

# Pengaruh Sistem Distribusi Air Pada Cooling Pad Terhadap Performansi Evaporative Cooling

I Kadek Dwiana <sup>1\*</sup>, Luh Putu Ike Midiani <sup>2</sup>, I Dewa Gede Agus Tri Putra <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Sarjana terapan TRU, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali

<sup>2</sup> Sarjana terapan TRU, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali

<sup>3</sup> Sarjana terapan TRU, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali

\*Corresponding Author: [dekwi144@gmail.com](mailto:dekwi144@gmail.com)

**Abstrak:** Sistem pendingin evaporative cooling merupakan sistem pendingin tanpa menggunakan refrigerant yang relatif sederhana. Secara umum ada dua tipe evaporative cooling, yaitu direct evaporative cooling dan indirect evaporative cooling. Dari kedua tipe tersebut, cooling pad memiliki peran penting dalam menentukan performansi sistem. Evaporative cooling bekerja dengan menghisap udara dari lingkungan, selanjutnya udara bersinggungan dengan pad yang ditelesi air di sisi depan fan. Air membasahi pad di bagian atasnya dengan bantuan pompa dan sisa tetesan ini akan jatuh di water tank. Udara dingin yang keluar dari pad akan dihembuskan oleh fan ke ruangan yang di kondisikan. Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan performansi sistem Evaporative Cooling berbahan zeolit dengan mengukur temperatur dan RH udara. Dilakukan juga pencatatan kecepatan aliran udara. Dua variasi distribusi air yang berbeda yaitu dengan metode pad dispray dan pad direndam. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit selama 8 jam. Performansi sistem evaporative cooling dengan metode cooling pad dispray adalah 4,5, dengan menggunakan metode perendaman cooling pad performansinya adalah 4,3. Dengan menggunakan bahan cooling pad yang ramah lingkungan dan memiliki kemampuan tetap basah akan membuat sistem evaporative cooling beroperasi dengan baik. Masih perlu terus dilakukan perbaikan dimensi dan struktur pori cooling pad zeolit agar dapat memperbaiki proses penyerapan dan penyimpanan air.

**Kata Kunci:** Sistem pendingin, evaporative cooling

**Abstract:** The evaporative cooling system is a cooling system without the use of a relatively simple refrigerant. In general, there are two types of evaporative cooling, namely direct evaporative cooling and indirect evaporative cooling. Of the two types, the cooling pad has an important role in determining system performance. Evaporative cooling works by sucking air from the environment, then the air is in contact with a pad that is dripping with water on the front side of the fan. Water wets the pad on top with the help of a pump and the remaining droplets will fall in the water tank. The cold air coming out of the pad will be blown by the fan into the conditioned room. Data collection was carried out to obtain the performance of the Evaporative Cooling system made from zeolite by measuring the temperature and RH of the air. The air flow velocity was also recorded. Two different variations of water distribution, namely the method of pad spray and pad soaked. Data were collected every 10 minutes for 8 hours. The performance of the evaporative cooling system with the cooling pad spray method is 4.5, by using the cooling pad immersion method the performance is 4.3. Using a cooling pad material that is environmentally friendly and has the ability to stay wet will make the evaporative cooling system operate properly. It is still necessary to continue to improve the dimensions and pore structure of the zeolite cooling pad in order to improve the water absorption and storage process.

**Keywords:** Cooling system, evaporative cooling

**Informasi Artikel:** Pengajuan Repository pada September 2022/ Submission to Repository on September 2022

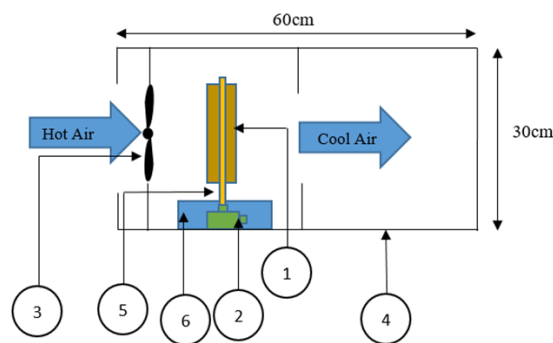
## Pendahuluan

Pengondisian udara mempunyai beberapa fungsi antara lain pengontrolan temperatur, pengontrolan kelembaban, dan kualitas udara sehingga sesuai dengan kebutuhan pengguna. Sistem yang banyak digunakan dalam pengondisian udara ruang hingga kini masih didominasi sistem pendinginan kompresi uap yang berbasis refrigerant. Sistem ini kompak dan mempunyai kemudahan dalam operasinya. Namun sistem ini kebanyakan masih menggunakan refrigerant berbasis CFC, dimana menurut regulasi pemerintah harus berangsur angsur ditinggalkan karena zat ini bersifat merusak ozon [1]. Sistem pendingin evaporative cooling

merupakan sistem pendingin tanpa menggunakan refrigerant yang relatif sederhana. Kontruksi dasarnya terdiri dari fan, cooling pad dan pompa untuk mensirkulasikan air dari bak penampung ke bagian atas cooling pad. Fan menghisap udara luar masuk kedalam ruangan melalui lubang ventilasi dan udara luar akan bersentuhan dengan cooling pad, dimana cooling pad ini kelembabannya tetap dijaga. Setelah udara luar melewati cooling pad fan akan menghisap udara dan menghembuskan ke dalam ruangan. Karena adanya penyemprotan air, maka kelembaban udara menjadi meningkat, yang besarnya tergantung dari kesempurnaan terjadinya kontak antara air dan udara. Secara teoritis akan dapat dicapai kelembaban relatif 100 % dan terjadi penurunan temperatur udara terendah. Evaporative cooling relatif lebih mudah dipasang, ramah lingkungan dan tidak merusak ozon. Selain itu daya listrik yang dibutuhkan lebih rendah sehingga lebih hemat energi.(Yunianto et al. 2017)[2]. Secara umum ada dua tipe evaporative cooling, yaitu direct evaporative cooling dan indirect evaporative cooling. Perbedaan dasarnya adalah pada udara keluaran direct evaporative cooling (DEC) kelembabannya meningkat, sedangkan pada indirect evaporative cooling (IEC) kelembabannya konstan karena air pendinginnya tidak berkontak langsung dengan udara.(Rachman and Yunianto 2014). Dari kedua tipe evaporative cooling tersebut, Cooling pad mempengaruhi perpindahan panas dan massa evaporative cooling, sehingga pemilihan bahan cooling pad dan distribusi air menjadi alternative untuk memperbaiki performansi evaporative cooling[3]. Bahan cooling pad pada penelitian sebelumnya adalah spon, serabut kelapa, karung goni, sumbu kompor, dan bahan anti selip. Pemilihan bahan berpori sebagai cooling pad masih belum banyak digunakan, dimana sifat permeabilitas dan porositas bahan berpori dapat meningkatkan efek pendinginan secara lebih sederhana dan efektif. Bahan berpori yang akan digunakan adalah zeolit alam. Selanjutnya distribusi air yang dikenakan pada cooling pad berpori adalah dengan metode dispray air dan direndam air [4].

## Metode

Jenis penelitian yang digunakan pada proposal skripsi ini adalah metode eksperimen, dengan menguji evaporative cooling berbahan pad zeolit dengan pendinginan pertama bahan pad yang dispray air dan pendinginan kedua bahan pad yang di rendam air.

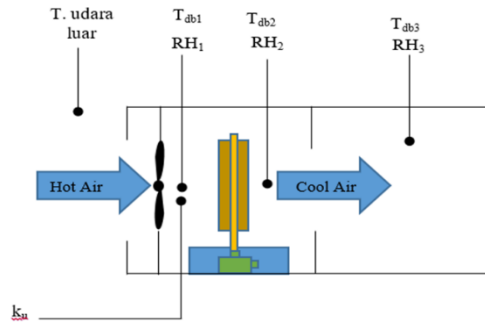


**Gambar 1.** Desain penempatan komponen utama

Keterangan penempatan komponen utama :

- 1.Cooling pad, 2.Pompa, 3.Fan, 4.Casing / box, 5.Pipa air, 6.Bak penampung air

Pada umumnya *evaporative cooling* bekerja dengan menghisap udara dari lingkungan, saat dihisap inilah udara bersinggungan dengan pad yang ditetesi air di sisi depan blower/fan. Air membasahi pad 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 pad dengan bantuan pompa. Udara dingin yang keluar dari bantalan akan dihisap dan dihembuskan oleh blower/fan ke lingkungan, dan proses pendinginan pun berlangsung.



**Gambar 2.** Desain penempatan alat ukur

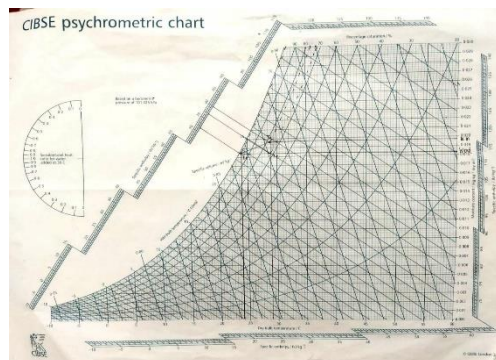
Keterangan gambar :

Temperatur udara luar lingkungan,  $T_{db1}$  : Temperatur Bola Kering 1,  $T_{db2}$  : Temperatur Bola Kering 2,  $T_{db3}$  : Temperatur Bola Kering 3, RH udara luar lingkungan,  $RH_1$  :Kelembaban udara 1,  $RH_2$  :Kelembaban udara 2,  $RH_3$  :Kelembaban udara 3,  $k_u$  :Kecepatan aliran udara.

Proses pengambilan data pada Evaporative Cooling berbahan pad zeolit dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian sebagai berikut: Mempersiapkan alat ukur dan alat pengujian lainnya yang akan digunakan untuk pengambilan data seperti: Thermocouple, Anemometer, Stopwatch dan lainnya yang diperlukan. Selanjutnya memeriksa alat dan media sudah dalam kondisi yang baik dan siap digunakan untuk pengambilan data. Langkah pengambilan data yaitu : Menghidupkan sistem dan membiarkan sistem bekerja selama 20 menit. Kemudian melakukan pengambilan data dengan penuh hati-hati dan teliti dengan titik pengambilan data sebagai berikut : Temperatur udara luar,  $T_{db1}$ : Temperatur Bola Kering 1,  $T_{db2}$ : Temperatur Bola Kering 2,  $T_{db3}$ : Temperatur Bola Kering 3, RH udara luar,  $RH_1$ :Kelembaban udara 1,  $RH_2$  :Kelembaban udara 2,  $RH_3$  :Kelembaban udara 3,  $k_u$  :Kecepatan aliran udara, setelah itu catat hasil pengambilan data dari awal sampai akhir sesuai dengan waktu yang ditentukan. Pengambilan data setiap 10 menit sekali selama 8 jam, dan jika sudah selesai matikan sistem dalam posisi OFF.

## Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini ada 2 Variasi yaitu : (a) Menggunakan bahan pad yang di spray air (b) Menggunakan bahan pad yang di rendam air. Setelah itu data penelitian akan dianalisa pada *psychrometric chart*. Psychrometric chart dapat membantu dalam melakukan perhitungan dan mengetahui karakteristik dari *evaporative cooling*. Dalam menggambar psychrometric chart, ada beberapa data yang diperlukan dari data penelitian, yaitu temperatur bola kering udara masuk ( $T_{db,i}$ ), temperatur bola basah udara masuk ( $T_{wb,i}$ ), temperatur bola kering udara keluar ( $T_{db,o}$ ), dan temperatur bola basah udara keluar ( $T_{wb,o}$ ).



**Gambar 3.** Proses udara bahan pad yang di spray air

**Tabel 1.** Hasil plot data ke psychometric chart bahan pad di spray

Posisi	Tdb (Temperatur dry bulb)	Twb (Temperatur wet bulb)	RH (Kelembaban)	h (Enthalpy)	w (Specific humidity)	v (Specific volume)
T.in	29°C	25,6°C	77%	79,09kJ/kg	0,0195Kg/kg	0,883m <sup>3</sup> /kg
T.out	24°C	23,8°C	99%	71,72kJ/kg	0,0187Kg/kg	0,867m <sup>3</sup> /kg
T.c	29°C	25,2°C	73%	76,98kJ/kg	0,0187Kg/kg	0,882m <sup>3</sup> /kg

- a. Pertambahan kandungan uap air (1)

$$\Delta w = w_{out} - w_{in}$$

$$= (0,0187 - 0,0195) \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara}$$

$$= - 0,0008 \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara}$$

- b. Laju aliran volume udara (Q udara) (2)

$$Q_{udara} = V \times A$$

$$= 2,4 \text{ m/s} \times (p= 0,12\text{m} \times l= 0,12\text{m})$$

$$= 2,4 \text{ m/s} \times (0,014)$$

$$= 0,033 \text{ m}^2/\text{s}$$

- c. Laju aliran massa udara (m udara) (3)

$$m_{udara} = \frac{V \times A}{VA}$$

$$= \frac{0,033}{0,883}$$

$$= 0,037 \text{ kg}_{udara}/\text{s}$$

- d. Energi kalor sensibel yang dilepas udara (Qout) (4)

$$Q_{out} = \dot{m}_{udara} \times (h_c - h_{out})$$

$$= 0,037 \text{ kg}_{udara}/\text{s} \times (76,98 - 71,72) \text{ kJ}/\text{kg}_{udara}$$

$$= 0,037 \text{ kg}_{udara}/\text{s} \times (5,26) \text{ kJ}/\text{kg}_{udara}$$

$$= 0,194 \text{ kJ/s}$$

- e. Efektivitas pendingin cooling pad (5)

$$\epsilon = \frac{T_{dB,i} - T_{dB,o}}{T_{dB,i} - T_{wb,i}}$$

$$= \frac{29^\circ\text{C} - 24^\circ\text{C}}{29^\circ\text{C} - 25,6^\circ\text{C}}$$

$$= \frac{5^\circ\text{C}}{3,4^\circ\text{C}}$$

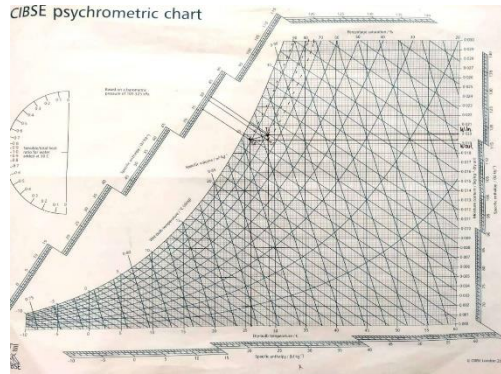
$$= 1,47^{\circ}\text{C}$$

- f. Menentukan nilai EER (Efisiensi Energy Ratio) (6)

$$EER = \frac{Q_{out}}{\text{konsumsi daya}}$$

$$EER = \frac{0,194 \text{ kW}}{0,043 \text{ kW}}$$

$$EER = 4,5$$



**Gambar 4.** Proses udara bahan pad yang di rendam air

**Tabel 2.** Hasil plot data ke psychrometric chart bahan pad di spray

	Tdb (Temperatur dry bulb)	Twb (Temperatur wet bulb)	RH (Kelembaban)	H (Enthalpy)	W (Humidity ratio)	SV (Specific volume)
T.in	29°C	25,8°C	79%	80,45kJ/kg	0,0201Kg/kg	0,884m <sup>3</sup> /kg
T.out	26°C	24°C	91%	75,54kJ/kg	0,0194Kg/kg	0,874m <sup>3</sup> /kg
T.c	29°C	25,6°C	76%	79,70kJ/kg	0,0194Kg/kg	0,883m <sup>3</sup> /kg

- a. Pertambahan kandungan uap air (1)

$$\Delta W = W_{out} - W_{in}$$

$$= (0,0194 - 0,0201) \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara}$$

$$= - 0,0007 \text{ kg}_{air}/\text{kg}_{udara}$$

- b. Laju aliran volume udara (Q udara) (2)

$$Q_{udara} = V \times A$$

$$= 2,4 \text{ m/s} \times (p= 0,12\text{m} \times l= 0,12\text{m})$$

$$= 2,4 \text{ m/s} \times (0,014)$$

$$= 0,033 \text{ m}^2/\text{s}$$

- c. Laju aliran massa udara (m udara) (3)

$$\begin{aligned} \text{mudara} &= \frac{V \times A}{VA} \\ &= \frac{0,033}{0,884} \\ &= 0,037 \text{ kgudara/s} \end{aligned}$$

d. Energi kalor sensibel yang dilepas udara ( $Q_{out}$ ) (4)

$$\begin{aligned} Q_{out} &= \dot{m}_{udara} \times (h_c - h_{out}) \\ &= 0,037 \text{ kgudara/s} \times (79,70 - 75,54) \text{ kJ/kgudara} \\ &= 0,037 \text{ kgudara/s} \times (4,16) \text{ kJ/kgudara} \\ &= 0,153 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

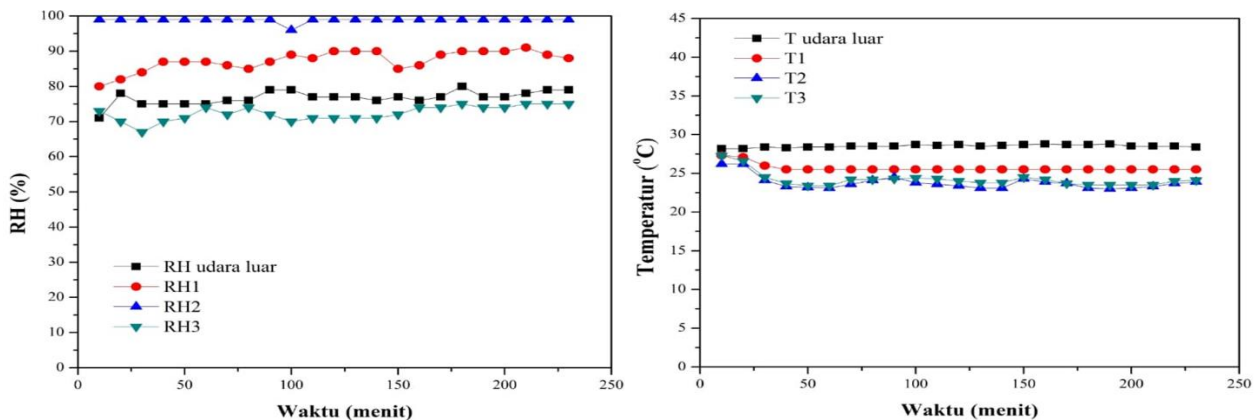
e. Efektivitas pendingin cooling pad (5)

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{T_{dB,i} - T_{dB,O}}{T_{dB,i} - T_{wb,i}} \\ &= \frac{29^\circ\text{C} - 26^\circ\text{C}}{29^\circ\text{C} - 25,8^\circ\text{C}} \\ &= \frac{3^\circ\text{C}}{3,2^\circ\text{C}} \\ &= 0,93^\circ\text{C} \end{aligned}$$

f. Menentukan nilai EER (*Efisiensi Energy Ratio*) (6)

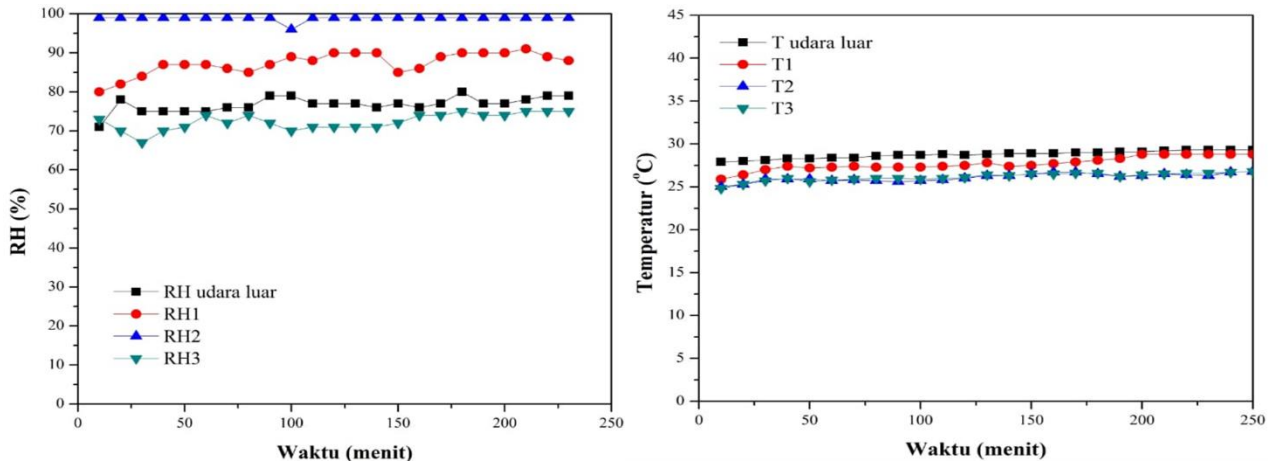
$$\begin{aligned} EER &= \frac{Q_{out}}{\text{konsumsi daya}} \\ EER &= \frac{0,153 \text{ kW}}{0,035 \text{ kW}} \\ EER &= 4,3 \end{aligned}$$

Penelitian dilakukan untuk membandingkan performansi sistem evaporative cooling dengan metode cooling pad yang dispray air dan perendaman cooling pad. Data yang diperoleh adalah temperatur dan RH udara lingkungan dan pada ruang yang dikondisikan.



Gambar 5. Grafik RH dan Temperatur dengan bahan pad yang di spray air

Pada Gambar grafik diatas terlihat temperatur udara luar relatif konstan dengan rata-rata temperatur sekitar 29°C. Temperatur udara luar mengalami penurunan setelah masuk melewati fan. Penurunan tersebut tidak terlalu signifikan karena belum melewati cooling pad, perbedaan temperatur udara luar dan temperatur setelah fan hanya sekitar 3°C. Penurunan temperatur baru terlihat setelah melewati cooling pad yakni pada titik pengukuran T2. Temperatur terendah sekitar 23,1°C dan temperatur tertinggi didapat sebesar 26,3 dengan rata-rata sebesar 24°C. Pada grafik kelembaban udara (RH) akan berbanding terbalik dengan temperatur dikarenakan semakin rendah temperatur maka kelembaban akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya.



Gambar 7. Grafik RH dan Temperatur dengan bahan pad yang di rendam air

Pada Gambar grafik diatas terlihat temperatur udara luar mengalami kenaikan karena waktu pengukuran pada siang hari. Terlihat penurunan temperatur dari awal pengukuran dan semakin siang temperatur udara luar semakin meningkat. Pada T1 temperatur keluar dari fan mengalami penurunan 1°C dari temperatur udara luar. Pada titik ini temperatur udara luar berpengaruh terhadap penurunan temperatur setelah keluar fan. Setelah melewati cooling pad temeperatur mengalami penurunan 1°C Temperatur pengukuran di titik T3 tidak mengalami penurunan dari T2, itu diakibatkan oleh pad yang di rendam kurang baik dalam proses penyerapan air sehingga temperatur sulit untuk turun. Pada grafik kelembaban udara (RH) akan berbanding terbalik dengan temperatur dikarenakan semakin rendah temperatur maka kelembaban akan semakin tinggi, begitupun sebaliknya.

Setelah melakukan perhitungan dengan kedua data tersebut penulis dapat perbedaan performansi evaporative cooling dengan bahan pad yang di spray air dan bahan pad yang di rendam air.

Tabel 3. Hasil perhitungan performansi

	$\Delta w$	Qout	$\epsilon$	EER
Spray	-0,0008 kg <sub>air</sub> /kg <sub>udara</sub>	0,194 kJ/s	1,47°C	4,5
Rendam	-0,0007 kg <sub>air</sub> /kg <sub>udara</sub>	0,153 kJ/s	0,93°C	4,3

Terlihat pada tabel diatas perbandingan performansi evaporative cooling dengan pad yang di spray air dan pad yang di rendam air. Pada pad yang di spray air Qout sebesar 0,194 kJ/s dan EER sebesar 4,5. Sedangkan pada pad yang di rendam air Qout sebesar 0,153 kJ/s dan EER sebesar 4,3. Jadi performansi evaporative cooling dengan pad yang di spray air lebih bagus terlihat dari nilai Qout yang lebih besar sehingga menyebabkan EER juga semakin meningkat. Sedangkan performansi cooling pad yang di rendam air terlihat Qout lebih kecil dari pada pad yang di spray air dan juga EER yang lebih rendah dengan nilai yakni 4,3. Ini me-

nandakan performansi evaporative cooling dengan bahan pad yang di sprai air lebih efisien dalam proses pendinginan dan terlihat dari temperatur yang di hasilkan lebih rendah dari pada pad yang di rendam air.

## Simpulan

Sistem *Evaporative Cooling* merupakan sistem pengkondisian udara alternative yg ramah lingkungan dan rendah penggunaan energi. Performansi dari cooling pad yang di spray memiliki EER sebesar 4,5 dengan Qout sebesar 0,194 kJ/s, performansi cooling pad yang direndam memiliki EER sebesar 4,3 dan Qout sebesar 0,153 kJ/s. Cooling pad yang di spray memiliki performa yang lebih baik daripada pad yang di rendam.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih atas bantuan, bimbingan, arahan dan dukungan dari ibu dosen pembimbing 1 dan bapak dosen pembimbing 2 sehingga penelitian ini dapat selesai dengan baik. Juga teman sejawat yang telah memberikan masukan serta dukungan dan juga seluruh dosen dan staf akademik yang telah membantu memberikan fasilitas dan ilmunya dalam penyelesaian penelitian ini.

## Daftar pustaka

- [1] Amer, O., R. Boukhanouf, and H. G. Ibrahim. 2015. "A Review of Evaporative Cooling Technologies." *International Journal of Environmental Science and Development* 6 (2): 111–17. <https://doi.org/10.7763/ijesd.2015.v6.571>.
- [2] Hidayati, Baiti, Ferry Irawan, and Yolanda Biola Herawati. 2021. "Analisis Kelembaban Udara Pada AC Split Wall Usia Pakai 8 Tahun Dengan Kapasitas 18000 Btu/Hr." *Jurnal Austenit* 13 (1): 8–12. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/austenit/article/view/3263/1418>.
- [3] Narayanan, R. 2017. "Heat-Driven Cooling Technologies." *Clean Energy for Sustainable Development: Comparisons and Contrasts of New Approaches*, 191–212. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805423-9.00007-7>.
- [4] Rachman, Pratama, and Bambang Yunianto. 2014. "Pengaruh Jenis Water Sprayer Terhadap Efektivitas" 3 (2): 143–48.
- [5] Reksa Anestyan, Dhanu, Hendra Wijaksana, I Nengah Suarnadwipa, and Bukit Jimbaran Bali Abstrak. 2018. "Study Eksperimental Performansi Evaporative Cooling Pad Dengan Penggunaan Aliran Paksa Udara Dingin Dengan Saluran Udara Berbentuk Persegi Empat." *Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA* 7 (2): 182–88.
- [6] Santika, A A Dwi, Hendra Wijaksana, and I Ketut Astawa. 2019. "Analisa Performansi Cooling Pad Tanpa Saluran Udara Dan Dengan Saluran Udar." *Iptekma* 6 (1): 81. <https://doi.org/10.24843/iptekma.2019.vo8.io2.p04>.
- [8] Suryana, Nyoman, Nengah Suarnadwipa, and Hendra Wijaksana. 2014. "Studi Eksperimental Performansi Penndingin Evaporative Portable Dengan." *Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA* 1 (1).
- [9] Zhao, X. 2010. "Porous Materials for Direct and Indirect Evaporative Cooling in Buildings." *Materials for Energy Efficiency and Thermal Comfort in Buildings*. <https://doi.org/10.1533/9781845699277.2.399>.
- [10] Wijaksana, Hendra, I Nyoman Suprpta Winaya, Made Sucipta, Ainul Ghurri, and Nengah Suarnadwipa. 2017. "The investigation on cooling capacity and celdek material pad classification of evaporative cooling pad system using different pad material with water temperature and water discharge variations Doctoral Study Program of Engineering Science , Faculty of En." 3rd International Conference on Mechanical Engineering (Income 2017), 1–13.
- [11] Wang, Shan K. 1994. *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*. Choice Reviews Online. Vol. 32. <https://doi.org/10.5860/choice.32-0959>.