



Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology

Journal homepage: <https://ojs2.pnb.ac.id/index.php/JAMETECH>
p-ISSN: 2655-9145; e-ISSN: 2684-8201

Pengaruh sistem distribusi air pada *cooling pad* terhadap performansi *evaporative cooling*

I Kadek Dwiana¹, Luh Putu Ike Midiani^{1*}, I Dewa Gede Agus Tri Putra¹

¹Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali, Jalan Kampus Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung, Bali, Indonesia

*Email: putuikemidiani@pnb.ac.id

Abstrak

Evaporative cooling bekerja dengan mengalirkan udara lingkungan, selanjutnya udara mengalir bersinggungan pada pad yang telah ditetesi air di sisi depan blower/fan. Air diserap pad di bagian atas dan sisa tetesan air jatuh di water tank. Air dari water tank disirkulasikan menuju sisi atas pad dengan bantuan pompa. Udara dingin keluar pad dihembuskan oleh blower atau fan ke lingkungan sekitarnya, dan terjadilah proses pendinginan. Pengambilan data dilakukan untuk mendapatkan performansi sistem Evaporative Cooling berbahan zeolit dengan mengukur temperatur dan RH udara pada beberapa posisi yaitu di luar ruang yang dikondisikan, saat setelah melewati pad dan di ruang yang dikondisikan. Dilakukan juga pencatatan kecepatan aliran udara, tegangan dan arus dari fan dan pompa. Dua kondisi distribusi air yang berbeda dilakukan yaitu dengan metode pad dispray dan pad direndam. Pengambilan data dilakukan setiap 10 menit selama 8 jam. Data dikumpulkan selama 5 hari berturut-turut. Sistem EC merupakan sistem pengkondisian udara alternative yang ramah lingkungan dan rendah penggunaan energi. Dengan menggunakan bahan cooling pad yang ramah lingkungan dan memiliki kemampuan tetap basah akan membuat sistem EC beroperasi dengan baik. Penggunaan zeolit sebagai bahan cooling pad dengan kemampuan penyerapan dan penyimpanan airnya merupakan sebuah bahan cooling pad yang perlu dipertimbangkan. Masih perlu terus dilakukan perbaikan dimensi dan struktur pori cooling pad zeolit agar dapat memperbaiki proses penyerapan dan penyimpanan air.

Kata kunci: *evaporative cooling*, distribusi air, *cooling pad*, zeolit

Abstract: *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 blower/fan. Water soaks the pad at the top and the rest of these droplets will fall into 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 pad will be blown by the blower/fan into the environment, and the cooling process takes place. 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 at several positions, namely outside the conditioned room, after passing through the pad and in the conditioned room. Also recorded is air flow velocity, voltage and current from fans and pumps. Two different water distribution conditions were carried out, namely with the spray pad method and the soaked pad method. Data were collected every 10 minutes for 8 hours. Data were collected for 5 consecutive days. The EC system is an alternative air conditioning system that is environmentally friendly and low energy use. Using a cooling pad material that is environmentally friendly and has the ability to stay wet will make the EC system operate properly. The use of zeolite as a cooling pad material with the ability to absorb and store water is a cooling pad material that needs to be considered. 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: *evaporative cooling*, water distribution, *cooling pad*, zeolite

Penerbit @ P3M Politeknik Negeri Bali

1. Pendahuluan

Pengkondisian udara mempunyai beberapa fungsi antara lain pengontrolan temperatur, pengontrolan kelembaban, dan kualitas udara sehingga sesuai dengan kebutuhan pengguna. Adapun konsep pengkondisian udara nyaman (comfort AC) merupakan proses perlakuan udara untuk mengatur temperatur, kelembaban, kecepatan, kebersihan dan proses distribusinya secara serentak untuk mencapai kondisi kenyamanan yang diperlukan oleh penghuni di dalamnya. Sistem yang banyak digunakan dalam pengkondisian udara ruang hingga kini masih didominasi

sistem pendinginan kompresi uap yang berbasis refrigeran. Sistem ini kompak dan menawarkan kemudahan dalam operasinya. Tetapi sistem seperti ini kebanyakan masih menerapkan refrigeran berbasis CFC, dimana merupakan refrigeran yang bersifat merusak ozon dan menurut regulasi pemerintah refrigeran jenis ini harus berangsur angsur ditinggalkan [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

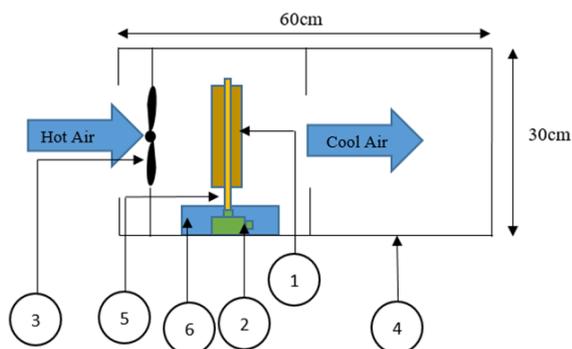
penampung ke bagian atas cooling pad. Fan menghisap udara luar masuk kedalam ruangan melalui lubang ventilasi dan udara luar akan bersentuhan dengan cooling pad, dimana cooling pad ini kelembabannya tetap dijaga. Setelah udara luar melewati cooling pad fan akan menghisap udara dan menghembuskan ke dalam ruangan. Karena ada penyemprotan air, kelembaban udara meningkat. Besarnya peningkatan tergantung dari kesempurnaan kontak antara air dan udara. Secara teoritis akan dapat dicapai kelembaban relatif 100 % dan terjadi penurunan temperatur udara terendah [2]. Konsep ini juga terjadi pada prinsip pendinginan dengan cooling tower [3]. Evaporative cooling relatif lebih mudah dipasang, ramah lingkungan dan tidak merusak ozon.

Selain itu daya listrik yang dibutuhkan lebih rendah sehingga lebih hemat energi [4]. Secara umum ada dua tipe evaporative cooling, yaitu direct evaporative cooling dan indirect evaporative cooling. Perbedaan dasarnya ada pada udara keluaran dari direct evaporative cooling (DEC) dengan kelembaban meningkat, sedangkan untuk indirect evaporative cooling (IEC) kelembaban udara konstan karena air pendingin tanpa kontak langsung dengan udara. Dari kedua tipe evaporative cooling tersebut, cooling pad memiliki peran penting dalam menentukan performansi sistem.

Cooling pad mempengaruhi perpindahan panas dan massa evaporative cooling, sehingga pemilihan bahan cooling pad dan distribusi air menjadi alternative untuk memperbaiki performansi evaporative cooling [5]. Perpindahan panas yang baik juga akan mempengaruhi approach temperature pada condenser [6,7]. 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 [8].

2. Metode dan Bahan

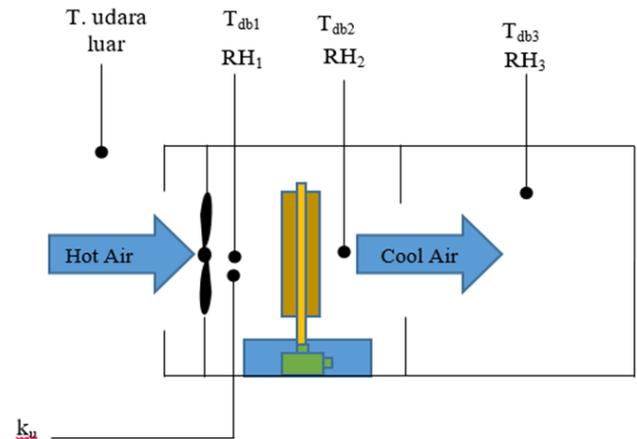
Jenis penelitian yang digunakan pada proposal skripsi ini adalah metode eksperimen, dengan menguji evaporative cooling berbahan pad zeolit dengan pendinginan pertama bahan pad yang disprey dan pendinginan kedua bahan pad yang di rendam.



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 mengalirkan udara lingkungan sehingga bersinggungan dengan pad yang telah ditetesi air di sisi depan blower/fan. Air membasahi pad dengan bentuk mirip dengan jala-jala di bagian atasnya dan selanjutnya sisa tetesan air ini jatuh di water tank di bawahnya. Air dialirkan dari *water tank* ke sisi atas pad dengan menggunakan pompa. Sedangkan udara dingin yang keluar dari bantalan, dihisap dan dihembuskan oleh blower/fan ke lingkungan dan proses pendinginan dapat seterusnya berlangsung.



Gambar 2. Desain penempatan alat ukur

Keterangan: T = 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; RH_1 = Kelembaban udara 1; RH_2 = Kelembaban udara 2; RH_3 :Kelembaban udara 3; k_u = Kecepatan aliran udara

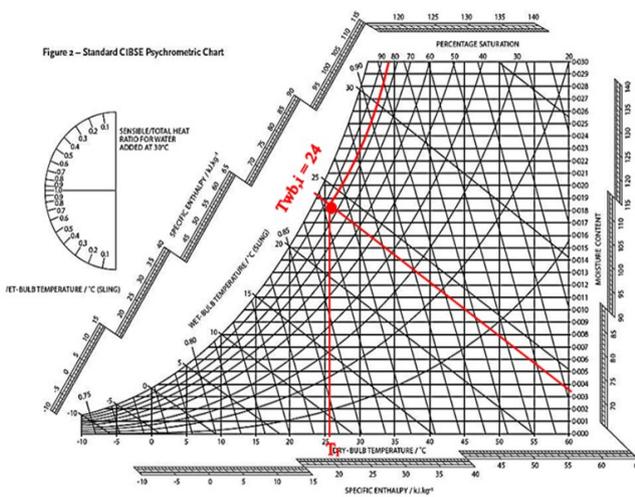
Pada penelitian ini alat ukur yang digunakan untuk memperoleh data pengujian adalah sebagai berikut: Thermocouple, Anemometer, Stopwatch.

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 : Menhidupkan 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.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada 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 dipergunakan untuk mendapatkan data-data lain yang diperlukan dalam penelitian ini. Psychrometric chart dapat membantu dalam melakukan perhitungan dan mengetahui karakteristik dari *evaporative cooling*. Psychrometric chart digunakan untuk mengetahui pengaruh sistem distribusi air pada cooling pad terhadap performansi evaporative cooling. Dalam menggambar psychrometric chart, ada beberapa data yang diperlukan dari data penelitian, yaitu temperatur bola kering udara masuk (TdbA), temperatur bola basah udara masuk (TwbA), temperaturbola kering udara keluar (TdbB), dan temperatur bola basah udara keluar (TwbB).



Gambar 3. Twb,i yang di spray air

Di bawah ini perhitungan untuk mengetahui karakteristik evaporative cooling dengan variasi yang dispray air. Dilakukan perhitungan-perhitungan seperti (a) efektivitas cooling pad, (b) kapasitas pendinginan cooling pad, (c) menentukan nilai EER.

a. Efektivitas cooling pad yang disepro air

Efektivitas ini dapat ditentukan dengan adanya penurunan temperatur bola kering dibagi dengan selisih antara temperatur bola kering dan temperatur bola basah udara yang masuk kedalam sistem. Dengan demikian efektivitas dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta T_{dB} &= T_{dB,i} - T_{dB,O} \\ &= 26^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C} \\ &= 2^{\circ}\text{C} \\ \epsilon &= \frac{T_{dB,i} - T_{dB,O}}{T_{dB,i} - T_{wb,i}} \\ &= \frac{26^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}}{26^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}} \\ &= \frac{2^{\circ}\text{C}}{2^{\circ}\text{C}} \\ &= 1^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

b. Menentukan nilai kapasitas pendinginan cooling pad Untuk menentukan kapasitas pendinginan sensibel diperlukan parameter data seperti laju aliran udara, kalor jenis udara, panas spesifik udara, temperatur udara masuk dan keluar sistem. Maka dari parameter tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$qs = Q \cdot \rho \cdot Cp \cdot (T_{dB,i} - T_{dB,o})$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Q &= v \times A \\ &= 2,4 \text{ m/s} \times (p = 0,25 \text{ m} \cdot l = 0,30 \text{ m}) \\ &= 0,18 \text{ m}^3/\text{s} \\ \rho &= 1,29 \text{ kg/m}^3 \\ Cp &= 4,186 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} qs &= 0,18 \cdot 1,29 \cdot 4,186 \cdot (26 - 24) \\ qs &= 1,943 \text{ kW} \end{aligned}$$

c. Menentukan nilai EER (Efisiensi Energy Ratio)

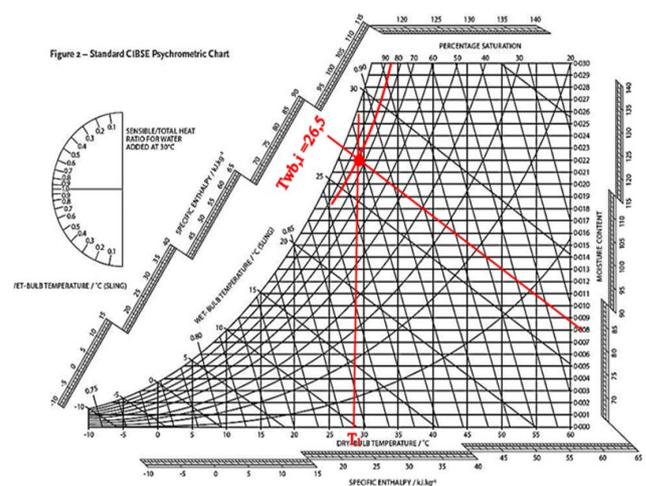
EER merupakan perbandingan antara kapasitas pendinginan dengan daya input komponen cooling pad. Dimana pada variasi cooling pad yang dispray terdapat dua komponen konsumsi daya yaitu pompa sirkulasi air dan fan dengan masing-masing daya 8 W dan 35 W berturut-turut. Maka dapat dihitung nilai EER seperti dibawah ini:

$$EER = \frac{\text{kapasitas pendinginan}}{\text{konsumsi daya}}$$

$$EER = \frac{1,943 \text{ kW}}{0,43 \text{ kW}}$$

$$EER = 4,51$$

Untuk perhitungan selanjutnya yakni dengan variasi cooling pad yang direndam air dengan parameter karakteristik evaporative cooling sama seperti perhitungan di atas.



Gambar 4. Twb,i yang di rendam air

a. Efektivitas cooling pad yang direndam air

Efektivitas ini juga dapat ditentukan dengan adanya penurunan temperatur bola kering dibagi dengan selisih antara temperatur bola kering dan temperatur bola basah

udara yang masuk kedalam sistem. Dengan demikian efektivitas dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \Delta T_{dB} &= T_{dB,i} - T_{dB,o} \\ &= 28^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C} \\ &= 2^{\circ}\text{C} \\ \epsilon &= \frac{T_{dB,i} - T_{dB,o}}{T_{dB,i} - T_{wb,i}} \\ &= \frac{28^{\circ}\text{C} - 26,5^{\circ}\text{C}}{28^{\circ}\text{C} - 26^{\circ}\text{C}} \\ &= \frac{2^{\circ}\text{C}}{1,5^{\circ}\text{C}} \\ &= \mathbf{1,3^{\circ}\text{C}} \end{aligned}$$

b. Menentukan nilai kapasitas pendinginan cooling pad Untuk menentukan kapasitas pendinginan sensibel diperlukan parameter data seperti laju aliran udara, kalor jenis udara, panas spesifik udara, temperatur udara masuk dan keluar sistem. Maka dari parameter tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$qs = Q \cdot \rho \cdot Cp \cdot (T_{dB,i} - T_{dB,o})$$

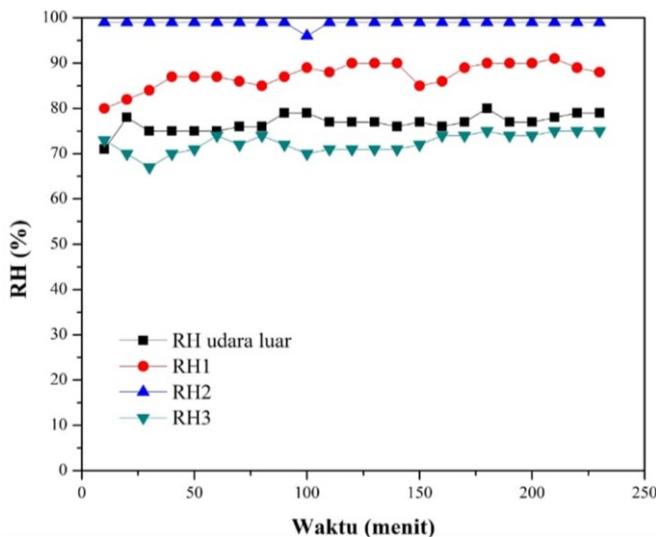
Dimana :

$$\begin{aligned} Q &= v \times A \\ &= 2,4 \text{ m/s} \times (p = 0,25 \text{ m} \cdot l = 0,30 \text{ m}) \\ &= 0,18 \text{ m}^3/\text{s} \\ \rho &= 1,29 \text{ kg/m}^3 \\ Cp &= 4,186 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} qs &= 0,18 \cdot 1,29 \cdot 4,186 \cdot (28 - 26) \\ qs &= 1,943 \text{ kW} \end{aligned}$$

c. Menentukan nilai EER (Efisiensi Energy Ratio) EER merupakan perbandingan antara kapasitas pendinginan dengan daya input komponen cooling pad. Dimana pada variasi cooling pad yang direndam air terdapat satu komponen konsumsi daya yaitu fan dengan daya 35 W.

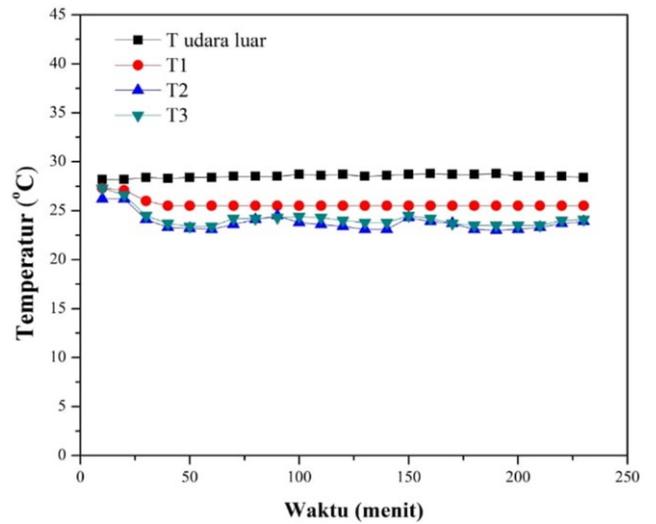


Gambar 5. Grafik RH dengan bahan pad yang di sprai air

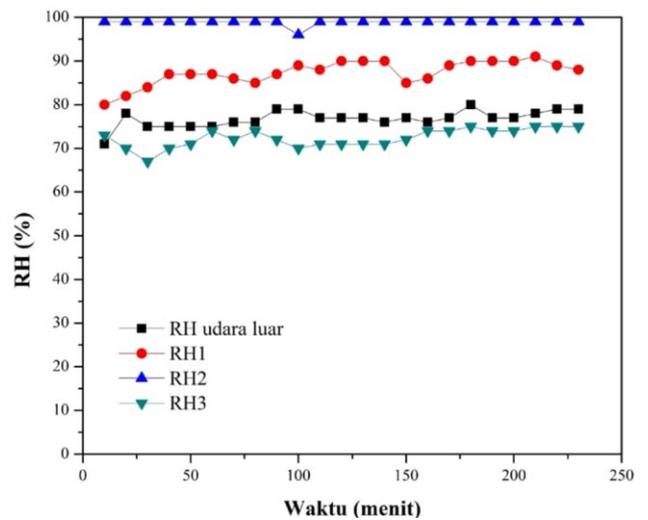
Maka dapat dihitung nilai EER seperti di bawah ini:

$$\begin{aligned} EER &= \frac{\text{kapasitas pendinginan}}{\text{konsumsi daya}} \\ EER &= \frac{1,943 \text{ kW}}{0,35 \text{ kW}} \\ EER &= 5,55 \end{aligned}$$

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



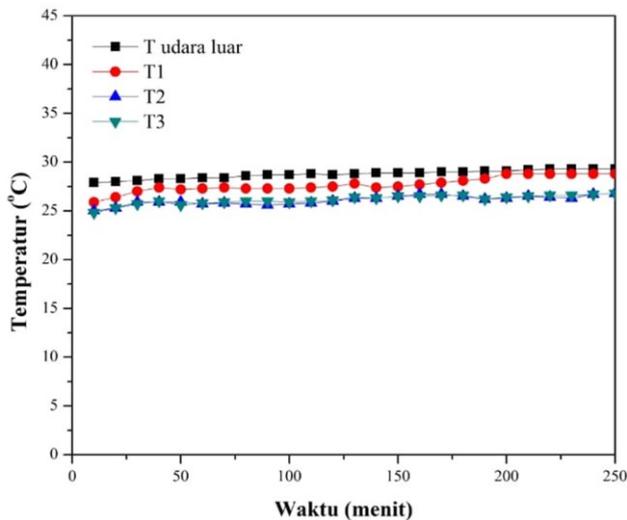
Gambar 6. Grafik temperatur dengan bahan pad yang dispray air



Gambar 7. Grafik RH dengan bahan pad di rendam air

Distribusi temperature dan RH udara untuk sistem evaporative cooling dengan metode cooling pad yang dispray air dan metode perendaman cooling pad dapat dilihat pada gambar 3 sampai 8. Gambar 5 dan 6 menunjukkan temperature udara lingkungan menurun dan RH meningkat setelah melewati cooling pad yang dispray air. Perubahan temperatur lingkungan rata-rata 29°C menjadi 24°C. RH udara meningkat dari rata-rata 77% menjadi 99%. Gambar 7 dan 8 menunjukkan temperature udara lingkungan menurun dan RH meningkat setelah melewati cooling pad yang direndam air. Perubahan temperatur lingkungan rata-rata 29°C menjadi 26°C. RH udara meningkat dari rata-rata 79% menjadi 91%. Sesuai dengan pernyataan bahwa sistem evaporative cooling merupakan suatu proses pengkondisian udara yang menggunakan penguapan air untuk mendinginkan dan

menambah kelembaban pada aliran udara, sehingga temperatur bola kering menjadi lebih dingin daripada sebelum mengalami proses penguapan [1]. Konversi panas sensibel menjadi panas laten menyebabkan penurunan temperatur lingkungan karena air yang diuapkan memberikan pendinginan yang berguna [2,3].



Gambar 8. Grafik temperatur dengan bahan Pad yang di remdam air

Performansi sistem evaporative cooling untuk masing-masing metode pembasahan cooling pad menunjukkan bahwa metode perendaman cooling pad memiliki performansi yang lebih tinggi. Performansi cooling pad dengan metode dispray adalah 4.51, dengan menggunakan metode perendaman cooling pad performansinya adalah 5.55. Metode perendaman cooling pad tidak menggunakan pompa untuk membasahi cooling pad, sehingga energi yang diperlukan untuk membasahi cooling pad lebih rendah. Dengan merendam cooling pad zeolite, air tetap tersimpan pada cooling pad dan menjaga cooling pad tetap basah.

4. Kesimpulan

Sistem EC merupakan sistem pengkondisian udara alternatif yg ramah lingkungan dan rendah penggunaan energi. Dengan menggunakan bahan cooling pad yang ramah lingkungan dan memiliki kemampuan tetap basah akan membuat sistem EC beroperasi dengan baik. Penggunaan zeolite sebagai bahan cooling pad dengan

kemampuan penyerapan dan penyimpanan airnya merupakan sebuah bahan cooling pad yang perlu dipertimbangkan. Masih perlu terus dilakukan perbaikan dimensi dan struktur pori cooling pad zeolite agar dapat memperbaiki proses penyerapan dan penyimpanan air.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada tim redaksi Jametech atas diterbitkan artikel ini, juga kepada P3M sebagai pengelola penelitian Politeknik Negeri Bali serta peneliti, teknisi dan mahasiswa atas masukannya.

Daftar pustaka

- [1] P. Rachman and B. Yuniyanto, "Pengaruh Jenis Water Sprayer Terhadap Efektivitas," 3(2), 2014, pp. 143–148.
- [2] Hidayati, Baiti, F. Irawan, and Y.B. Herawati, "Analisis Kelembaban Udara Pada AC Split Wall Usia Pakai 8 Tahun Dengan Kapasitas 18000 Btu/Hr." *Jurnal Austenit*, 13(1), 2021, 8–12.
- [3] I.N. Suamir, I.N. Ardita, I.M. Rasta, "Effects of Cooling Tower Performance to Water Cooled Chiller Energy Use: a Case Study toward Energy Conservation of Office Building", *International Conference on Applied Science and Technology (iCAST) 1*, 2018, 712-717.
- [4] M. D. Zakari et al., "Design and construction of an evaporative cooling system for the storage of fresh tomato," *ARNP J. Eng. Appl. Sci.*, 11(4), 2016, pp. 2340–2348.
- [5] Carvalho, Austrio, Francisco, and D.E. Lopes, "Pengaruh Jumlah Cooling Pad Terhadap Kondisi Udara Yang Dihasilkan Air Cooler Skripsi", 2021.
- [6] I.N. Suamir, I.N.G. Baliarta, M.E. Arsana, I.W. Temaja, "The Role of condenser approach temperature on energy conservation of water cooled chiller", *Advanced Science Letters*, 23(12), 2017, 12202-12205.
- [7] I.N. Suamir, I.N. Ardita, I.G.A.B. Wirajati, "Waste heat recovery from central AC system for hot water supply; a case study for hotel building application in Indonesia", *Advanced Science Letters*, 23(12), 2017, 12206-12210.
- [8] H. Ariyanto, "Pengaruh Jumlah Cooling Pad Jenis Kain Goni Terhadap Kondisi Udara Yang Dihasilkan Pada Air Cooler", *Repository Unan*, 3, 2017, 54–67.