

## STUDI KAPASITAS PENDINGINAN SISTIM DIRECT EVAPORATIVE COOLING TERHADAP VARIASI TEMPERATUR AIR MATERIAL PAD

Teddy Prananda Surya<sup>1\*</sup>, Hendra Wijaksana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana, Bali, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Doktoral Ilmu Teknik, Univ.Udayana, Bali, Indonesia \*Corresponding author :

[teddyps@gmail.com](mailto:teddyps@gmail.com)

### Abstrak

Penggunaan sistim pendingin berbasis kompresor yang meluas telah memicu peningkatan kerusakan lingkungan dan penggunaan energy bahan bakar fosil yang berlebihan. Sistim pendingin evaporative merupakan salah satu sistim pendingin alternative yang ramah lingkungan dan hemat energi, karena hanya memanfaatkan air dan udara sebagai daya penggerak sistim. Dalam penelitian ini ditunjukan untuk menguji pengaruh variasi temperature air material pad terhadap sistim direct evaporative cooling (DEC) berbasis jerami padi dan tapis kelapa sebagai material pad. Pengujian dilakukan dengan pengaturan putaran fan pada 1440; 1470; dan 1500 rpm dan variasi temperature air pembasah pad pada 10°C dan 15°C dengan waktu pengujian selama 60 menit. Temperature udara masuk dan keluar pad dicatat sebagai TdB2,TwB2 dan TdB3,TwB3 secara berurutan. Dari hasil pengujian ditemukan bahwa kapasitas pendinginan tertinggi dengan material pad jerami pada putaran fan 1500 rpm dan temperature air pembasah 15°C tercapai sebesar 0.42 kW, untuk temperature air 10°C hanya tercapai 0.14 kW. Sedangkan dengan material pad tapis kelapa, kapasitas pendinginan tertinggi dicapai pada putaran fan 1500 rpm dan temperature air pembasah 15°C sebesar 0.56 kW, dan untuk temperature air 10°C didapat kapasitas pendinginan hanya sebesar 0.39 kW. Dari hasil pengujian tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa dengan lebih tingginya temperature air pada permukaan material pad, akan mempercepat proses penguapan dan lebih banyak panas yang dapat diserap, sehingga kapasitas pendinginan menjadi lebih besar.

**Kata kunci:** direct evaporative cooling, kapasitas pendinginan, temperature air pembasah pad, jerami, tapis kelapa.

### Abstract

*The extensive usage of compressor-based cooling systems has resulted in significant environmental damage and the consumption of excessive amounts of fossil fuel energy. Because it solely employs water and air as its driving force, the evaporative cooling system is an environmentally benign and energy efficient cooling system. The purpose of this study was to investigate the influence of variations in pad material water temperature on a direct evaporative cooling (DEC) system using rice straw and coconut filter as pad materials. The fan rotation was set at 1440, 1470, and 1500 rpm, and the temperature of the pad wetting water was varied between 10 and 15 degrees Celsius for 60 minutes. TdB2, TwB2 and TdB3, TwB3 are the air inlet and exit temperatures of the pad, respectively. According to the test results, the highest cooling capacity with straw pad material was 0.42 kW at 1500 rpm fan rotation and 15 °C wetting water temperature, while at 10 °C the water temperature was only 0.14 kW. Meanwhile, the highest cooling capacity is attained with coconut filter pad material at 1500 rpm fan rotation and 15 °C wetting water temperature, which is 0.56 kW, while the cooling capacity is only 0.39 kW at 10 oC water temperature. Based on the findings of the tests, it can be assumed that higher water temperatures on the surface of the pad material will speed the evaporation process and allow more heat to be absorbed, resulting in a better cooling capacity.*

**Key words:** direct evaporative cooling, cooling capacity, temperature of pad wetting water, straw, coconut filter.

## PENDAHULUAN

Penggunaan sistim pendingin berbasis kompresor yang memerlukan energy input yang cukup besar untuk bangunan-bangunan gedung. Hampir 60% energy listrik pada bangunan gedung digunakan untuk keperluan penggunaan sistim pendingin. Di sisi lain, dampak lingkungan yang ditimbulkan dengan penggunaan refrigerant sistim pendingin cukup dapat merusak lingkungan dan meningkatkan pemanasan global. Berangkat dari kondisi tersebut diatas, banyak peneliti saat ini mengembangkan sistim pendingin yang berbasis non-kompresor. Sistim pendingin evaporative adalah sistim pendingin yang non-compressor based, yang memanfaatkan hanya udara dan air sebagai energy penggerakannya. Efek pendinginan pada sistim evaporative didapat dengan memanfaatkan panas laten penguapan air, sehingga sistim ini termasuk sistim yang low energy consumption dan juga ramah lingkungan. Dalam penelitian ini akan dilakukan pengujian performansi kapasitas pendinginan pada sistim pendingin direct evaporative cooling (DEC) dengan jerami padi dan tapis kelapa sebagai material pad. Beberapa penelitian tentang DEC telah menunjukkan performansi pendinginan yang cukup tinggi dengan penggunaan sedikit energy input. Banyat et.al,(2013) melakukan studi pada dua tipe cooling pad yang terbuat dari curtain fabric dan raw cotton fabric, dengan kecepatan blower 725, 1015, 1450 rpm, ditemukan bahwa curtain fabric memberi efisiensi pendinginan antara 46.3 – 61.3%, sedangkan raw cotton fabric antara 29.7 – 39.2%.[1]. Kemudian penelitian lain oleh Abdullah Malli, et.al, (2011) yang meneliti penggunaan dua tipe baru cellulose paper pad seri 5090 dan 7090, menemukan bahwa efisiensi pendinginan maksimum dicapai oleh pad 5090 pada kecepatan aliran udara 1.8 m/s dan ketebalan pad 150 mm, dan efisiensi minimum terjadi pada pad 7090, ketebalan 75 mm pada kecepatan aliran udara 1.8 m/s[2]. Penelitian lain oleh Cruz et.al.,(2006) yang melakukan studi tentang tiga jenis material pad dengan empat kecepatan aliran udara dan temperature air yang berbeda, ditemukan bahwa efisiensi pendinginan tertinggi sebesar 80% tercapai pada kecepatan aliran udara 3.2 m/s pada temperature air 32-34°C. [3]. Selanjutnya R.K. Kulkarni et.al,(2011) juga meneliti sistim pendingin DEC dengan menggunakan material Aspen dan cellulose sebagai material pad, yang menemukan bahwa material Aspen telah memberikan efisiensi pendinginan sebesar 87.5% yang lebih besar dibandingkan material cellulose yang hanya memberikan efisiensi pendinginan sebesar 77.5%.[4]. Hindoliva (2011)

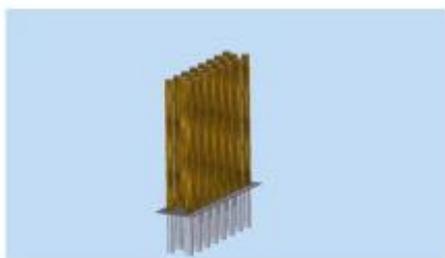
menemukan palash fiber memberikan efisiensi pendinginan 26.31% lebih besar dari khus dan 13.2% lebih besar dari material aspen, juga ditemukan bahwa palash fiber dan coconut fiber memiliki water resistance capability yang lebih baik.[5]. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut diatas, yang secara umum belum ada yang meneliti secara spesifik pengaruh temperature air material pad terhadap performansi sistim pendingin direct evaporative cooling, dimana hanya variable kecepatan aliran udara dan ketebalan material pad yang digunakan sebagai variable penelitian. Untuk itu peneliti terdorong ingin melakukan penelitian tentang pengaruh temperature air pembasah pada material pad jerami padi dan tapis kelapa terhadap performansi sistim pendingin DEC, karena temperature air pada material pad akan sangat mempengaruhi proses penguapan uap air udara yang melewati pad, sehingga akan memberikan efek pendinginan yang berbeda untuk setiap beda temperature air pembasah pad.

## METODOLOGI PENELITIAN

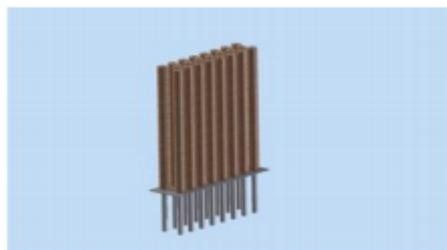
Penelitian dilakukan dengan menetapkan tiga tingkat putaran fan 1440; 1470; dan 1500 rpm, serta temperature air pembasah pad 10°C dan 15°C sebagai variable bebas. Sebagai variable terikat akan ditentukan besarnya kapasitas pendinginan yang dihasilkan oleh masing-masing variasi putaran fan dan temperature air pembasah seperti yang tersebut diatas. Sebagai material pad digunakan jerami padi dan tapis kelapa dengan ketebalan 300 mm yang dililitkan pada masing-masing 23 batang pipa pad dengan panjang pipa masing-masingnya 1000 mm. Pencatatan temperature dilakukan pada temperature udara masuk fan TdB1;TwB1, temperature udara masuk pad TdB2;TwB2, dan temperature udara keluar pad TdB3;TwB3 serta temperature udara keluar lingkungan TdB4;TwB4. Adapun cara kerja sistim pengujian dapat dijelaskan, dimana udara luar akan dihisap oleh fan pada tiga variasi putaran untuk masuk menuju pad yang telah dibasahi dengan air pada variasi temperature 10°C dan 15°C. Kemudian udara yang mengandung panas dan uap air ini akan melewati material pad yang basah, akan terjadi penguapan lapisan air pada material pad, sehingga temperature udara akan mengalami penurunan, sedangkan kandungan uap air udara akan bertambah. Dengan demikian udara produk yang dihasilkan oleh sistim pendingin DEC ini adalah udara dingin tetapi basah, akibat penambahan uap air hasil proses penguapan pada udara. Konstruksi pad jerami padi, tapis kelapa dan skematik pengujian

sistim pendingin pad dapat dilihat pada gambar 1a, 1b, 1c secara berurutan.

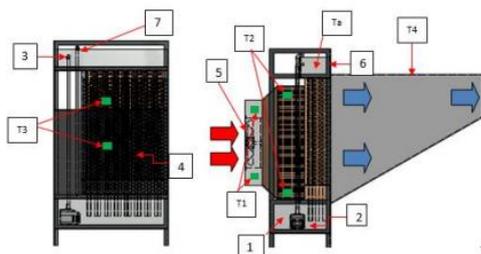
Konstruksi sistim pengujian terdiri dari water tank untuk penampungan air (1), pompa air yang mensirkulasikan air pembasah pad (2), Pipa water distribution yang mengalirkan air dari water tank ke pad (3), Pad dengan material jerami padi danau tapis kelapa (4), Fan yang menghisap udara luar untuk melewati pad (5), Reservoir air pendingin sebagai penampungan air dingin pembasah pad sebelum diteteskan pada material pad (6), Pipa overload untuk mengalirkan kelebihan air pada reservoir air pendingin (7).



(a)



(b)



(c)

**Gambar 1 (a) Konstruksi pad jerami padi (b) Konstruksi pad tapis kelapa (c) Skematik diagram pengujian sistim pendingin**

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Dari hasil pengujian pada sistim pendingin direct evaporative cooling (DEC) dengan jerami padi dan tapis kelapa sebagai material pad dan temperature air pembasah pad 10°C dan 15°C, didapat data seperti tabel 1 dan tabel 2.

**Tabel 1 Data temperature pengujian material pad jerami padi**

		Rpm 1				Rpm 2				Rpm 3			
Temp. Air		1440				1470				1500			
10°C		Waktu (menit)				Waktu (menit)				Waktu (menit)			
		15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
T1	TdB 1	30.5	30.7	30.7	30.8	30.7	30.7	30.4	30.7	31.4	31.2	30.1	30.4
	°C TwB 1	27.4	28.4	29.2	29.7	28.2	28.2	28.4	29	27.9	27.9	27.7	28.3
T2	TdB 2	29.6	29.7	30.6	30.6	30.2	30.4	30.2	30.5	29.9	29.7	29.3	29.7
	°C TwB 2	27.1	27.3	27.9	28.6	27.6	27.7	27.6	28	27.7	27.6	27.3	27.7
T3	TdB 3	29.3	29.5	30.1	29.9	29.9	30	29.9	30.1	29.7	29.6	29.2	29.6
	°C TwB 3	26.7	26.9	27.3	27.3	27.4	27.3	27.3	27.5	27.2	27	26.7	27.1
T4	TdB 4	29.2	29.4	29.9	29.9	29.6	29.5	29.8	29.5	29.5	29.2	29.4	29.4
	°C TwB 4	26.6	26.6	27.1	27.3	27.2	27.2	27.1	27.3	27.2	27.1	26.7	27.2

**Tabel 2 Data temperature pengujian material pad tapis kelapa**

		Rpm 1				Rpm 2				Rpm 3			
Temp. Air		1440				1470				1500			
15°C		Waktu (menit)				Waktu (menit)				Waktu (menit)			
		15	30	45	60	15	30	45	60	15	30	45	60
T1	TdB 1	31.1	31.2	30.9	30.9	30.8	30.9	30.9	30.6	30.7	30.2	30.2	30.5
	°C TwB 1	27.3	27.7	28.4	29	27.2	28.1	28.1	28.7	27.2	27.5	27.9	28.1
T2	TdB 2	30.2	30.5	30.6	30.6	30	30.4	30.4	30.2	30	29.7	30	30.2
	°C TwB 2	27	27.7	28.5	28.7	26.8	27.3	27.3	27.7	27.1	27.1	27.3	27.4
T3	TdB 3	29.6	29.7	29.8	30	29.3	29.9	29.9	29.7	29.2	29	29.4	29.6
	°C TwB 3	26.6	27.3	28.2	28.5	26.2	26.7	26.7	27.2	26.5	26.5	26.6	26.7
T4	TdB 4	29.2	29.7	29.7	29.7	29	29.5	29.5	29.5	29.1	28.9	29.2	29.4
	°C TwB 4	26.1	26.5	26.5	26.8	26	26.3	26.3	26.5	26.3	26.3	26.4	26.5

Dari data temperature pada Tabel 1 dan Tabel 2, dilakukan pengolahan data untuk menghitung besarnya kapasitas pendinginan yang dihasilkan oleh masing-masing material pad dengan variasi temperature air pembasah pad yang berbeda.

Kapasitas pendinginan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut,

$$q_s = Q \cdot \rho \cdot C_p (T_{dB,2} - T_{dB,3}) \dots \dots \dots (1)$$

dimana :

$q_s$  = kapasitas pendinginan (kW)

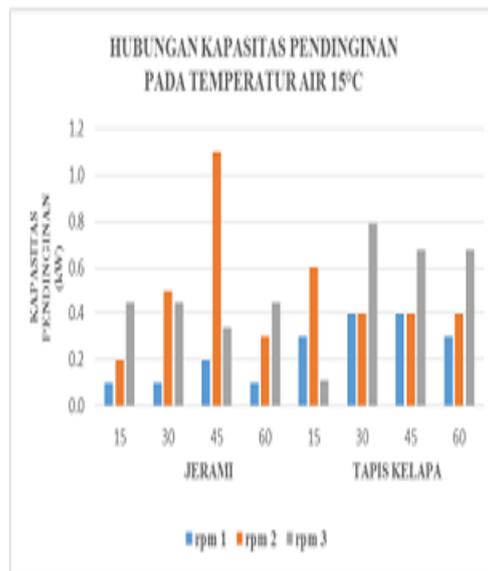
$Q$  = laju aliran volume udara (m<sup>3</sup>/s)

$\rho$  = massa jenis udara = 1.2 kg/m<sup>3</sup>

$C_p$  = panas spesifik udara = 1.03 kJ/kg K

Sebagai hasil perhitungannya dapat diperlihatkan pada grafik 2.

Dari Gambar 2a dan 2b, dapat dijelaskan bahwa kapasitas pendinginan tertinggi yang dapat dicapai pada penggunaan material pad jerami padi sebesar 0.42 kW pada putaran 1500 rpm dengan temperature air pembasah pad 15oC, sedangkan untuk temperature air pembasah 10oC hanya dapat mencapai kapasitas pendinginan sebesar 0.14 kW. Demikian pula pada material pad tapis kelapa, kapasitas pendinginan tertinggi sebesar 0.56 kW dapat tercapai pada putaran 1500 rpm dan temperature air pembasah pad 15oC, sedangkan untuk temperature air pembasah 10oC hanya memberikan kapasitas pendinginan sebesar 0.39 kW. Perbedaan kapasitas pendinginan yang dihasilkan oleh dua variasi temperature air pembasah pad tersebut diakibatkan oleh dengan semakin tingginya temperature air pembasah pad akan menghasilkan kapasitas penguapan yang lebih besar dengan lebih cepatnya waktu penguapan lapisan air pada permukaan material pad. Kecepatan waktu penguapan juga dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara yang dihasilkan oleh fan, dimana putaran fan tertinggi akan menghasilkan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi dan waktu penguapan akan lebih cepat dan tinggi.



(b)

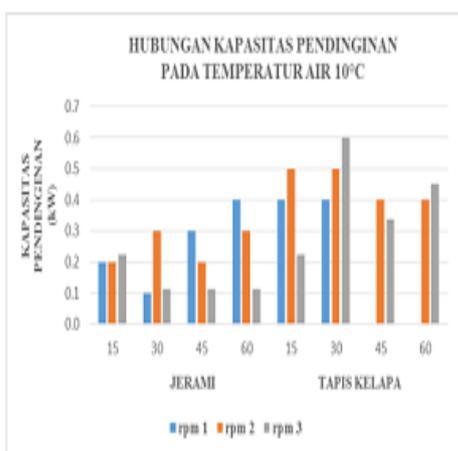
**Gambar 2 Grafik hubungan kapasitas pendinginan dan temperature air pembasah pad jerami padi dan tapis kelapa pada temperatur 10°C dan 15°C**

**KESIMPULAN**

Dari hasil pembahasan tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa temperature permukaan air yang lebih tinggi pada permukaan material pad, dengan kecepatan aliran udara yang lebih tinggi, akan menghasilkan kapasitas pendinginan yang lebih besar.

**DAFTAR PUSAKA**

[1] Banyat Niyomvas and Bunjerd Potakarart, Performance study of cooling pads, Advance Material Research 664 (2013) 931-935  
 [2] Abdullah Malli , Hamid Reza Seyf et.al, Investigating the performance of cellulosic evaporative cooling pads, Energy Conversion and Management 52 (2011)2598-2603  
 [3] Cruz VF, Perissinotto M, Lucas EM, De Moura DJ, Efficiency evaluation of pad cooling system design with different pad material, (2006)  
 [4] R.K. Kulkarni, S.P.S. Rajput, Comparative performance of cooling pads of alternative materials, International Journal of Advance



(a)

Engineering Sciences and Technologies,  
10(2011) 239-244.

[5] J.K. Jain, D.A. Hindoliyab, Experimental  
performance of new evaporative cooling pad

materials, Sustainable Cities and Society 1  
(2011) 252-256.