

# Studi Laju Evaporasi Pada *Direct Evaporative Cooling* Berbahan Pad Jerami Padi Dan Tapis Kelapa

I Putu Pradnya Susila, Hendra Wijaksana dan N. Suarnadwipa  
*Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali*

## Abstrak

Penggunaan sistim pendingin yang berbasis kompresor telah terbukti dapat menyebabkan peningkatan penggunaan energi bahan bakar fosil, dan juga dapat meningkatkan kerusakan lingkungan. Sistim pendingin evaporative banyak dikembangkan sebagai sistim pendingin alternatif pengganti sistim pendingin berbasis kompresor. Dalam penelitian *direct evaporative cooling* ini akan dipelajari laju evaporasi yang terjadi pada cooling pad yang berbahan jerami padi dan tapis kelapa. Penelitian dilakukan dengan tiga variasi kecepatan putar fan 1440, 1470 dan 1500 rpm, dengan dua material pad yang berbeda jerami padi dan tapis kelapa, dan dengan waktu pengujian selama 60 menit dengan pencatatan data setiap selang 15 menit. Dari penelitian ditemukan bahwa laju evaporasi tertinggi terjadi pada kecepatan putar rendah 1440 rpm sebesar 0.00157 liter/menit dan 0.00293 liter/menit masing-masing untuk jerami padi dan tapis kelapa. Sebagai kesimpulan dapat dinyatakan bahwa tapis kelapa menghasilkan laju evaporasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan jerami padi pada kecepatan putar rendah yang sama.

*Kata kunci: Laju evaporasi, Jerami padi, Tapis kelapa, Direct Evaporative Cooling.*

## Abstract

*system has been prove to cause an increase in the use of fossil fuel energy, and can also increase environmental damage. Evaporative cooling systems have been developed as alternative cooling systems to replace compressor-based cooling systems. In this direct evaporative cooling study, the rate of evaporation that will occur on a cooling pad made from rice straw and coconut filter. The study was conducted with three variations of fan rotational speeds of 1440, 1470 and 1500 rpm, with two different pad materials of rice straw and coconut filter, and with testing time of 60 minutes with data recording every 15 minutes interval. From the research it was found that the highest evaporation rate occurred at a low rotational speed of 1440 rpm of 0.00157 liters / minute and 0.00293 liters / minute respectively for rice straw and coconut tapis. In conclusion, it can be stated that coconut filter produces a higher evaporation rate compared to rice straw at the same low rotational speed*

*Keywords: Evaporation rate, Rice straw, Coconut filter, Direct Evaporative Cooling.*

## 1. Pendahuluan

Penggunaan sistim AC yang meluas, mengkonsumsi hampir 60% energy listrik yang tersedia untuk bangunan-bangunan gedung. Disamping itu, penggunaan refrigerant yang tidak mengikuti aturan pemerintah, akan menimbulkan kerugian pada lingkungan. Berdasarkan hal tersebut diatas, para peneliti banyak mengembangkan sistim pendingin evaporative secara garis besar dibagi menjadi dua bagian yakni sistim *direct evaporative cooling* (DEC) dan *indirect evaporative cooling* (IEC). Pada sistim DEC, udara yang didinginkan akan mengalami kontak langsung dengan lapisan air pada permukaan pad yang telah dibasahi, dan sistim ini lebih tepat digunakan untuk pendinginan ruang semi terbuka, tenda event, kandang ayam, kandang babi dan lain-lain, karena pada sistim DEC akan dihasilkan udara yang dingin tetapi basah, akibat penambahan uap air pada proses penguapan pada material pad. Sedangkan pada sistim IEC, udara yang dihasilkan adalah udara dingin dengan kandungan uap air yang konstan, karena tidak terjadi kontak langsung anantara udara dan air pada material pad atau media pendingin, sehingga cukup baik digunakan pada ruang yang tertutup. Pada sistim DEC, proses

penambahan uap air udara produk terjadi karena panas udara menguapkan lapisan air pada permukaan material pad, sementara dalam waktu yang bersamaan panas udara yang hilang karena digunakan untuk penguapan akan menurunkan temperature udara yang melewati material pad, sehingga udara dari material pad akan mengalami penurunan temperature dan penambahan kandungan uap air (proses pendinginan dan humidifikasi). Dengan demikian dapat dilihat bahwa terdapat hubungan antara proses penguapan lapisan air pada material pad dengan penurunan temperature pendinginan yang dihasilkan oleh sistim DEC [1]. Berdasarkan pemaparan tersebut diatas, penulis terdorong untuk melakukan pengujian lebih jauh mengenai pengaruh putaran fan terhadap laju evaporasi, dalam skripsi dengan judul : “Studi Laju Evaporasi pada *Direct Evaporative Cooling* Berbahan Pad Jerami Padi dan Tapis Kelapa”. Pengujian akan dilakukan dengan tiga variasi putaran fan dan dua temperature air pembasah pada sistim DEC dengan jerami padi dan tapis kelapa sebagai material pad. Kemudian pada masing-masing kombinasi variasi tersebut diatas, akan dilakukan pengukuran perpindahan massa air. Dengan data

tersebut diatas akan dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan laju evaporasi.

## 2. Dasar Teori

### 2.1. Evaporative Cooler

*Evaporative Cooler* merupakan sebuah mesin pendingin yang menggunakan prinsip *evaporative cooling*. *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[2].

### 2.2. Karakteristik Bahan Evaporative Cooling Pad

Jenis yang paling banyak digunakan bahan pad adalah selulosa bergelombang yang telah diresapi dengan bahan zat pembasah dan garam larut agar tidak mengalami pembusukan. Pads ini melakukan kerja pendingin udara yang sangat baik, tentunya dengan perawatan yang tepat. Pads yang bergelombang akan tahan lama. *Pads* Aspen biasa digunakan di masa lalu dan masih hingga sekarang. Namun, di Florida umur pad aspen biasanya pendek. Aspen *pads* sangat rentan terhadap ganggang kutu yang mengarah ke pembusukan dan pemadatan. Hal ini membuat sulit untuk tetap beroperasi secara efisien[3].

### 2.3. Sifat - Sifat Udara Basah

*Dry Bulb temperature* (Temperatur bola kering), adalah temperatur yang biasanya dianggap sebagai suhu udara, dan memang suhu termodinamik sebenarnya. *Wet Bulb Temperature* (Temperatur bola basah), yaitu suhu bola basah. Suhu ini diukur dengan menggunakan termometer yang bulbnya (bagian bawah termometer) dilapisi dengan kain yang telah basah kemudian dialiri udara yang ingin diukur suhunya. Kelembaban Spesifik adalah massa uap air dalam massa udara tertentu. Biasanya dinyatakan dalam gram uap air per kilogram udara pada suhu tertentu. Kelembaban Relatif didefinisikan sebagai rasio antara tekanan parsial aktual uap air dengan tekanan parsial saturasi uap air pada temperatur bola kering tertentu. Temperatur *Dew-Point* temperatur dimana uap air dalam udara yang didinginkan mulai mengembun. Volume spesifik adalah volume udara campuran dengan satuan meter- kubik per kilogram udara kering. Enthalpy udara, yaitu banyaknya kalor yang ada dalam udara setiap satu satuan massa. *Enthalpy* ini merupakan jumlah total energi yang ada dalam udara tersebut, baik dari udara maupun uap air yang terkandung didalamnya[4].

### 2.4 Performansi Pendinginan Evaporative

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 sebagai penurunan temperatur bola kering yang dihasilkan dibagi dengan selisih temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang memasuki sistem

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

$T_{dB,I}$  =  $T_{dB}$  yang memasuki sistem.

$T_{dB,o}$  =  $T_{dB}$  yang keluar sistem.

$T_{WB,I}$  =  $T_{WB}$  yang memasuki sistem.

Untuk menentukan kapasitas pendinginan sensibel dapat dihitung dengan persamaan berikut dalam satuan (KW).

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

Energy Efficiency Ratio merupakan hasil bagi antara kapasitas pendinginan sensible dengan jumlah konsumsi energi pendinginan.

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

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

$\rho$  = massa jenis udara,  $kg/m^3$

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

$P_t$  = konsumsi energy pendinginan,  $kW$ .

### 2.5. Laju penguapan/Evaporasi

Penguapan atau evaporasi adalah proses perubahan molekul di dalam keadaan cair (contohnya air) dengan spontan menjadi gas (contohnya uap air). Proses ini adalah kebalikan dari kondensasi. Besarnya laju penguapan yang terjadi dapat dihitung dengan perbedaan ketinggian air pada reservoir atau dengan perbedaan massa alat sebelum ( $ma_0$ ) dan sesudah ( $ma$ ) penelitian dilakukan seperti berikut :

$$Er = \frac{(m_0 - m_a) / \rho_{air}}{t} = \frac{(m_0 - m_a) / 1000^{kg}}{m^3} = (liter/jam) \quad (5)$$

$Er$  = Laju Penguapan (liter/jam)

$\rho_{air}$  = Massa jenis air,  $kg/m^3$

$t$  = Waktu penelitian (Jam)

$ma_0$  = Massa alat sebelum pengujian (Kg)

$ma$  = Massa alat setelah pengujian (Kg)

## 3. Metode Penelitian

### 3.1. Variabel Penelitian

Variabel bebas adalah variabel yang besarnya ditentukan oleh peneliti dan ditentukan dalam penelitian diantaranya: temperatur air yang digunakan  $10^\circ C$ . dan  $15^\circ C$ . Putaran fan: Rpm I (1440), Rpm II (1470), dan Rpm III (1500). Bahan Material Pad jerami padi dan tapis kelapa, waktu pengambilan data 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit.

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian adalah laju evaporasi pada *direct evaporative cooling pad*.

### 3.2. Alat dan Bahan

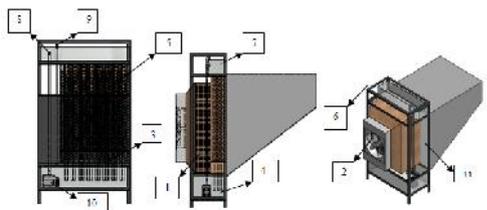
Peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam melakukan percobaan dan penelitian adalah, pompa, pipa pvc dengan ukuran 3/4", fan atau kipas, jerami padi, tapis kelapa, besi berbentuk L, kaca, thermometer, stopwatch, manometer, air, es batu, kapas, timbangan, dan tachometer.

### 3.3. Variasi Putaran Rpm

Peralatan dan bah Rpm yang digunakan dalam penelitian ini akan divariasikan dengan sistem saklar putaran I, II dan III pada fan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan kecepatan rpm terhadap efektifitas pendinginan yang dihasilkan. Putaran I: 1440 rpm, putaran II:1470 rpm, putaran III:1500 rpm.

### 3.3. Pemodelan Pengujian

untuk mempermudah pengujian *evaporative cooling pads* maka dibuat pemodelan alat seperti gambar berikut ini:



**Gambar 2. Desain Evaporative Cooling Pads**

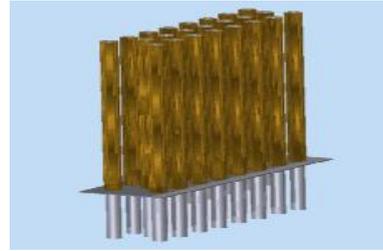
Keterangan gambar :

- |                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| 1. honeycomb            | 7. Reservoir       |
| 2. Fan                  | 8. Distribusi line |
| 3. Papan tumpuan pad    | 9. Pipa overload   |
| 4. Reservoir pembuangan | 10. Pompa          |
| 5. Pad                  | 11 Casing          |
| 6. Rangka               |                    |

Dengan bahan material pad jerami padi dan tapis kelapa



**Gambar 3. Pad dengan bahan tapis kelapa**

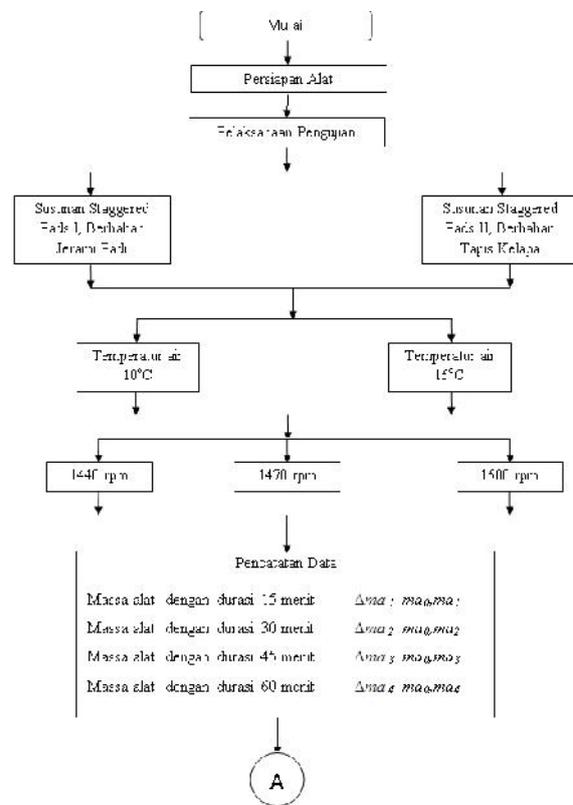


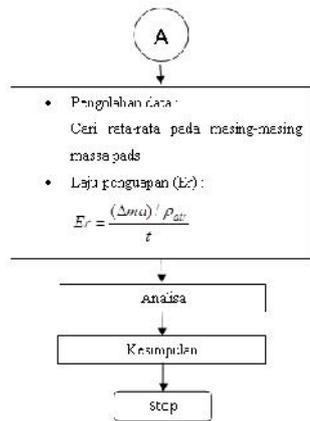
**Gambar 4. Pad dengan bahan jerami padi**

Untuk menjaga agar tekanan air yang keluar dari water distribution line konstan, maka pada reservoir atas diberi saluran overload untuk menjaga air tetap pada ketinggian 10cm sehingga jumlah air yang menetes melalui lubang debit konstan.

Dalam penelitian saya gunakan tiga percepatan rpm dengan rpm sebagai berikut, 1440, 1470 dan 1500. Dengan cara kerja alat pengujian Pertama basahkan pads yang berbahan material lokal berupa tapis kelapa dan jerami padi. Kemudian fan dihidupkan, setelah fan dihidupkan maka udara panas dari lingkungan terhisap dan akan masuk dan melewati celah-celah dinding evaporative cooling pads yang disusun tegak lurus arah aliran udara kemudian terjadi kontak antara udara panas dengan air, sebagian air menguap mendinginkan udara panas sehingga terjadi penurunan temperatur bola kering, dan penambahan kelembaban udara, sehingga tercipta suhu udara yang nyaman.

### 3.6. Diagram Alir Penelitian





Gambar 5. Diagram alir penelitian

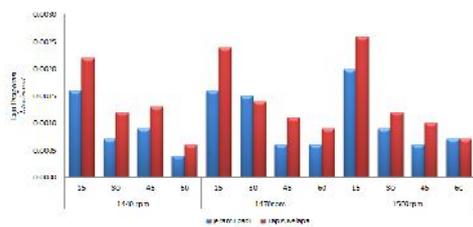
#### 4. Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pengujian kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan-persamaan di atas diperoleh hasil yang dibuat dalam grafik hasil pengujian.

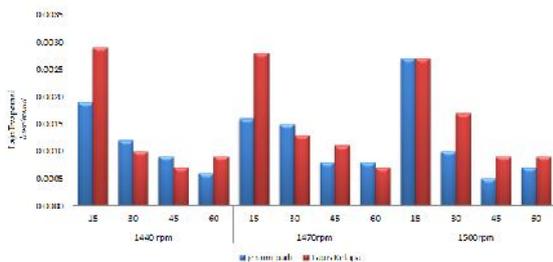
##### 4.1. Pengolahan data

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 ( $ma_0$ ) dan sesudah ( $ma$ ).

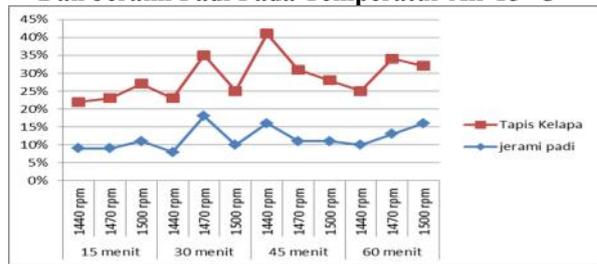
Dari pengolahan data dapat diplot grafik Laju Penguapan Pad dengan bahan jerami padi dan tapis kela pa seperti gambar dibawah:



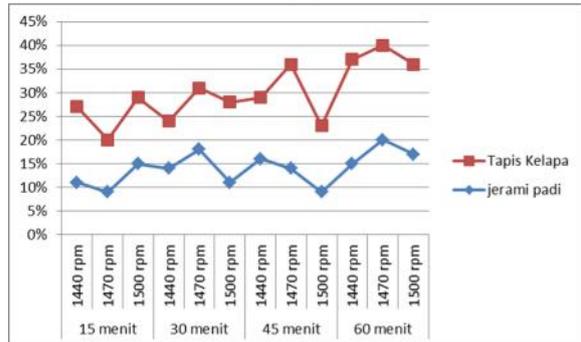
Gambar 6. Grafik Laju Evaporasi Tapis Kelapa Dan Jerami Padi Pada Temperatur Air 10<sup>0</sup> C



Gambar 7. Grafik Laju Evaporasi Tapis Kelapa Dan Jerami Padi Pada Temperatur Air 15<sup>0</sup> C



Gambar 8. Grafik persentase laju evaporasi pada pad jerami padi dan tapis kelapa dengan suhu air 10<sup>0</sup>c



Gambar 9. Grafik persentase laju evaporasi pada pad jerami padi dan tapis kelapa dengan suhu air 15<sup>0</sup>c

##### 4.2. Pembahasan

Berdasarkan grafik pada gambar grafik 6 dan 7 dapat dijelaskan bahwa laju evaporasi tertinggi terjadi pada direkt evaporative cooling pad berbahan tapis kelapa pada temperatur air 15 °c dengan rpm 1440 dengan laju evaporasi 0,0029 liter/menit, secara berurutan. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada kecepatan putar yang rendah, udara memiliki waktu tinggal yang lebih lama pada material pad, sehingga lebih tinggi jumlah massa air pada material pad yang menguap disamping itu suhu air 15 °c lebih cepat menguap karena suhu yang telah terkandung dalam air ditambah dengan panas udara maka laju evaporasi yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan suhu air 10 °c, dengan demikian material pad tapis kelapa memberikan laju penguapan yang lebih tinggi dibandingkan jerami padi. Akan tetapi pada keterangan gambar grafik 8 dan 9 terjadi penurunan dan peningkatan laju evaporasi ini disebabkan dari kemampuan bahan pad dalam menyerap air dan melepaskan uap air ke udara ketika bersentuhan langsung dengan udara panas yang di alirkan oleh fan.

##### 5. Kesimpulan

Dari pembahasan tersebut diatas, dapat disimpulkan bahwa laju penguapan tertinggi akan dapat dicapai pada kecepatan putar yang rendah dengan suhu air 15<sup>0</sup>c lebih cepat mengalami evaporasi baik pada cooling pad berbahan jerami padi dan tapis kelapa, dari bahan pad jerami padi dan tapis kelapa dapat disimpulkan bahwa tapis kelapa mempunyai laju evaporasi lebih baik namun

kemampuan menyerap air dan melepaskan uap air ke udara tidak dapat dipastikan dikarenakan setiap material mempunyai karakteristik masing-masing dan hal tersebut tidak dapat diukur dengan angka.

#### 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.
- [2] Harris, Norman C., 1991, *Modern Air Conditioning Practice*, McGraw-Hill, inc.
- [3] Karpiscak, Martin; G.W. France, T.M. Babcock, and H. Johnson. 1994, *Temperatur-Bola-Basah-dan-Kering*.
- [4] Handoyo, Ekadewi A., Julianingsih; Suprianto, Fandi D., Tanrian,Albert, Wibowo, Wirawan, 2005, *Peningkatan Unjuk Kerja Dan Studi Kelayakan Peralatan Evaporative Cooling*, Seminar Nasional *Research and Studies V*. Yogyakarta. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi– Dept. Pendidikan Nasional.



#### **I Putu Pradnya Susila**

menyelesaikan studi program sarjana di Jurusan Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2012 sampai 2019, menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian studi laju evaporasi pada direct evaporative cooling berbahan pad jerami padi dan tapis kelapa.