

## Pengaruh Aspek Rasio Pad Terhadap Efektivitas Pendingin Evaporatif Berbahan Serabut Kelapa

Jahirwan Ut Jasron<sup>1)</sup>, Aditya Putra Nara<sup>2)</sup>, Jack C. A. Pah<sup>3)</sup>.

<sup>1-3)</sup>Teknik Mesin, Universitas Nusa Cendana

E-mail: <sup>1)</sup>jahirwan.jasron@staf.undana.ac.id, <sup>2)</sup>naraadi145@gmail.com,  
<sup>3)</sup>jack\_pah@staf.undana.ac.id

### Abstrak

Krisis energi dan perubahan iklim meningkatkan konsumsi energi untuk pemanasan dan pendinginan ruang, dengan sektor ini menyumbang 33% dari konsumsi energi global. Pendinginan udara mencapai 60% dari permintaan listrik musim panas, sehingga konservasi energi penting. Sistem pendinginan evaporatif, dengan cooling pad berbasis serabut kelapa, menjadi solusi yang efektif. Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh aspek rasio pad terhadap efektivitas pendingin evaporatif berbahan serat kelapa. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen pada ruang dengan dimensi 244 cm x 122 cm x 122 cm dengan merubah variasi aspek ratio pad 60:3, 60:6, 60:9 dan putaran blower 830 rpm, 1030 rpm, 1230 rpm. Berdasarkan hasil penelitian efektivitas pendinginan evaporatif meningkat dengan menurunnya aspek rasio pad. Efektivitas meningkat karena serabut kelapa dapat menyerap lebih banyak air, meningkatkan penguapan dan penyerapan panas. Ketebalan pad yang lebih besar menambah hambatan aliran udara, tetapi meningkatkan interaksi udara dan air, sehingga lebih banyak panas diserap. Namun, pada aspek rasio 60:9 dengan putaran blower 1030 rpm, terjadi penurunan efektivitas karena suhu udara yang dikeluarkan tidak mendekati suhu bola basah, menunjukkan penguapan air tidak maksimal. Peningkatan putaran blower meningkatkan transfer massa antara udara dan air, menghisap lebih banyak udara panas, dan meningkatkan laju penguapan air, meskipun interaksi udara dan air menjadi lebih singkat. Blower juga membantu mengurangi panas di ruangan dengan membuang udara panas ke luar dan menggantinya dengan udara lebih dingin.

Kata kunci: Aspek Rasio Pad, Cooling Pad, Pendingin Evaporatif, Putaran Blower

### Abstract

*The energy crisis and climate change are increasing energy consumption for space heating and cooling, accounting for 33% of global energy consumption. Air cooling accounts for 60% of summer electricity demand, so energy conservation is essential. Evaporative cooling systems with coconut fiber-based cooling pads are an effective solution. This study aims to determine the influence of the pad ratio aspect on the effectiveness of evaporative coolers made of coconut fiber. This research was carried out experimentally in a space with dimensions of 244 cm x 122 cm x 122 cm by changing the variation of aspects of the pad ratio of 60:3, 60:6, 60:9 and the blower rotation of 830 rpm, 1030 rpm, 1230 rpm. Based on the study's results, the effectiveness of evaporative cooling increased with a decrease in the aspect ratio of pads. The effectiveness is increased because coconut fibers can absorb more water, increasing evaporation and heat absorption. The larger thickness of the pads adds to the airflow resistance, but increases the interaction of air and water, so more heat is absorbed. However, at a 60:9 ratio with a blower rotation of 1030 rpm, there is a decrease in effectiveness because the air temperature released is not close to the temperature of the*

*wet ball, indicating that water evaporation is not optimal. The increased rotation of the blower increases the mass transfer between air and water, sucks in more hot air, and increases the rate of water evaporation. However, the interaction between air and water becomes shorter. The blower also helps reduce the heat in the room by removing hot air outside and replacing it with cooler air.*

*Keywords: Pad Ratio Aspect, Cooling Pad, Evaporative Cooler, Blower Rotation.*

## 1. PENDAHULUAN

Permintaan energi global untuk pendinginan bangunan telah meningkat secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir, menyebabkan kekhawatiran tentang penurunan sumber daya energi dan dampaknya terhadap pemanasan global [1]. Sektor pendinginan dan pemanasan ruang memainkan peran penting dalam konsumsi energi global (sekitar 33% dari total). Dilaporkan bahwa permintaan listrik untuk sistem pendingin udara menyumbang sekitar 60% dari permintaan listrik selama musim panas [2]. Oleh karena itu, tingkat konsumsi ini harus ditangani secara cermat dengan menerapkan teknik konservasi energi dan manajemen energi. Penting dan mendesak untuk menemukan teknik pendinginan dan pemanasan pasif alternatif (energi bersih) guna mengurangi penggunaan bahan bakar konvensional dan dampak negatifnya pada lingkungan [3].

Pengkondisian udara memegang peranan penting dalam menjaga kenyamanan termal di berbagai lingkungan, terutama di daerah yang cenderung panas dan kering. Peningkatan suhu udara dan kelembaban yang rendah dapat menciptakan kondisi tidak nyaman dan berdampak negatif pada kesehatan manusia serta produktivitas di berbagai sektor. Salah satu solusi yang banyak digunakan untuk mengatasi tantangan ini adalah sistem pendinginan evaporatif [4], di mana *evaporative cooling pad* (bantalan pendingin evaporatif) menjadi komponen kunci.

Pendinginan evaporatif adalah proses termodinamika di mana udara yang panas dan lembap melewati permukaan yang basah, mengakibatkan penguapan air karena interaksi dengan udara panas. Udara memperoleh panas laten dengan mengorbankan panas sensibel, sehingga menyebabkan penurunan suhu [5]. Hal ini menyebabkan suhu bola kering menjadi lebih rendah setelah mengalami proses penguapan. Secara umum, terdapat dua jenis pendinginan evaporatif, yaitu pendinginan evaporatif langsung dan pendinginan evaporatif tidak langsung [6]. Perbedaan mendasarnya terletak pada kenyataan bahwa pada pendinginan evaporatif langsung, kelembaban udara keluaran meningkat, sementara pada pendinginan

evaporatif tidak langsung, kelembabannya tetap konstan karena air pendingin tidak langsung bersentuhan dengan udara [7].

*Cooling pad* (bantalan pendingin) adalah komponen yang berperan sebagai filter dan media pendingin pada pendingin evaporatif. Fungsinya terletak pada proses penguapan yang menghasilkan udara yang lebih dingin. Dengan penguapan air, udara sekitarnya dapat mengalami penurunan suhu karena hilangnya energi dalam udara saat proses penguapan terjadi [8]. Dalam pendinginan evaporatif, udara dihisap melalui *cooling pad* yang basah, dan melalui proses penguapan tersebut, suhu udara dapat diturunkan sehingga menciptakan lingkungan yang lebih sejuk.

Serabut kelapa memiliki struktur yang berpori, memungkinkan penyerapan dan retensi air dengan baik. Beberapa peneliti telah berhasil memanfaatkan serat kelapa sebagai materi *cooling pad* dalam sistem pendingin evaporatif. Hal ini menghasilkan tingkat efisiensi pendinginan tertinggi sekitar 85%. Eksperimen dengan menggunakan serat kelapa dan dengan kecepatan pasokan udara antara 1,88 dan 2,79 m/s menunjukkan efisiensi yang memuaskan jika dibandingkan dengan pad kertas komersial. Terdapat juga laporan bahwa penurunan tekanan pada pembalut serat kelapa sekitar 5,1 Pa. Suhu udara yang keluar dari pembalut kelapa bervariasi antara 23 hingga 28 derajat Celsius [3]. Dengan kinerja yang baik, biaya yang lebih rendah, dan ketersediaan di seluruh negeri, tampaknya memungkinkan untuk pengembangan komersial dari pad kelapa ini [9].

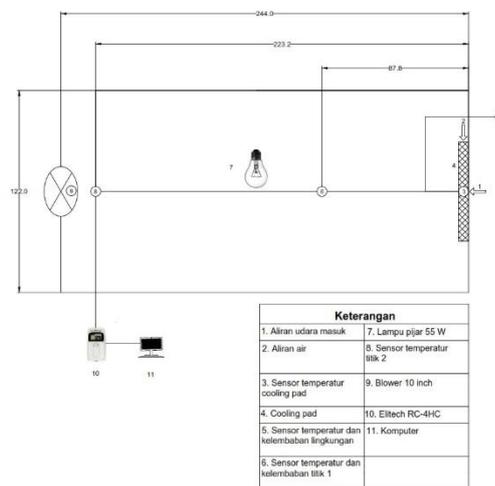
Aspek rasio adalah perbandingan antara sisi panjangnya dengan sisi pendeknya yaitu perbandingan tinggi dengan lebar. Pemilihan dimensi pad, seperti ketebalan dan luas permukaan, dapat memiliki implikasi signifikan terhadap efektivitas sistem pendinginan [10]. Variasi ini dapat memengaruhi sejauh mana air yang terdistribusi pada pad dapat menguap dan meredakan panas. Oleh karena itu, pemahaman mendalam mengenai pengaruh dimensi *cooling pad* menjadi esensial dalam meningkatkan kinerja sistem pendinginan secara keseluruhan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh aspek rasio pad guna mengetahui efektivitas pendinginan evaporatif.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh rasio aspek pada efektivitas pendinginan evaporatif menggunakan bahan serabut kelapa. Diharapkan

hasil penelitian ini dapat menjadi referensi global dalam mengembangkan sistem pendingin yang ramah lingkungan dan hemat energi.

## 2. METODE PENELITIAN

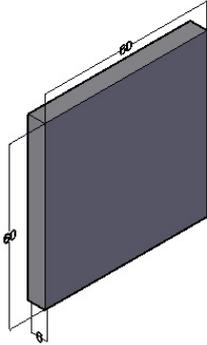
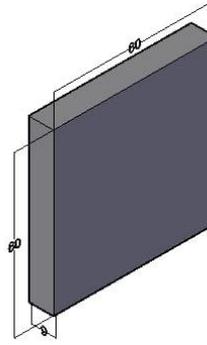
Penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Nusa Cendana Kupang. Penelitian menggunakan metode kuantitatif yaitu dengan cara melakukan analisis terhadap eksperimen untuk mendapatkan data, dengan membuat alat pendingin evaporatif dengan dimensi ruang 244 cm x 122 cm x 122 cm dan pengambilan data dilakukan dengan merubah variasi aspek ratio pad 60:3, 60:6, 60:9 yang sabut kelapaanya disusun secara acak dan putaran blower 830 rpm, 1030 rpm, 1230 rpm.



Gambar 1 Skema pengujian

Tabel 1 Desain *cooling pads*

Aspek Rasio <i>pad</i>	Gambar 3D	Hasil	Dimensi
60:3			60 cm x 3 cm x 60 cm

60:6			60 cm x 6 cm x 60 cm
60:9			60 cm x 9 cm x 60 cm

Aspek rasio pad adalah perbandingan antara sisi panjangnya dengan sisi pendeknya yaitu perbandingan tinggi dengan lebar. Pengambilan data pada penelitian ini adalah data temperatur dan kelembaban dalam ruang pendingin, cooling pad, dan lingkungan. Maka prosedur pengambilan data sebagai berikut:

- a. Basahi pad untuk memastikan pad benar-benar basah.
- b. Atur aspek rasio pad sesuai dengan skenario pengujian yaitu 60:3 dan nyalakan blower dengan variasi putaran 830 rpm, 1030 rpm, 1230 rpm.
- c. Nyalakan lampu pijar dalam ruangan
- d. Nyalakan pompa dan buka stop kran sesuai dengan debit aliran air yang ditentukan yaitu 9 liter/menit.
- e. Ukur temperatur dan kelembaban dilakukan dengan cara pengambilan data pada data logger temperatur dan kelembaban Elitech RC-4HC.
- f. Ulangi pengujian untuk setiap variasi ketebalan pad dan putaran blower.

Sebelum mencatat hasil pengujian, kondisi tunak harus dipertahankan. Untuk memastikan kondisi tunak, eksperimen dihidupkan selama periode yang cukup

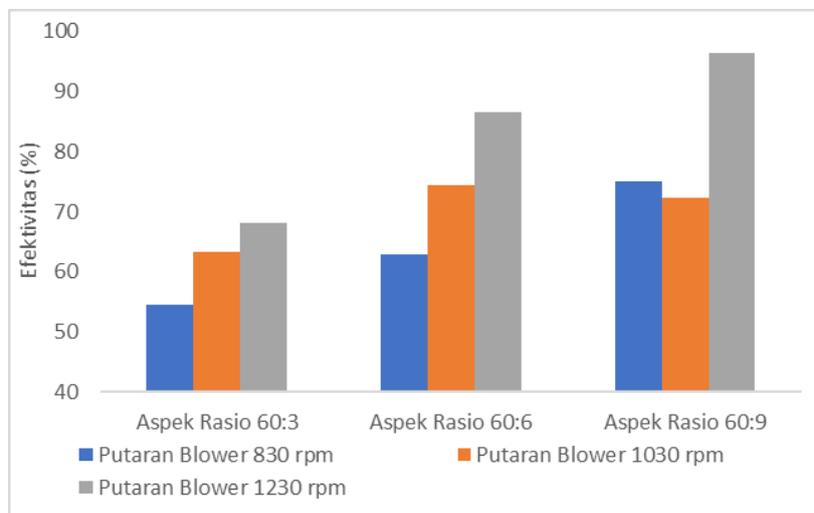
lama, setidaknya 20-30 menit, sebelum pengukuran dilakukan hingga memastikan bahwa pembacaan sensor konstan tanpa fluktuasi yang signifikan dan berada dalam akurasi instrumentasi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

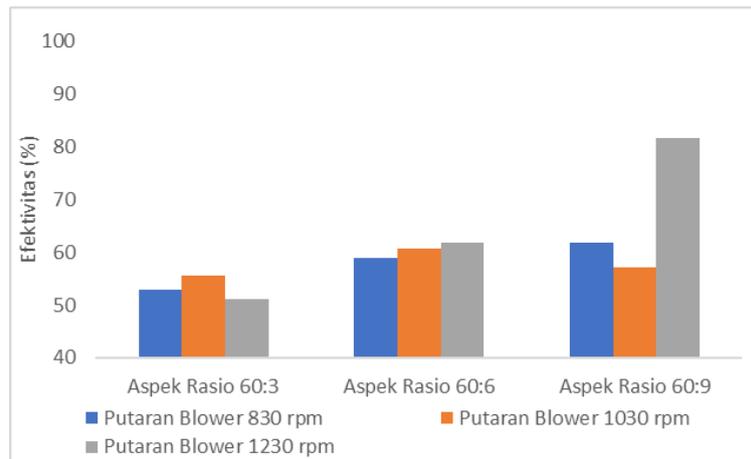
Pada pengujian yang telah dilakukan pada pendingin evaporatif dengan variasi aspek rasio pad 60:3, 60:6, 60:9 dan putaran blower 830 rpm, 1030 rpm, 1230 rpm, hasilnya dapat dianalisis melalui grafik hubungan berikut: Pengaruh aspek rasio pad terhadap efektivitas pendinginan evaporatif. Kemudian, pengaruh putaran blower terhadap efektivitas pendinginan evaporatif. Untuk menghitung kinerja pendinginan evaporatif, efektivitas pendinginan evaporatif dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\epsilon = \frac{(T_{dB,i} - T_{dB,o})}{(T_{dB,i} - T_{wB,i})}$$

Dimana,  $T_{dB,i}$  adalah suhu bola kering udara yang memasuki sistem,  $T_{dB,o}$  adalah suhu bola kering udara yang keluar dari sistem,  $T_{wB,i}$  adalah suhu bola basah udara yang memasuki sistem.



Gambar 2 Hubungan Aspek Rasio Terhadap Efektivitas Pendinginan Evaporatif Titik 1



Gambar 3 Hubungan Aspek Rasio Terhadap Efektivitas Pendinginan Evaporatif Titik 2

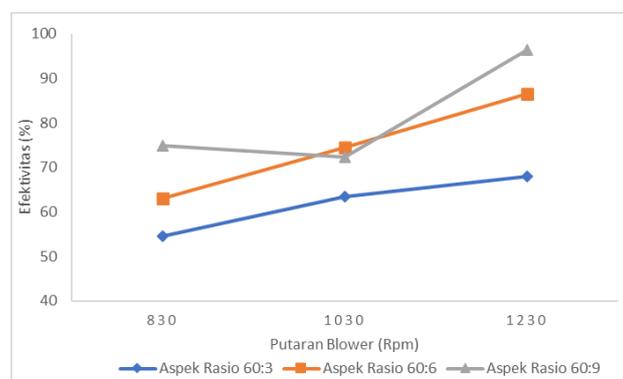
Gambar 2 dan gambar 3 menunjukkan hubungan aspek rasio pad terhadap efektivitas pendinginan evaporatif untuk media uji menggunakan pad dengan aspek rasio 60:3, 60:6 dan 60:9 pada putaran blower 830, 1030 dan 1230 rpm. Dimana untuk efektivitas titik 1, efektivitas tertinggi sebesar 96.45% pada aspek rasio 60:9 dengan putaran blower 1230 rpm dan efektivitas terendah sebesar 54.53% pada aspek rasio 60:3 dengan putaran blower 830 rpm. Untuk efektivitas titik 2, efektivitas tertinggi sebesar 81.65% pada aspek rasio 60:9 dengan putaran blower 1230 rpm dan efektivitas terendah sebesar 51.16% pada aspek rasio 60:3 pada putaran blower 1230 rpm. Dapat dilihat pada gambar 2 dan 3 bahwa semakin besar aspek rasio pad, terlihat semakin besar efektivitas pendingin evaporatif, tetapi terdapat perbedaan pada pad 60:9 pada putaran 1030 rpm. Hal ini disebabkan oleh kemampuan sabut kelapa yang sangat efektif dalam menyerap air [11].

Ketika semakin besar aspek rasio pad, maka sabut kelapa mampu menyerap lebih banyak air. Dengan meningkatnya jumlah air yang terserap oleh pad sabut kelapa, volume air yang dapat diuapkan juga bertambah, sehingga lebih banyak panas dapat diserap dari udara. Mengakibatkan penggunaan air yang lebih banyak seiring dengan meningkatnya aspek rasio pad. Hal ini menyebabkan suhu ruangan turun lebih dekat ke suhu bola basah, sehingga efektivitas pendinginan meningkat. Selain itu, bantalan yang lebih tipis menyediakan area permukaan yang lebih kecil [12], yang mengakibatkan kontak antara udara dan air menjadi lebih terbatas.

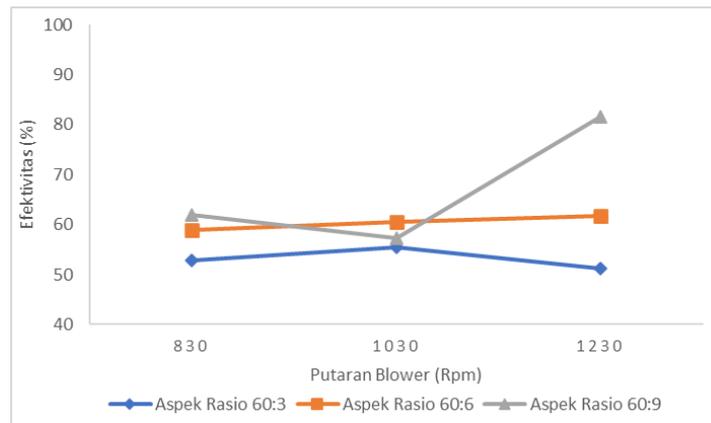
Dengan meningkatnya aspek rasio pad maka area kontak yang lebih besar, udara memiliki lebih banyak kesempatan untuk bersentuhan dengan pad. Hal ini

memungkinkan lebih banyak panas dari udara yang diserap oleh air dalam pad, yang menyebabkan lebih banyak air yang dapat diuapkan saat udara melewati pad dan kelembaban meningkat seiring dengan bertambahnya area kontak pada pad. Akibatnya, peluang perpindahan panas dari udara ke air meningkat, menurunkan suhu udara yang keluar dari pad. Selain itu, semakin tebal pad maka terjadi peningkatan hambatan udara yang mengalir melalui pad [13].

Ketebalan pad mempengaruhi hambatan udara yang mengalir melalui pad, dengan pad yang lebih tebal menciptakan hambatan yang lebih besar. Hambatan ini memperlambat aliran udara, tetapi juga meningkatkan interaksi antara udara dan air dalam pad. Peningkatan interaksi ini memungkinkan lebih banyak air diuapkan dan lebih banyak panas diserap dari udara. Meskipun ketebalan pad yang lebih besar meningkatkan hambatan udara, efek ini dapat diimbangi oleh peningkatan efisiensi penguapan dan penyerapan panas, yang akhirnya menurunkan suhu udara yang keluar dari pad. Kondisi ini memungkinkan panas dari udara untuk dipindahkan ke air dengan lebih efektif [14], sehingga meningkatkan efisiensi proses pendinginan. Sedangkan pada pad 60:9 pada putaran 1030 rpm mengalami penurunan efektivitas. Hal tersebut disebabkan oleh suhu bola basah yang rendah namun suhu yang dikeluarkan dari pad tidak mendekati suhu bola basah menunjukkan bahwa proses penguapan air tidak efektif dalam menurunkan suhu udara secara maksimal. Panas dari udara diserap oleh air secara tidak efektif, sehingga suhu udara yang keluar dari pad tidak mendekati suhu bola basah. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan efektivitas pendinginan pada sistem evaporatif, yang mempengaruhi kinerja pendinginan.



Gambar 4 Hubungan Putaran Blower Terhadap Efektivitas Pendinginan Evaporatif Titik 1



Gambar 5 Hubungan Putaran Blower Terhadap Efektivitas Pendinginan Evaporatif Titik 2

Gambar 4 dan gambar 5 menunjukkan hubungan putaran blower terhadap efektivitas pendinginan evaporatif pada putaran blower 830, 1030 dan 1230 rpm untuk media uji menggunakan pad dengan aspek rasio 60:3, 60:6 dan 60:9, dimana untuk efektivitas titik 1, efektivitas tertinggi sebesar 96.45% pada putaran blower 1230 rpm dengan aspek rasio pad 60:9 dan efektivitas terendah sebesar 54.53% pada putaran blower 830 rpm dengan aspek rasio pad 60:3. Untuk efektivitas titik 2, efektivitas tertinggi sebesar 81.65% pada putaran blower 1230 rpm dengan aspek rasio pad 60:9 dan efektivitas terendah sebesar 51.16% pada putaran blower 1230 rpm aspek rasio pad 60:3. Dapat dilihat pada gambar 4 dan 5 bahwa semakin tinggi putaran blower, dilihat semakin besar efektivitas pendinginan evaporatif tetapi pada putaran blower 1030 rpm pada aspek rasio pad 60:9 terjadi penurunan efektivitas. Hal ini disebabkan karna Penambahan transfer massa antara udara dan air[12].

Putaran blower yang lebih tinggi menghasilkan daya hisap udara yang lebih kuat. Hal ini menyebabkan lebih banyak udara panas melewati permukaan pad, yang pada gilirannya meningkatkan laju penguapan air dari pad tersebut. Ini disebabkan karena air yang menguap dari pad akan menyerap panas dari udara sekitarnya untuk berubah menjadi uap, yang pada akhirnya menurunkan suhu udara yang dikeluarkan oleh pad. Selain itu, Peningkatan kecepatan aliran udara mengakibatkan waktu kontak untuk perpindahan panas dan kelembaban antara air dan udara menjadi lebih singkat[10]. Meskipun interaksi udara lebih singkat, namun udara yang melewati pad pendingin dalam periode tertentu meningkat. Ini berarti lebih banyak udara yang terlibat dalam proses pendinginan, yang bisa

meningkatkan laju penguapan total air dari pad. Dengan lebih banyak udara panas yang dihisap dan dipaksa melewati pad dalam waktu yang singkat, proses penguapan air tetap berlangsung efektif karena air yang diuapkan menyerap panas dari udara secara cepat, menurunkan suhu udara yang keluar dari pad.

Selain itu, blower juga berperan dalam menghisap udara panas[15] yang dihasilkan oleh lampu pijar 55 W yang terdapat dalam ruangan, membantu mengurangi akumulasi panas di dalam ruangan dengan membuang udara panas tersebut ke luar. Dengan menghisap dan membuang udara panas keluar ruangan, blower membantu menurunkan suhu udara di dalam ruangan. Udara panas yang dikeluarkan digantikan oleh udara yang lebih dingin dan segar yang masuk ke dalam ruangan, blower juga membantu dalam mengurangi kelembaban relatif di dalam ruangan. Udara yang dihisap dan dibuang biasanya mengandung uap air yang dihasilkan dari proses penguapan, sehingga udara yang masuk ke dalam ruangan cenderung lebih kering. Hal ini dapat membantu menjaga keseimbangan kelembaban udara di dalam ruangan, sehingga tidak terlalu lembab. Sedangkan pada pad 60:9 pada putaran 1030 rpm mengalami penurunan efektivitas. Hal tersebut disebabkan oleh suhu bola basah yang rendah namun suhu yang dikeluarkan dari pad tidak mendekati suhu bola basah menunjukkan bahwa proses penguapan air tidak efektif dalam menurunkan suhu udara secara maksimal. Panas dari udara diserap oleh air secara tidak efektif, sehingga suhu udara yang keluar dari pad tidak mendekati suhu bola basah. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan efektivitas pendinginan pada sistem evaporatif, yang mempengaruhi kinerja pendinginan.

#### 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai “Pengaruh Aspek Rasio Pad Terhadap Efektivitas Pendingin Evaporatif Berbahan Serabut Kelapa” dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Efektivitas meningkat karena serabut kelapa dapat menyerap lebih banyak air, meningkatkan penguapan dan penyerapan panas. Ketebalan pad yang lebih besar menambah hambatan aliran udara, tetapi meningkatkan interaksi udara dan air, sehingga lebih banyak panas diserap. Namun, pada aspek rasio 60:9 dengan putaran blower 1030 rpm, terjadi penurunan efektivitas karena

suhu udara yang dikeluarkan tidak mendekati suhu bola basah, menunjukkan penguapan air tidak maksimal.

- b. Peningkatan putaran blower meningkatkan transfer massa antara udara dan air, menghisap lebih banyak udara panas, dan meningkatkan laju penguapan air, meskipun interaksi udara dan air menjadi lebih singkat. Blower juga membantu mengurangi panas di ruangan dengan membuang udara panas ke luar dan menggantinya dengan udara lebih dingin.

## 5. SARAN

Adapun saran untuk peneliti selanjutnya sebagai berikut:

- a. Melakukan peningkatan pada variasi aspek rasio pad dan putaran blower yang untuk mengetahui efektivitas pendinginan evaporatif.
- b. Serabut kelapa pada cooling pad perlu disusun secara teratur.
- c. Pada penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan pengujian variasi debit air untuk mengetahui efektivitas pendingin berbahan serabut kelapa.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. Amer, R. Boukhanouf, and H. Ibrahim, "A Review of Evaporative Cooling Technologies," in *2014 APCBEES Nottingham Conferences Proceeding*, 2014, pp. 119–125.
- [2] S.-H. Sellam *et al.*, "Experimental performance evaluation of date palm fibers for a direct evaporative cooler operating in hot and arid climate," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 35, pp. 1–18, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.csite.2022.102119.
- [3] N. Kapilan, A. M. Isloor, and S. Karinka, "A comprehensive review on evaporative cooling systems," Jun. 01, 2023, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.rineng.2023.101059.
- [4] A. Tejero-González and A. Franco-Salas, "Optimal operation of evaporative cooling pads: A review," Nov. 01, 2021, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.rser.2021.111632.
- [5] M. K. Chopra and R. Kumar, "Design of New Evaporative Cooler and Usage of Different Cooling Pad Materials for Improved Cooling Efficiency," *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 04, no. 09, pp. 503–511, 2017, [Online]. Available: [www.irjet.net](http://www.irjet.net)
- [6] Mhd. I. Nusa, "Evaporative Cooling Technology To Prolong Shelf Life Storage Of Fresh Fruits And Vegetable," vol. 19, no. 3, pp. 281–288, 2015.
- [7] I. putu M. Adnyana, N. L. P. I. Midiani, and I. M. R. J. Widanta, "Pengaruh Perlakuan Cooling Pad Terhadap Performansi Evaporative Cooling," pp. 1–8, 2022, [Online]. Available: <https://repository.pnb.ac.id>

- [8] R. P. Rachman and B. Yuniarto, "Pengaruh Jenis Sprayer Terhadap Efektivitas Direct Evaporative Cooling Dengan Cooling Pad Serabut Kelapa," 2014.
- [9] R. Rawangkul, J. Khedari, J. Hirunlabh, and B. Zeghamati, "Performance analysis of a new sustainable evaporative cooling pad made from coconut coir," *International Journal of Sustainable Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 117–131, Jun. 2008, doi: 10.1080/19397030802326726.
- [10] R. A. Aziz, N. Farahin Zamrud, and N. Rosli, "Comparison on cooling efficiency of cooling pad materials for evaporative cooling system," 2018. [Online]. Available: <http://journal.ump.edu.my/jmmst>
- [11] M. D. Ardiansyah and Sardiwi, "Pengaruh Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Material Serat Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Beton".
- [12] M. F. Alam, A. S. Sazidy, A. Kabir, G. Mridha, N. A. Litu, and M. A. Rahman, "An experimental study on the design, performance and suitability of evaporative cooling system using different indigenous materials," in *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., Jun. 2017. doi: 10.1063/1.4984704.
- [13] A. Malli, H. R. Seyf, M. Layeghi, S. Sharifian, and H. Behraves, "Investigating the performance of cellulosic evaporative cooling pads," *Energy Convers Manag*, vol. 52, no. 7, pp. 2598–2603, 2011, doi: 10.1016/j.enconman.2010.12.015.
- [14] I. N. Suryana, I. N. Suarnadwipa, and H. Wijaksana, "Studi Eksperimental Performansi Pendingin Evaporative Portable Dengan Pad Berbahan Spon Dengan Ketebalan Berbeda," *Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA*, vol. 1, no. 1, pp. 65–70, 2014.
- [15] C. A. Patria, "Pola Kandang Tertutup Dua Lantai pada Broiler di Edi Sujarwo Farm Kabupaten Lampung Tengah," *Jurnal Peternakan Terapan (PETERPAN)*, vol. 4, no. 2, pp. 45–51, [Online]. Available: <https://jurnal.polinela.ac.id/index.php/PETERPAN/index>