

Pengaruh Debit Aliran Air terhadap Efektivitas Pendinginan Evaporatif dengan Cooling Pad Berbahan Sabut Kelapa dan Tapis Lontar

Dwiyati Putri Kana, Jahirwan Ut Jasron*, Daud Pulo Mangesa

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

Jl. Adisucipto Penfui, Kupang, Nusa Tenggara Timur, Indonesia 85148

*E-mail: jahirwan.jasron@staf.undana.ac.id

Diajukan: 20-07-2024; Diterima: 28-04-2025; Dipublikasi: 29-04-2025

Abstrak

Krisis energi dan perubahan iklim meningkatkan konsumsi energi untuk pemanasan, pendinginan, dan ventilasi, 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* berbahan sabut kelapa dan tapis lontar menjadi solusi yang efektif. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh variasi debit aliran air pada *cooling pad* berbahan sabut kelapa dan tapis lontar terhadap efektivitas pendinginan evaporatif. Penelitian ini dilakukan secara eksperimen pada ruang pendingin evaporatif dengan dimensi 2,44 m x 1,22 m x 1,22 m dengan merubah jenis bahan *cooling pad* dan variasi debit aliran air 5 lpm, 7 lpm, dan 9 lpm. Berdasarkan hasil penelitian variasi debit aliran air memiliki pengaruh terhadap efektivitas pendinginan evaporatif menggunakan *cooling pad* berbahan sabut kelapa dan tapis lontar. Peningkatan debit air dari 5 lpm hingga 9 lpm menghasilkan penurunan temperatur yang lebih besar di ruang pendingin, terutama di ruang 1 yang dekat *cooling pad*, dan meningkatkan kelembaban relatif di ruang pendingin. *Cooling pad* sabut kelapa menunjukkan penurunan temperatur awal di ruang satu dekat *cooling pad*, sementara tapis lontar memberikan distribusi pendinginan yang lebih merata dan konsisten di ruang 1 maupun ruang 2 yang lebih jauh dari *cooling pad* sehingga tapis lontar menjadi bahan *cooling pad* yang memiliki performa yang lebih baik dibandingkan sabut kelapa.

Kata kunci: *Cooling pad*; debit air; Pendingin evaporatif; sabut kelapa; tapis lontar

Abstract

The energy crisis and climate change are increasing energy consumption for heating, cooling, and ventilation, with this sector contributing to 33% of global energy consumption. Air conditioning alone accounts for 60% of summer season electricity demand, highlighting the importance of energy conservation. Evaporative cooling systems using coconut coir and palm leaf mats offer an effective solution. The aim of this research is to analyze the impact of varying water flow rates on the effectiveness of evaporative cooling using coconut coir and palm leaf mats. The study was conducted experimentally in a 2.44 m x 1.22 m x 1.22 m evaporative cooling chamber, testing different cooling pad materials and water flow rates of 5 lpm, 7 lpm, and 9 lpm. Based on the research findings, varying water flow rates significantly affect the effectiveness of evaporative cooling using coconut coir and palm leaf mats. Increasing the water flow rate from 5 lpm to 9 lpm resulted in greater temperature reduction in the cooling chamber, especially near the cooling pad in zone 1, and increased relative humidity in the cooling chamber. Coconut coir pads showed initial temperature reduction near the cooling pad in zone 1, while palm leaf mats provided more even and consistent cooling distribution in both zone 1 and zone 2 farther from the cooling pad, making palm leaf mats a superior cooling pad material compared to coconut coir.

Keywords: *Cooling pad*; coconut fibre; evaporative cooling; palm kernel filter; water flow rate

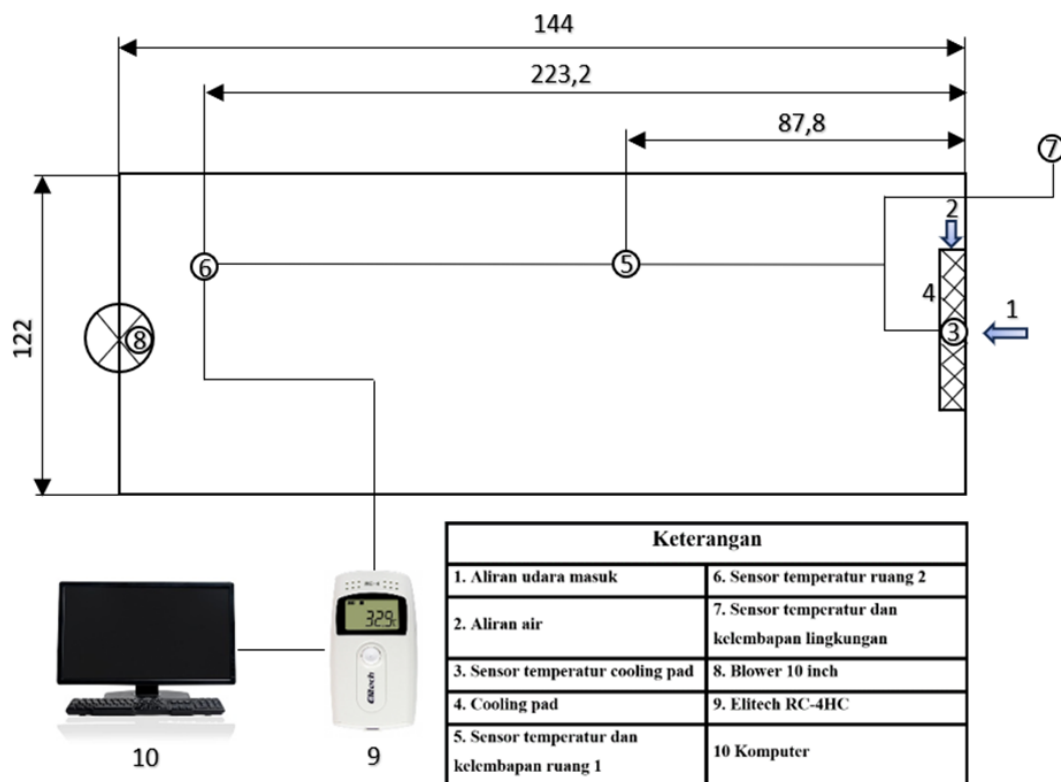
1. Pendahuluan

Krisis energi, pemanasan global, dan penipisan lapisan ozon meningkatkan konsumsi energi, terutama untuk pemanasan, pendinginan, dan ventilasi. Pemakaian energi pada bangunan, terutama untuk pendinginan dan pemanasan sangat tinggi, mencapai 33% dari konsumsi energi global [1]. Pendinginan evaporatif, metode hemat energi dan ramah lingkungan yang menyerap udara panas melalui *cooling pad*, bisa menjadi solusi [2]. Pendinginan evaporatif adalah fenomena yang terjadi di alam ketika air bersentuhan dengan udara tak jenuh [3], prinsip pendinginan evaporatif adalah menyerap udara melalui *cooling pad* yang selalu ada air mengalir. Secara teknik pendinginan evaporatif disebut dengan pendinginan adiabatik yang merupakan proses pengkondisian udara yang dilakukan dengan membiarkan kontak langsung antara udara dengan uap air sehingga terjadi perubahan panas dari sensibel menjadi panas laten [4]. *Cooling*

pad adalah sebuah komponen dalam sistem pendingin evaporatif yang digunakan untuk menurunkan temperatur udara dengan cara memanfaatkan penguapan air. *Cooling pad* umumnya terbuat dari bahan yang dapat menyerap air, seperti kertas bergelombang atau serat sintesis khusus [5]. Pemilihan bahan *cooling pad* menjadi penentu utama efektivitas dalam sistem pendinginan evaporatif [6]. Pada penelitian sebelumnya terkait hubungan kondisi udara masuk dengan kondisi udara keluaran *air cooler* untuk mendapatkan nilai efektivitas rata rata pendingin udara dengan menggunakan 6 *cooling pad* yang terbuat dari jaring-jaring [7]. Penelitian mengenai laju evaporasi pada pendinginan evaporatif langsung berbahan *pad* jerami padi dan tapis kelapa, dengan tiga variasi kecepatan putar fan 1440, 1470 dan 1500 rpm [8]. Penelitian lainnya juga tentang pengaruh debit aliran air terhadap efektivitas pendinginan evaporatif langsung dilengkapi *cooling pad* serabut kelapa dengan variasi debit air 0,8 L/m, 1,2 L/m dan 1,45 L/m [9]. Berdasarkan alasan diatas maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh debit aliran air terhadap efektivitas pendinginan evaporatif dengan *cooling pad* berbahan sabut kelapa dan tapis lontar.

2. Material dan metodologi

Jenis penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, dengan menguji alat pendingin evaporatif dengan dimensi alat 2,44 m x 1,22 m x 1,22 m menggunakan *cooling pad* berbahan sabut kelapa dan tapis lontar dengan dimensi 0,6 m x 0,6 m x 0,06 dan variasi debit aliran air 5 lpm, 7 lpm dan 9 lpm. Pengujian dilakukan selama 8 jam dengan interval waktu 10 menit, Pengambilan data dilakukan pada setiap variabel di setiap jam dimulai dari pukul 08.30 sampai 16.30 WITA, mencakup temperatur dan kelembaban ruangan. Sebelum mencatat hasil pengujian, kondisi *steady state* harus dipertahankan [10]. Untuk memastikan kondisi *steady state*, eksperimen dilakukan selama periode yang cukup lama, setidaknya 30–40 menit sebelum pengukuran dilakukan hingga memastikan bahwa pembacaan sensor konstan tanpa fluktuasi yang signifikan dan berada dalam akurasi instrumentasi. Skema pengujian alat pendingin evporatif dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema pengujian alat pendingin evaporative

Efektivitas pendinginan evaporatif dihitung menggunakan hubungan yang disebutkan dalam persamaan di bawah ini:

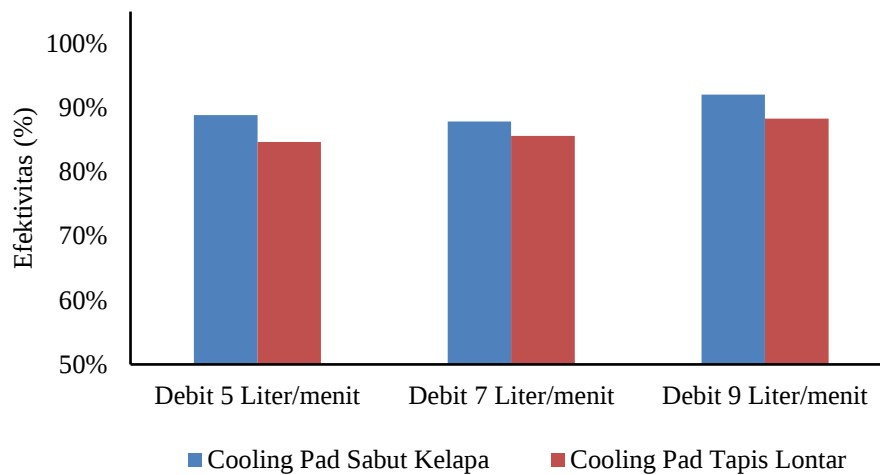
$$\epsilon = \frac{T_{dB,i} - T_{dB,o}}{T_{dB,i} - T_{wB,i}} \quad (1)$$

Dimana ϵ adalah efektivitas pendinginan evaporatif, $T_{dB,i}$ merupakan temperatur bola kering udara yang memasuki sistem, $T_{dB,o}$ menunjukkan temperatur bola kering udara yang keluar sistem, dan $T_{wB,i}$ adalah temperatur bola basah udara yang memasuki sistem.

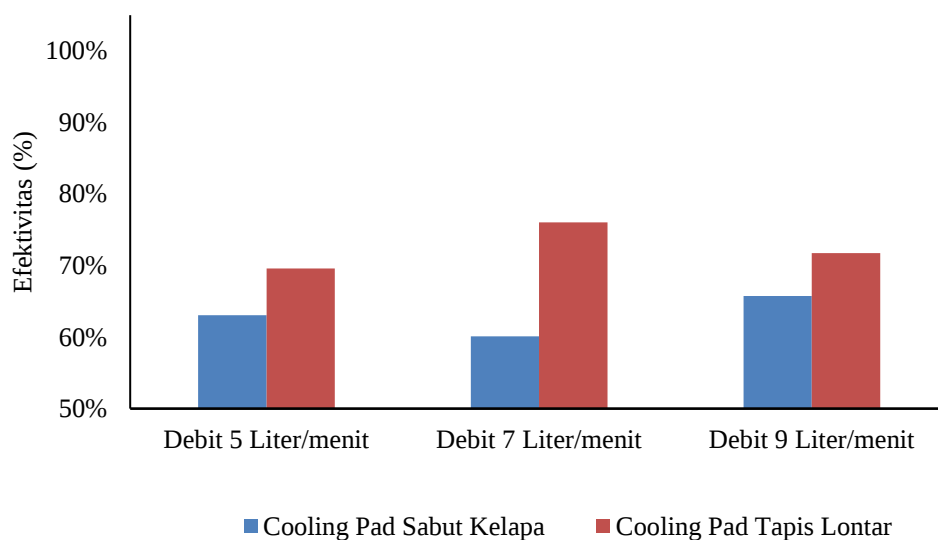
3. Hasil dan pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian alat pendingin evaporatif dengan *cooling pad* berbahan sabut kelapa dan tapis lontar dan variasi debit aliran air 5 liter/menit, 7 liter/menit dan 9 liter/menit dapat dilihat dibawah ini :

3.1. Pengaruh debit aliran air terhadap efektifitas pendinginan evaporative



Gambar 2. Hubungan debit aliran air terhadap efektifitas pendinginan evaporatif ruang 1

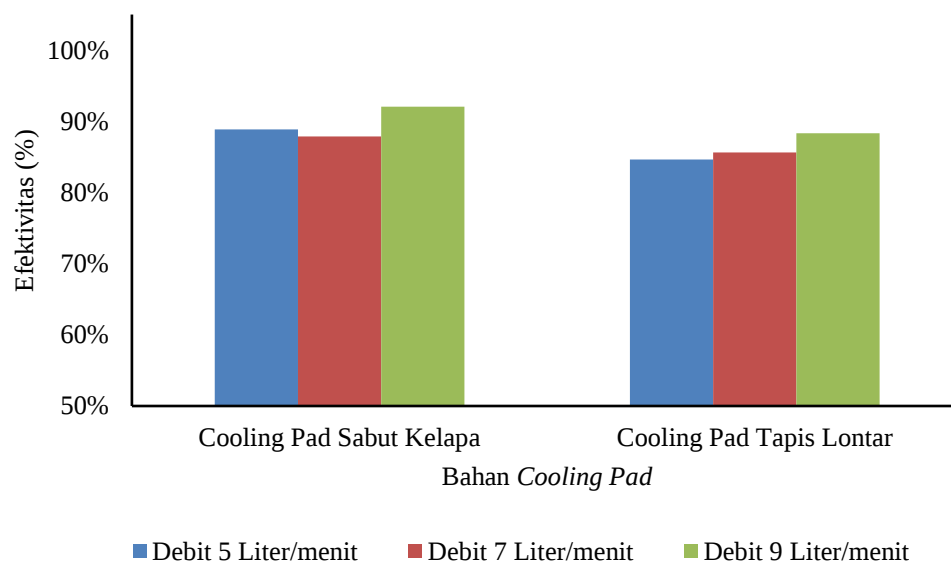


Gambar 3. Hubungan debit aliran air terhadap efektifitas pendinginan evaporatif ruang 2

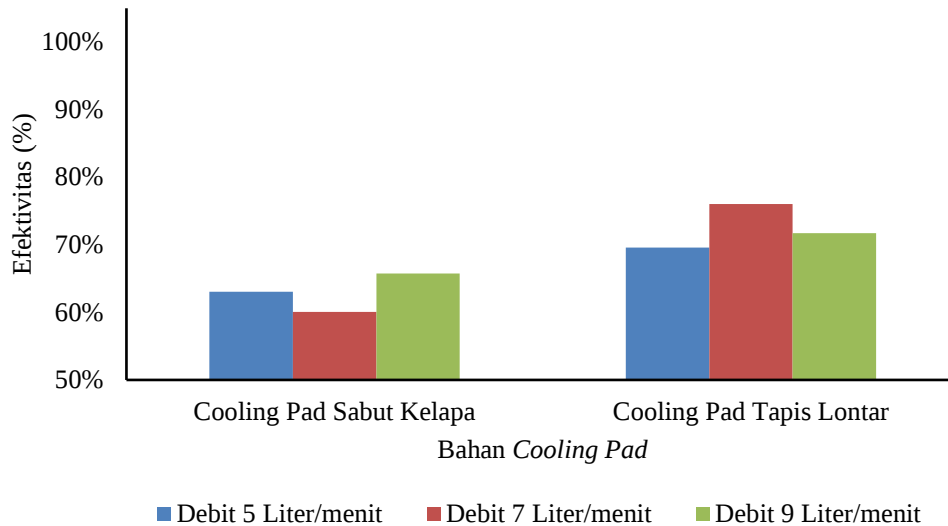
Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan hubungan debit aliran air terhadap efektivitas pendinginan evaporatif untuk media uji menggunakan *pad* sabut kelapa dan tapis lontar pada debit air 5, 7 dan 9 lpm, dimana untuk ruang 1, efektivitas tertinggi sebesar 92% pada *pad* sabut kelapa dengan debit aliran air 9 lpm dan efektivitas terendah sebesar 85% pada *pad* tapis lontar dengan debit air 5 lpm. Sedangkan untuk ruang 2, efektivitas tertinggi sebesar 76% pada *pad* tapis lontar dengan debit aliran air 7 lpm dan efektivitas terendah sebesar 60% pada *pad* sabut kelapa dengan debit aliran air 7 lpm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa debit aliran air memiliki pengaruh terhadap efektivitas *cooling pad* berbahan sabut kelapa dan tapis lontar dalam sistem pendingin evaporatif. Peningkatan debit air dari 5 lpm hingga 9 lpm menghasilkan penurunan temperatur yang lebih besar dan peningkatan kelembaban relatif di ruang pendingin. Ini disebabkan oleh peningkatan jumlah air yang disalurkan melalui *cooling pad*, yang meningkatkan kemampuan pad untuk menyerap panas dari udara yang lewat dan menguapkannya kembali ke atmosfer ruang pendingin [11]. Pada *cooling pad* berbahan sabut kelapa, peningkatan debit air menghasilkan penurunan temperatur di ruang 1 dan ruang 2. Ini terjadi karena struktur pad sabut kelapa yang padat, yang memungkinkan penyerapan air yang lebih baik dan pengeluaran panas yang lebih efisien. Namun, efek ini cenderung menurun seiring dengan jarak dari *cooling pad* ke ruang 2, karena udara yang telah didinginkan sebelumnya mengalami sedikit penurunan efektivitas pendinginan [12].

Sementara itu, *cooling pad* berbahan tapis lontar menunjukkan respons yang lebih merata terhadap peningkatan debit air. Pad ini mampu mempertahankan kelembaban yang lebih tinggi di udara yang melewatinya, sehingga memberikan pendinginan yang efektif di seluruh ruang pendingin, termasuk di ruang 2. Keunggulan tapis lontar terletak pada porositasnya yang baik dan kemampuan untuk menjaga kelembaban udara dalam jangka waktu yang lebih lama, yang mempengaruhi efektivitas pendinginan secara keseluruhan. Pemilihan debit air yang tepat sangat penting untuk meningkatkan performa pendinginan evaporatif [13]. Sabut kelapa memberikan penurunan temperatur awal yang lebih signifikan di dekat *cooling pad*, sementara tapis lontar memberikan distribusi pendinginan yang lebih merata dan konsisten di seluruh ruang pendingin. Dengan demikian, pengaturan debit air menjadi kunci untuk mencapai efisiensi pendinginan yang maksimal dalam sistem pendingin evaporatif.

3.2. Pengaruh bahan *cooling pad* terhadap efektivitas pendinginan evaporative



Gambar 4. Hubungan bahan *cooling pad* terhadap efektivitas pendinginan evaporatif ruang 1



Gambar 5. Hubungan bahan *cooling pad* terhadap efektivitas pendinginan evaporatif ruang 2

Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan hubungan jenis bahan *cooling pad* terhadap efektivitas pendinginan evaporatif pada debit aliran air 5, 7 dan 9 lpm untuk media uji menggunakan *pad* berbahan sabut kelapa dan tapis lontar. Dimana untuk ruang 1, efektivitas tertinggi sebesar 92% pada *cooling pad* berbahan sabut kelapa dengan debit aliran air 9 lpm dan efektivitas terendah sebesar 86% pada *cooling pad* berbahan tapis lontar dengan debit aliran air 7 lpm. Untuk ruang 2, efektivitas tertinggi sebesar 76% pada *cooling pad* berbahan tapis lontar dengan debit aliran air 7 lpm dan efektivitas terendah sebesar 60% pada *cooling pad* berbahan sabut kelapa dengan debit air 7 lpm. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis bahan *cooling pad* yang digunakan berpengaruh terhadap efektivitas pendinginan evaporatif. Dua jenis bahan yang diuji, yaitu sabut kelapa dan tapis lontar, menunjukkan perbedaan kinerja dalam menurunkan temperatur dan meningkatkan kelembaban relatif di dalam ruang pendingin. Bahan *cooling pad* yang berbeda mempengaruhi distribusi aliran udara dan air, yang pada gilirannya mempengaruhi efektivitas pendinginan secara keseluruhan [14].

Cooling pad berbahan sabut kelapa menunjukkan efektivitas tertinggi di ruang 1, dengan penurunan temperatur yang lebih besar dibandingkan tapis lontar. Struktur serat sabut kelapa yang padat memungkinkan penyerapan dan penguapan air yang cepat, sehingga memberikan pendinginan yang efektif di ruang 1 yang dekat dengan *cooling pad*. Namun, efektivitas sabut kelapa menurun di ruang 2, yang lebih jauh dari *cooling pad* karena distribusi aliran udara dan air yang kurang merata. Sebaliknya, *cooling pad* berbahan tapis lontar menunjukkan efektivitas yang lebih konsisten di seluruh ruang pendingin. Tapis lontar mencapai efektivitas tertinggi di ruang 2, kapasitas penguapan air yang lebih banyak dan porositas yang baik dari pad tapis lontar memungkinkan distribusi aliran air dan udara yang lebih merata [15], sehingga memberikan pendinginan yang efektif baik di ruang 1 maupun ruang 2. Peningkatan debit air pada tapis lontar juga meningkatkan kelembaban relatif pada debit 9 lpm, menciptakan lingkungan yang lebih sejuk dan nyaman secara merata di seluruh ruang pendingin.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai "Pengaruh Debit Aliran Air terhadap Efektivitas Pendinginan Evaporatif dengan *Cooling Pad* Berbahan Sabut Kelapa dan Tapis Lontar", dapat disimpulkan bahwa variasi debit aliran air memiliki pengaruh terhadap efektivitas pendinginan evaporatif menggunakan *cooling pad* berbahan sabut kelapa dan tapis lontar.

Peningkatan debit air dari 5 lpm hingga 9 lpm menghasilkan penurunan temperatur yang lebih besar di ruang pendingin, terutama di dekat *cooling pad* (ruang 1), dan meningkatkan kelembaban relatif di ruang pendingin. *Cooling pad* sabut kelapa menunjukkan penurunan temperatur awal di dekat *cooling pad* (ruang 1), sementara tapis lontar memberikan distribusi pendinginan yang lebih merata dan konsisten di ruang 1 maupun ruang 2 yang lebih jauh dari *cooling pad* sehingga tapis lontar menjadi bahan *cooling pad* yang memiliki performa yang lebih baik dibandingkan sabut kelapa.

Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Teknik Mesin fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana yang telah memberikan fasilitas yang dipergunakan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] S. Houcine 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, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.csite.2022.102119.
- [2] A. Almaneea, T. A. Alshammari, F. Y. Aldhafeeri, M. H. Aldhfeeri, A. A. Allaboun, and T. S. Almutairi, “Experimental Investigation of Air Cooler Using Local Palm Tree Waste,” *Heliyon*, vol. 8, no. 8, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e10265.
- [3] E. Velasco-Gómez, A. Tejero-González, J. Jorge-Rico, and F. J. Rey-Martínez, “Experimental Investigation of the Potential of a New Fabric-Based Evaporative Cooling Pad,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 17, pp. 1–13, Aug. 2020, doi: 10.3390/su12177070.
- [4] R. P. Rachman and B. Yudianto, “Pengaruh Jenis Sprayer Terhadap Efektivitas Direct Evaporative Cooling Dengan Cooling Pad Serabut Kelapa,” *Jurnal Teknik Mesin S-1*, vol. 2, no. 2, pp. 78–82, 2014.
- [5] A. A. D. Santika, H. Wijaksana, and K. Astawa, “Analisa Performansi Cooling Pad Tanpa Saluran Udara dan Dengan Saluran Udara,” *Jurnal Mahasiswa Universitas Udayana*, vol. 8, no. 2, pp. 81–88, 2019.
- [6] I. P. M. Adnyana, N. L. P. I. Midiani, and I. M. R. J. W. Widanta, “Pengaruh Perlakuan Cooling Pad Terhadap Performansi Evaporative Cooling,” Sep. 2022. [Online]. Available: <https://repository.pnb.ac.id>
- [7] D. Purwadianto and K. Purwadi, “Hubungan Kondisi Udara Masuk Dengan Kondisi Udara Keluaran Air Cooler,” 2021.
- [8] I. P. P. Susila, H. Wijaksana, and I. N. Suarnadwipa, “Studi Laju Evaporasi Pada Direct Evaporative Cooling Berbahan Pad Jerami Padi dan Tapis Kelapa,” *IPTEKMA: Jurnal Mahasiswa Universitas Udayana*, vol. 8, no. 1, pp. 25–30, 2019.
- [9] M. Dzikri Amri and B. Yudianto, “Pengaruh Debit Aliran Air Terhadap Efektifitas Direct Evaporative Cooling Dilengkapi Cooling Pad Serabut Kelapa,” *Jurnal Teknik Mesin S-1*, vol. 2, no. 2, pp. 129–137, 2014.
- [10] R. A. Aziz, N. Farahin Zamrud, and N. Rosli, “Comparison on Cooling Efficiency of Cooling Pad Materials for Evaporative Cooling System,” *Journal of Modern Manufacturing Systems and Ttechnology*, vol. 01, pp. 61–68, 2018, [Online]. Available: <http://journal.ump.edu.my/jmmst>
- [11] M. A. Kamal, “Evaluation of Evaporative Cooling Techniques for Energy Efficiency in Buildings,” 2013. [Online]. Available: www.seipub.org/scea
- [12] B. Yudianto, “Pengaruh Debit Air Semburan Terhadap Efektivitas Direct Evaporative Cooling Posisi Horizontal,” *ROTASI*, vol. 19, no. 1, pp. 12–17, 2017, [Online]. Available: <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/rotasi>
- [13] I. G. Tenaya, I. P. Lokantara, and I. G. Purwata, “Pengaruh Temperatur Air dan Debit Air Terhadap Karakteristik Pendinginan Evaporatif,” in *Proceeding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV (SNTTM XV)*, 2016, pp. 473–482.
- [14] N. Kapilan, A. M. Isloor, and S. Karinka, “A Comprehensive Review on Evaporative Cooling Systems,” *Results in Engineering*, vol. 18, pp. 1–14, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.rineng.2023.101059.
- [15] M. S. Ghoname, “Effect of Pad Water Flow Rate on Evaporative Cooling system Efficiency in Laying Hen Housing,” *Journal of Agricultural Engineering*, vol. 51, no. 4, pp. 209–219, 2020, doi: 10.4081/jae.2020.1051.