hara.Erlangga, Jakarta.
- [5] <http://staff.unila.ac.id/atusi/files/2013/03/Temperatur-Bola-Basah-dan-Kering.pdf>
- [6] 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
- [7] Stoecker, W.F., and Jones, J.W. 1987. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Alih Bahasa Supratman Hara.Erlangga, Jakarta
- [8] 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
- [9] Putra Toni Dwi, Finahari Nurida, (2011), *Pengaruh Perubahan Temperatur Media Pendingin Pada Direct Evaporative Cooler*, Journal PROTON, Volume 3, Nomor 1



A A Dwi Swantika menyelesaikan studi program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2012 sampai 2016. Ia menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian Analisa performansi cooling pad tanpa saluran udara dan dengan saluran udara