

# Pengaruh Perlakuan Cooling Pad Terhadap Performansi Evaporative Cooling

I putu Merta Adnyana <sup>1\*</sup>, Ni Luh Putu Ike Midiani <sup>2</sup>, I Made Rai Jaya Widanta <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Prodi Teknologi Rekayasa Utilitas, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali

<sup>2</sup> Prodi Teknologi Rekayasa Utilitas, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali

<sup>3</sup> Prodi Teknologi Rekayasa Utilitas, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali

\*Corresponding Author: putugmr@gmail.com

## Abstrak

Sistem pendingin evaporative cooling merupakan sistem pendingin tanpa menggunakan refrigerant yang relatif sederhana. Cooling pad mempengaruhi perpindahan panas dan massa evaporative cooling, sehingga pemilihan bahan cooling pad dan distribusi air menjadi alternative untuk memperbaiki performansi evaporative cooling. 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. 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. Selanjutnya memeriksa alat dan media sudah dalam kondisi yang baik dan siap digunakan untuk pengambilan data. Langkah pengambilan data. Kemudian 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, Tdb1: Temperatur Bola Kering 1, Tdb2 : Temperatur Bola Kering 2, Tdb3: Temperatur Bola Kering 3, RH udara luar, RH1:Kelembaban udara 1, RH2 :Kelembaban udara 2, RH3 :Kelembaban udara 3, ku :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. Sistem EC merupakan sistem pengkondisian udara alternative yg ramah lingkungan dan rendah penggunaan energi. Dari beberapa hasil riset yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penelitian menggunakan zeolite yang berbentuk kerikil mempunyai daya serap yang lebih baik dari pada serabut kelapa, anti selip, dan jaring paranet. Dari hasil riset yang dilakukan menggunakan zeolite dengan dua variasi yaitu untuk pad yang disintering mempunyai efektifitas 60,2%, untuk pad yang berbentuk kerikil mempunyai efektifitas 94%

**Kata Kunci:** Evaporative Cooling, Cooling Pad, Zeolite, Pendingin Sederhana

## Abstract

The evaporative cooling system is a cooling system without the use of a relatively simple refrigerant Cooling pad affects the heat and mass transfer of evaporative cooling, so the choice of cooling pad material and water distribution is an alternative to improve evaporative cooling performance. Evaporative cooling works by sucking air from the environment, when it is inhaled, the air is in contact with the pad that is dripping with water on the front side of the blower/fan. Water soaks the pad that resembles a mesh at the top and the rest of these droplets will fall on the water tank below. Water is circulated from the water tank to the top of the pad with the help of a pump. The cold air coming out of the bearing will be sucked in and exhaled by the environmental blower/fan, and the cooling process takes place.

Data collection on Evaporative Cooling made from zeolite pads is carried out by following the following test procedures: Preparing measuring instruments and other testing tools that will be used for data collection. Then check that the tools and media are in good condition and ready to be used for data collection. Data retrieval step. Then turn on the system and let the system work for 20 minutes. Then carry out data collection carefully and thoroughly with data collection points as follows: Outside air temperature, Tdb1: Dry bulb temperature 1, Tdb2: Dry bulb temperature 2, Tdb3: Dry bulb temperature 3, outside air RH, RH1: Humidity air 1, RH2: Air humidity 2, RH3: Air humidity 3, ku: Air flow velocity, after that record the results of data collection from beginning to end according to the specified time. Data retrieval once every 10 minutes for 8 hours, and when it is finished turn off the system in the OFF position. From several research results that have been carried out, it can be concluded that research using zeolite in the form of gravel has better absorption than coconut fiber, anti-slip, and paranet nets. From the results of research conducted using zeolite with two variations, namely for sintered pads it has an effectiveness of 60.2%, for pads in the form of gravel it has 94% effectiveness.

**Keywords:** Evaporative Cooling, Zeolite, Cooling Pad, Simple Cooler

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

## Pendahuluan

Pengkondisian udara adalah proses perlakuan terhadap udara yang digunakan untuk kenyamanan (comfort air conditioning), yaitu untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara serentak guna menciptakan kondisi udara yang nyaman bagi orang yang berada di dalam suatu ruangan. Saat ini sudah banyak alat pengkondisian udara yang sudah sering kita lihat. Misalnya AC (air conditioning), lemari es, maupun yang lainnya. Dari beberapa alat pengkondisian udara tersebut banyak yang menggunakan gas refrigeran. Gas refrigeran digunakan karena sifat bahan ini mudah menguap dan bentuknya bisa berubah-ubah, baik cairan maupun gas. Secara umum sifat refrigeran memang baik dari segi teknik seperti memiliki kesetabilan yang sangat tinggi, tidak mudah terbakar, tidak beracun dan lebih mudah diperoleh. Akan tetapi dibalik sifat yang baik tersebut ada beberapa refrigeran sintetik seperti R-11 dan R-12 yang mengandung senyawa CFC (Clurofluorocarbon) yang memiliki efek negatif terhadap lingkungan yaitu dapat merusak lapisan ozon (Ozone Depleting Potensial/ODP) dan menimbulkan pemanasan global (Global Warming Potensial/GWP). Oleh karena itu, evaporative cooling adalah salah satu alternatif untuk mengatasi hal tersebut.

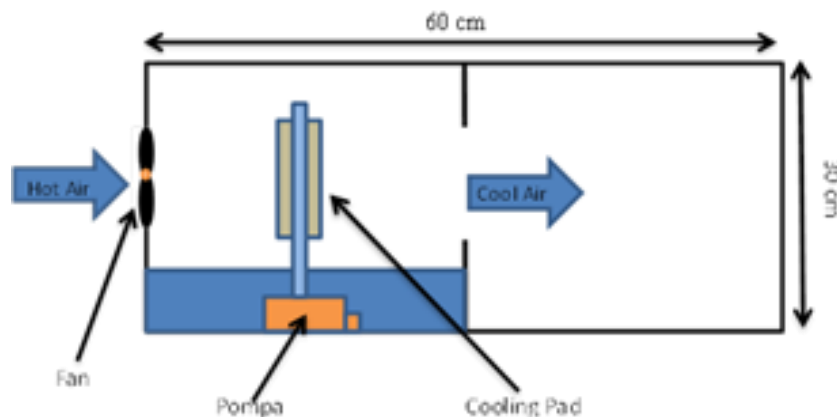
*Evaporative cooling* merupakan sistem pengkondisian udara yang menggunakan air sebagai media pendinginan dan menambah kelembaban pada aliran udara, sehingga temperatur bola kering menjadi lebih dingin sebelum mengalami proses penguapan. Udara dalam proses penguapan dibedakan atas suhu bola kering (*dry bulb temperature*) dan suhu bola basah (*wet bulb temperature*). Perbedaan kedua suhu tersebut dari kondisi udara yang digunakan, akan menentukan terhadap besarnya efek pendinginan yang terjadi. Pendinginan evaporative secara teknik disebut dengan pendinginan adiabatik. Pendinginan adiabatik adalah proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air sehingga terjadi perubahan dari panas sensibel menjadi panas laten [1]. 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 [2]. Pendingin udara evaporatif langsung (direct evaporative cooling) adalah yang paling populer di pasar. Dalam sistem ini, udara luar ditarik melalui pad filter yang dibasahi, di mana udara kering yang panas didinginkan dan dilembabkan melalui penguapan air. Penguapan air mengambil sebagian panas dari udara sehingga lebih dingin dan lebih lembab. Suhu bola kering udara yang meninggalkan pad basah mendekati suhu bola basah udara sekitar. Pendingin udara direct evaporative cooling lebih efektif di iklim kering. Karena mereka menghasilkan udara yang lebih hangat dan lembab dibandingkan dengan pendingin udara, volume udara yang jauh lebih banyak diperlukan untuk menghasilkan efek pendinginan yang sama [3]. Udara dari luar (outdoor air) dialirkan secara paksa menggunakan supply fan melalui cooling pad yang dijaga tetap basah dengan cara mengalirkan air dari bagian atas cooling pad sehingga sebagian panas sensibel dari udara dipindahkan ke air dan menjadi panas laten yang menyebabkan suhu udara menjadi dingin [4]. Prinsip operasi pendinginan evaporatif tidak langsung (Indirect evaporative cooling) adalah penggunaan udara dingin yang dihasilkan oleh pendinginan evaporatif langsung untuk mendinginkan aliran udara yang digunakan untuk pendinginan ruang dengan menggunakan penukar panas. Karena pendinginan aliran udara primer terjadi melalui perpindahan panas melintasi dinding penukar panas tanpa pencampuran dua aliran udara, aliran udara primer menjadi lebih dingin tanpa peningkatan kelembabannya. Pendingin udara evaporatif tidak langsung efektif di daerah dengan kelembaban sedang/tinggi. Menurut peringkat produsen, efektivitas ini berkisar antara 40% hingga 80% [3]. Supply fan mengalirkan udara luar (outdoor air) hingga bersentuhan dengan satu sisi permukaan heat exchanger yang dingin, yang didalamnya mengalir udara (secondary air) yang suhunya relatif rendah. Setelah terjadi perpindahan panas antara udara yang mengalir di luar heat exchanger dengan udara yang berada di dalam melalui heat exchanger, udara yang di dalam suhunya menjadi naik dan pada saat bersamaan pada sisi lain heat exchanger bersentuhan dengan cooling pad sehingga terjadi proses direct evaporative cooling [4].

Bahan cooling pad pada penelitian yang sudah pernah dilakukan Suryana pernah meneliti menggunakan tipe DEC dengan menggunakan pad spon yang berfokus pada riset performansi evaporative cooling dan mendapatkan hasil bahwa Semakin tebal pad semakin baik performansi evaporative cooling [5]. Rachman & Yunianto meneliti menggunakan tipe DEC dengan pad serabut kelapa yang berfokus riset pada efektifitas DEC dengan jenis spray yang berbeda dan mendapatkan hasil bahwa spray pada setiap lubang menghasilkan

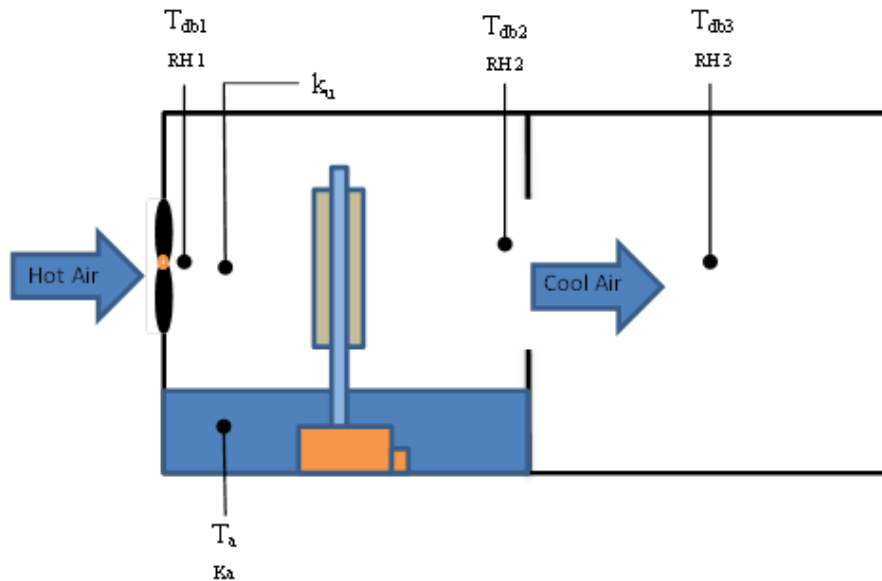
efektifitas tertinggi [2]. Sunarwo meneliti menggunakan tipe DEC tanpa menggunakan pad yang berfokus riset pada performansi evaporative cooling dan mendapatkan hasil bahwa performansi evaporative cooling dipengaruhi oleh temperatur lingkungan, temperatur air pada reservoir, dan kecepatan fan [6]. Santika meneliti menggunakan tipe DEC dengan pad sumbu kompor yang berfokus pada riset performansi cooling pad tanpa saluran udara dan performansi cooling pad dengan saluran udara sehingga mendapatkan hasil pendinginan dengan saluran udara menghasilkan pendinginan lebih nyaman [7]. Suryadi meneliti dengan menggunakan tipe DEC dengan pad anti selip dan jaring paranet yang berfokus riset pada efisiensi air cooler dan mendapatkan hasil bahwa efisiensi air cooler terbaik dihasilkan dari pad dengan bahan anti selip [8]. Ariyanto meneliti dengan menggunakan tipe DEC dengan pad kain goni yang berfokus riset pada kondisi udara yang dihasilkan dan mendapatkan hasil bahwa efektifitas evaporative cooling semakin baik dengan penambahan jumlah lapisan [9]. Carvalho meneliti dengan menggunakan tipe DEC dengan jenis pad bahan anti slip yang berfokus riset pada efektifitas evaporative cooling dan mendapatkan hasil bahwa efektifitas evaporative cooling terbaik pada cooling pad dengan jumlah lapisan terbanyak [10]. 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. Selanjutnya distribusi air yang dikenakan pada *cooling pad* berpori adalah dengan metode *dispray* dan menggunakan varian *pad* zeolit yang disintering dan berbentuk kerikil. Zeolit merupakan salah satu adsorben alternatif yang memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi karena memiliki pori yang banyak dan mempunyai kapasitas tukar kation yang tinggi dan dapat diaplikasi dalam rentang suhu yang luas sehingga sangat cocok digunakan sebagai adsorben. Zeolit dapat diklasifikasikan menjadi zeolit alam dan zeolit sintetis. Zeolit alam adalah mineral aluminosilikat. Zeolit memiliki kisi kristal yang sangat terbuka yang memungkinkan molekul seperti uap air yang ditahan di dalam kristal itu sendiri. Zeolit sintetis, juga disebut saringan molekuler, adalah aluminosilikat kristal yang diproduksi dalam proses termal. Mengontrol suhu proses dan komposisi bahan bahan memungkinkan kontrol struktur yang ketat dan karakteristik permukaan adsorben. Dengan biaya yang lebih tinggi, ini memberikan produk yang jauh lebih seragam dari pada zeolit alami [11].

## Metode

Jenis penelitian yang digunakan pada skripsi ini adalah metode eksperimen, dengan menguji *evaporative cooling* berbahan *pad* zeolit dengan pendinginan pertama bahan *pad* yang *disintering* dan pendinginan kedua bahan *pad* yang berbentuk kerikil.



**Gambar 1** Sistem desain perancangan *evaporative cooling*



**Gambar 2** Desain penempatan alat ukur dan komponen utama.

**Keterangan**

- $T_{db1}$  : Temperatur Bola Kering 1
- $T_{db2}$  : Temperatur Bola Kering 2
- $T_{db3}$  : Temperatur Bola Kering 3
- $RH_1$  :Kelembaban udara 1
- $RH_2$  :Kelembaban udara 2
- $RH_3$  :Kelembaban udara 3
- $T_a$  :Temperatur Air
- $k_a$  :kecepatan aliran air
- $k_u$  :kecepatan aliran udara

**Alat dan Bahan**

Alat ukur yang digunakan dalam proses pengujian pada penelitian ini meliputi: Thermocouple, Anemometer, Avometer, Stopwatch. Bahan yang akan digunakan sebagai bahan dasar pendingin adalah zeolite yang di sintering dan zeolite yang berbentuk kerikil dengan menggunakan air dengan temperatur lingkungan.

**Tempat dan Prosedur Penelitian**

Tempat pengambilan data skrip dilakukan di Laboratorium Tata Udara, Politeknik Negeri Bali. Pengumpulan data yang dilakukan dengan mengikuti prosedur pengujian sebagai berikut :

- a Mempersiapkan alat uji dan alat ukur yang akan digunakan untuk pengambilan data seperti: Thermocouple, Multimeter, Anemometer, Stopwatch dengan titik pengujian adalah sebagai berikut:
  1.  $T_{db1}$  : Temperatur Bola Kering 1
  2.  $T_{db2}$  : Temperatur Bola Kering 2
  3.  $T_{db3}$  : Temperatur Bola Kering 3
  4.  $RH_1$  :Kelembaban udara 1
  5.  $RH_2$  :Kelembaban udara 2
  6.  $RH_3$  :Kelembaban udara 3
  7.  $T_a$  :Temperatur Air
  8.  $k_a$  :kecepatan aliran air
  9.  $k_u$  :kecepatan aliran udara
  10.  $V$  :tegangan
  11.  $I$  : arus

- b Memastikan semua peralatan berfungsi dengan baik (normal).
- c Memastikan semua alat ukur terpasang dengan benar tepat.
- d Mengecek alat ukur dan data yang akan diamati.
- e Menghidupkan sistem dan membiarkan sistem bekerja selama 20 menit.
- f Melakukan pengukuran dengan penuh hati-hati dan teliti.
- g Tabel pengambilan data yang dilakukan setiap 10 menit sekali selama 8 jam (Berdasarkan waktu jam kuliah).
- h Jika sudah selesai matikan sistem dalam posisi OFF

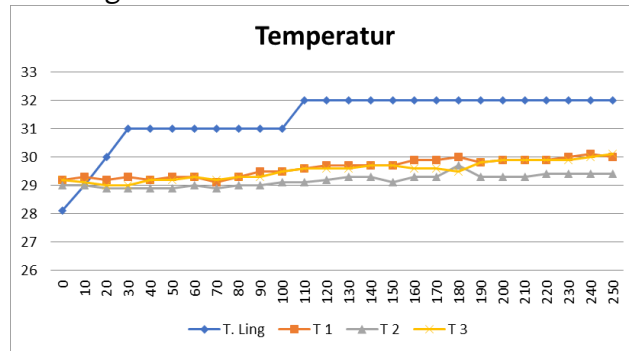
**Hasil dan Pembahasan/ Result and Discussion**

Pada penelitian ini, saya meneliti alat evaporative cooling dengan daya listrik rendah. Alat yang saya gunakan memiliki daya total 45 watt dan ukuran 60cm x 30cm x 30cm. Saya menggunakan 2 pad yang berbeda, cooling pad yang pertama terbuat dari pasir zeolite yang disintering dan cooling pad yang kedua terbuat dari kerikil zeolite yang dibungkus dengan kawat mesh.

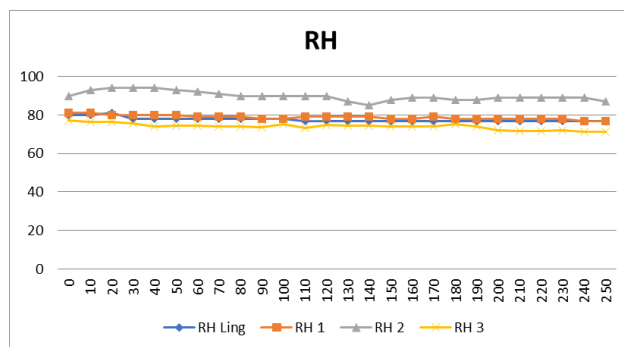
Perhitungan data pengujian

Pada pembahasan skripsi ini, penulis akan membahas hasil pengujian evaporative cooling menggunakan 2 jenis pad dengan metode di spray.

Perhitungan data pad yang disintering



Gambar 3 Grafik temperatur pad yang disintering



Gambar 4 Grafik RH pad yang disintering

Laju aliran volume udara (Qudara)

$$\begin{aligned}
 Q_{udara} &= V \times A \\
 &= 2,4 \text{ m/s} \times (0,12 \times 0,12) \text{ m}^2 \\
 &= 2,4 \text{ m/s} \times 0,0144 \text{ m}^2 \\
 &= 0,0345 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Laju aliran masa udara (mudara)

$$\begin{aligned}
 m_{udara} &= (V \times A) / SV \\
 &= 0,0345 / 0,888 \\
 &= 0,0388 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Energi kalor sensibel yang dilepas udara (Qout)

$$\begin{aligned}
 Q_{out} &= \text{mudara} \times (\text{hin} - \text{hc}) \\
 &= 0,0388 \times (89,55 - 87,24) \\
 &= 0,0388 \times 2,31 \\
 &= 0,089 \text{ kJ/kg}
 \end{aligned}$$

Pertambahan kandungan uap air ( $\Delta w$ )

$$\begin{aligned}
 \Delta w &= w_{out} - w_{in} \\
 &= 0,0232 - 0,0227 \\
 &= 0,0005 \text{ kg/kg}
 \end{aligned}$$

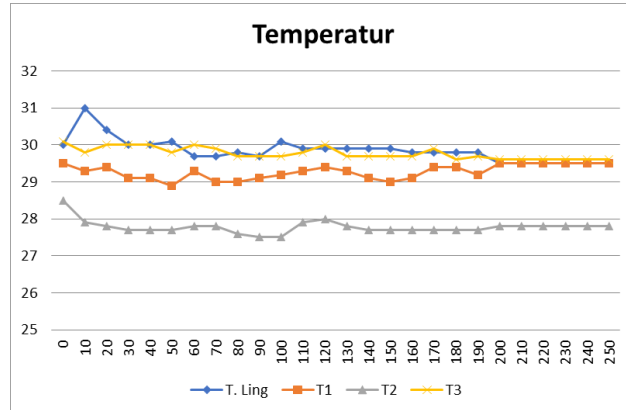
Efektifitas pendinginan cooling pad ( $\epsilon$ )

$$\begin{aligned}
 \epsilon &= (\text{TdbA} - \text{TdbB}) / (\text{TdbA} - \text{TwbB}) \times 100\% \\
 &= (31,35 - 29,17) / (31,35 - 27,76) \times 100\% \\
 &= 2,18 / 3,59 \times 100\% \\
 &= 60,2\%
 \end{aligned}$$

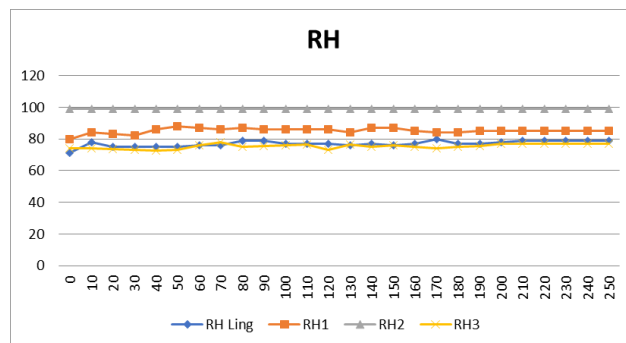
Energy efficiency ratio (EER)

$$\begin{aligned}
 \text{EER} &= Q_{out} / (\text{Konsumsi Daya}) \\
 &= 0,089 / 0,043 \\
 &= 2,06
 \end{aligned}$$

Perhitungan data pad yang berbentuk kerikil.



Gambar 5 Grafik temperatur pad berbentuk kerikil



Gambar 6 Grafik Rh pad berbentuk kerikil

Laju aliran volume udara (Qudara)

$$\begin{aligned}
 Q_{udara} &= V \times A \\
 &= 2,4 \text{ m/s} \times (0,12 \times 0,12) \text{ m}^2 \\
 &= 2,4 \text{ m/s} \times 0,0144 \text{ m}^2 \\
 &= 0,0345 \text{ m}^3/\text{s}
 \end{aligned}$$

Laju aliran masa udara (mudara)

$$\text{mudara} = (V \times A) / SV$$

$$= 0,0345/0,885$$

$$= 0,039 \text{ kg/s}$$

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

$$Q_{out} = m_{udara} \times (h_{in} - h_c)$$

$$= 0,039 \times (82,60 - 79,85)$$

$$= 0,039 \times 2,75$$

$$= 0,102 \text{ kJ/kg}$$

Pertambahan kandungan uap air ( $\Delta w$ )

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

$$= 0,0236 - 0,0206$$

$$= 0,003 \text{ kg/kg}$$

Efektifitas pendinginan cooling pad ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = (T_{dbA} - T_{dbB}) / (T_{dbA} - T_{wbB}) \times 100\%$$

$$= (29,85 - 27,78) / (29,85 - 27,65) \times 100\%$$

$$= 2,07/2,2 \times 100\%$$

$$= 0,94 \times 100\%$$

$$= 94,09 \%$$

Energy efficiency ratio (EER)

$$EER = Q_{out} / (\text{Konsumsi Daya})$$

$$= 0,102/0,043$$

$$= 2,494$$

**Tabel 1** Data hasil perhitungan  $\Delta w$

No	Variasi Penelitian	$W_{out}$ (kg/kg)	$W_{in}$ Kg/kg)	$\Delta w$ (kg/kg)	$RH_{in}$ (%)	$RH_{out}$ (%)
1	Pad disintering	0,0232	0,0227	0,0005	77,04	90
2	Pad berbentuk kerikil	0,0236	0,0206	0,003	77,04	99

**Tabel 2** Data hasil perhitungan  $Q_{udara}$  dan mudara

No	Variasi Penelitian	A ( $m^2$ )	V (m/s)	$V_A$ ( $m^3/kg$ )	$Q_{udara}$ ( $m^3/s$ )	$m_{udara}$ (kg/s)
1	Pad disintering	0,0144	2,4	0,888	0,0345	0,0388
2	Pad berbentuk kerikil	0,0144	2,4	0,885	0,0345	0,039

**Tabel 3** Data hasil perhitungan energi kalor sensibel yang dilepaskan udara ( $Q_{out}$ )

No	Variasi Penelitian	$m_{udara}$ (kg/s)	$h_{in}$ (kJ/kg)	Hc (kJ/kg)	$Q_{out}$ (kJ/s)
1	Pad disintering	0,0388	89,55	87,24	0,089
2	Pad berbentuk kerikil	0,039	82,60	79,85	0,102

**Tabel 4** Data hasil perhitungan evektifitas pendinginan cooling pad ( $\epsilon$ )

No	Variasi Penelitian	$T_{dbA}$ ( $^{\circ}C$ )	$T_{dbB}$ ( $^{\circ}C$ )	$T_{wbB}$ ( $^{\circ}C$ )	$\epsilon$ (%)
1	Pad disintering	31,35	29,17	27,76	60,2
2	Pad berbentuk kerikil	29,85	27,78	27,65	94,09

**Table 5** Data hasil perhitungan total daya dan EER

No	Variasi Penelitian	Daya pompa	Daya fan	Total daya	$Q_{out}$	EER
1	Pad disintering	8	35	43	0,089	2,06
2	Pad berbentuk kerikil	8	35	43	0,102	2,494

## Simpulan

Pada pad yang disintering memiliki efektifitas 60,2 % dan EER 2,06. Pad yang disintering memiliki temperatur yang kurang baik karena temperatur yang didapat 30,1 oC melebihi dari standar kenyamanan optimal, kemudian untuk RH cukup baik karena mendapatkan hasil 71,2 % yang sudah mendekati standar kenyamanan optimal. Sedangkan pada pad yang berbentuk kerikil memiliki efektifitas 94,09 % dan EER 2,494. Pad yang berbentuk kerikil memiliki temperatur yang cukup baik di hangat nyaman yaitu 29,6 %, tetapi untuk RH kurang baik karena melebihi standar nyaman optimal, hangat nyaman, dan sejuk nyaman yaitu 77 %

## Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih atas bantuan, bimbingan, arahan dan dukungan dari Bapak dan Ibu Dosen pembimbing 1 dan 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.

## Referensi

### Journal Article

- [1]. Reksa Anestyan, et al. 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.
- [2]. Rachman, P. and Yunianto, B. 2014. "Pengaruh Jenis Sprayer Terhadap Efektivitas Direct Evaporative Cooling Dengan Cooling Pad Serabut Kelapa." *Jurnas Teknik Mesin* 2 (2).
- [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]. Amer, et al. 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>.
- [5]. Suryana, et al. 2014. "Studi Eksperimental Performansi Penndingin Evaporative Portable Dengan." *Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA* 1 (1).
- [6]. Sunarwo. 2016. "Rancang Bangun Evaporative Cooling" 12 (1): 24–29.
- [7]. Santika, et al. 2019. "Analisa Performansi Cooling Pad Tanpa Saluran Udara Dan Dengan Saluran Udar." *Iptekma* 6 (1): 81. <https://doi.org/10.24843/iptekma.2019.v08.i02.p04>.
- [8]. Suryadi, G. 2020. "Pengaruh Jenis Cooling Pad Terhadap Efisiensi Air Cooler Effect of Cooling Pad Type on Water Cooler Efficiency Science and Technology Faculty."
- [9]. Arianto, Haris. 2020. "Pengaruh Jumlah Cooling Pad Jenis Kain Goni Terhadap Kondisi Udara Yang Dihasilkan Pada Air Cooler." *SELL Journal* 5 (1): 55.
- [10]. Carvalho, et al. 2021. "Pengaruh Jumlah Cooling Pad Terhadap Kondisi Udara Yang Dihasilkan Air Cooler Skripsi."
- [11]. 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>.