

Performance Test of Commercial Air Coolers with Cooling Pads Made from Banana Midrib Fiber and Honeycomb

Uji Performansi Air Cooler Komersial Menggunakan Cooling Pad Dari Serat Pelepah Pisang dan Honeycomb

Evi Sofia¹, Hery Sonawan^{2*},

¹)Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama Bandung, Jawa Barat, INDONESIA.

²)Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung, Jawa Barat, INDONESIA.

INFORMASI ARTIKEL

NASKAH DITERIMA : 16 Maret 2024

DIREVISI : 14 Juni 2024

DISETUJUI : 22 Juli 2024

*KORESPONDENSI PENULIS :

herysonawan@unpas.ac.id

Abstract

The use of air conditioning equipment in dry season is very necessary. Several users have used Air Conditioner (AC) as air conditioning, although there are users who apply air coolers which are considered more environmentally friendly air conditioning. An air cooler is a tool that cool the air while increasing the humidity. This tool uses the principle of the water evaporation process to cool the air or is called an evaporative cooler. In this paper, the performance of a commercial air cooler that uses a built-in cooling pad in the form of honeycomb is reported and its performance is compared with a cooling pad made from banana midrib fiber material. By implementing experiments on commercial air coolers, experiments were carried out by measuring the airflow in the air cooler using Arduino-based data acquisition. From the experiments, the built-in cooling pad has better performance than banana midrib fiber. The decrease in airflow temperature when using a honeycomb cooling pad reaches 0.8 °C, slightly higher than banana midrib fiber which reaches 0.6 °C. Honeycomb saturation efficiency is also higher, reaching 50 – 85% compared to 40 – 70% for banana midrib fiber. Likewise, the EER value of honeycomb is higher than banana midrib fiber. However, banana midrib fiber has great potential if it is used as a cooling pad material, it can be used as an alternative material for evaporative coolers.

Keywords: *evaporative cooler, cooling pad, honeycomb, banana midrib fiber, saturation efficiency*

Abstrak

Penggunaan alat pengkondisian udara di masa kemarau sangat diperlukan. Beberapa pengguna telah banyak mengaplikasikan *Air Conditioner* (AC) sebagai alat penyejuk ruangan, walaupun ada juga pengguna memakai *air cooler* yang dianggap lebih ramah lingkungan dari *air conditioner*. *Air cooler* merupakan alat yang berfungsi untuk menyejukkan udara sekaligus menaikkan kelembapan udara. Alat ini menggunakan prinsip proses penguapan air untuk menyejukkan udara atau disebut dengan *evaporative cooler*. Di dalam makalah ini dilaporkan kinerja *air cooler* komersial yang menggunakan *cooling pad* bawaan berupa *honeycomb* dan dibandingkan juga kinerjanya dengan *cooling pad* dari material serat pelepah pisang. Dengan menerapkan eksperimen pada *air cooler* komersial, eksperimen dilaksanakan dengan mengukur tingkat keadaan udara di dalam *air cooler* menggunakan data akuisisi berbasis Arduino dan sensor-sensor temperatur dan kelembapan udara. Dari eksperimen yang telah dilakukan, *cooling pad* bawaan *air cooler* memiliki kinerja lebih baik dibandingkan serat pelepah pisang. Penurunan temperatur udara saat menggunakan *cooling pad* *honeycomb* mencapai 0,8 °C sedikit lebih tinggi dibandingkan serat pelepah pisang yang mencapai 0,6 °C. Efisiensi saturasi *honeycomb* pun lebih tinggi mencapai 50 – 85 % berbanding 40 – 70% untuk serat pelepah pisang. Demikian pula nilai EER *honeycomb* lebih tinggi dibandingkan serat pelepah pisang. Namun demikian, serat pelepah pisang memiliki potensi besar apabila akan digunakan sebagai material *cooling pad*, dapat dijadikan sebagai material alternatif bagi *evaporative cooler*.

Kata kunci: *evaporative cooler, cooling pad, honeycomb, serat pelepah pisang, efisiensi saturasi*

I. PENDAHULUAN

Indonesia negara dengan iklim tropis memiliki dua musim yakni musim kemarau dan musim hujan. Pada saat musim kemarau temperatur udara luar sangat tinggi dan membuat beberapa daerah mengalami kekeringan. Hal ini menimbulkan sebuah permasalahan ketika musim kemarau tiba. Udara panas dan kondisi lingkungan yang kering mengakibatkan kenyamanan manusia dalam beraktivitas menjadi terganggu.

Penggunaan alat pengkondisian udara di masa kemarau tentu sangat diperlukan. Beberapa pengguna telah banyak mengaplikasikan *Air Conditioner* (AC) sebagai alat penyejuk ruangan. Tidak hanya itu saja, ada juga pengguna memakai *Air Cooler* yang dianggap lebih ramah lingkungan dari *Air Conditioner*. *Air cooler* merupakan alat yang berfungsi untuk menyejukkan udara sekaligus menaikkan kelembapan udara. Alat ini menggunakan prinsip proses penguapan air untuk menyejukkan udara atau disebut dengan *evaporative cooling*.

Studi secara numerik pada bangunan industri menunjukkan bahwa *evaporative cooling* merupakan cara yang cocok untuk membuat lingkungan internal lebih nyaman baik dengan sistem langsung (*direct*) atau tidak langsung (*indirect*). Aplikasi sistem tidak langsung (*indirect*) untuk pendinginan gedung, berdasarkan pada komponen pasif, tanpa ventilasi paksa, disajikan dan dianalisis secara numerik oleh Manzan dkk [1].

Evaporative cooling telah ada sejak zaman kuno. Sebagai perangkat pendingin, *evaporative cooling* memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Selain sistem operasinya yang sederhana, *evaporative cooling* memiliki kelebihan lain, termasuk perawatan dan biaya awal yang rendah, kualitas udara dalam ruangan yang baik, polusi udara yang relatif kecil, dan kebutuhan energi yang tidak terlalu besar [2].

Banyak penelitian dilakukan untuk meningkatkan performa *indirect evaporative cooling* misalnya dengan menggabungkan *indirect evaporative cooling* dengan *indirect heat exchanger*

(two stage evaporative cooler), seperti yang dilakukan oleh beberapa peneliti [3], [4].

Sistem penguapan air pada *air cooler* dibantu dengan adanya suatu komponen yaitu bantalan pendingin atau biasa dikenal sebagai *cooling pad*. Komponen ini berfungsi sebagai penyaring udara dan media pendinginan pada *air cooler*. Fungsi tersebut membuat bahan dasar *cooling pad* haruslah memiliki sifat-sifat tertentu. Beberapa sifat yang harus dimiliki antara lain sifat tidak mudah larut dengan air, lebih kaku pada keadaan lembap, dan memiliki daya serap yang baik. Bahan dasar yang biasa digunakan adalah komposit (*honeycomb*), dan serat kayu (*aspen cooling pad*).

Penelitian mengenai material bantalan pendingin sudah banyak dilakukan. Al-Sulaiman dkk, melakukan investigasinya mengenai media pendingin seperti, serat rami (jute fiber), gambas (luffa fiber), sabut kelapa sawit (palm fiber) dan membandingkannya dengan komersial pad [5]. Potensi serat alami lain seperti serat nanas dan blustru/ *Luffa Cylindrica* sebagai bantalan pendingin juga telah dikaji oleh Evi Sofia dkk [6], [7].

Rajesh Maurya dkk [8] pada tahun 2014 melakukan investigasi mengenai performansi dari beberapa media pendingin yaitu cellulose pad, aspen pad dan coconut pad.

Studi eksperimental tentang potensi serat kayu putih sebagai media pendingin pada *evaporative cooling* diinvestigasi oleh Dodramaci dkk [9] pada tahun 2019.

Indonesia sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang tinggi, sampai saat ini masih kurang optimal dalam pemanfaatan tanamannya. Tanaman pisang sebagai contohnya, yang ingin dimanfaatkan seratnya sebagai bahan dasar *cooling pad*. Tanaman pisang sebagai tanaman asli Indonesia merupakan jenis tanaman tropis yang sesuai dengan iklim Indonesia dan menghasilkan serat. Pada tanaman pisang banyak menghasilkan serat pada bagian pelepahnya. Dengan kadar selulosa yang terkandung dalam tanaman tersebut, tanaman pisang memiliki sifat serat yang mudah menyerap air dan tidak larut dalam air, yang berpotensi untuk menambah kinerja *air cooler*. Oleh sebab itu *cooling pad* dari serat pelepah pisang akan diperbandingkan kinerjanya dengan *cooling pad* bawaan *air cooler* komersial. Metode penelitiannya adalah eksperimen menggunakan air cooler komersial. Kinerja *air cooler* dilihat dari tingkat penurunan temperatur udara dan efisiensi saturasi yang dicapai oleh kedua *cooling pad*.

Eksperimen yang dilakukan oleh Kendi dkk (2020) terhadap *in-duct air cooler* menggunakan serat nanas sebagai *cooling pad*. Variabel input seperti temperatur media pendingin dengan level 22 °C dan 14 °C dikombinasikan dengan variabel input lainnya yaitu kecepatan udara dengan enam level pengaturan dan tebal *cooling pad* dengan dua level pengaturan. Pada penelitiannya, Kendi mengaplikasikan analisis dimensional π Buckingham untuk memperoleh sebuah persamaan. Kinerja *air cooler* yang diperoleh antara lain pada tebal *cooling pad* 30 mm peningkatan kelembapan paling tinggi yaitu 8,08%. Pengujian dengan tebal *cooling pad* 50 mm pada temperatur air pendingin 14 °C mempunyai rata-rata penurunan temperatur terendah yaitu 2,88 °C, pengujian dengan tebal *pad* 50 mm pada temperatur air pendingin 14 °C memiliki nilai rata-rata efektivitas tertinggi sebesar 46,85%, Dan pengujian tebal *pad* 30 mm pada temperatur air pendingin 14 °C memiliki nilai rata-rata EER tertinggi sebesar 2,9 [10].

Penelitian serupa dilakukan oleh Ramadhan dan Sonawan (2020) menggunakan *cooling pad* serat pelepah pisang pada *in-duct air cooler*. Pada eksperimennya, variabel input yang diuji adalah temperatur media pendingin sebesar 22°C dan 18°C, kecepatan udara divariasikan enam kecepatan yang berbeda. Hasil penelitian yang didapatkan adalah penurunan temperatur angka terbesar yang didapat 2,38 °C, kenaikan kelembapan relatif terbesar 15,29%, efisiensi saturasi 47,06%, kemudian EER sebesar 7,03 [11], [12].

Pada tahun 2016, Gustaaf dan Talarima melakukan penelitian pada *air cooler* dengan air pendingin dari mesin pendingin. Mereka melakukan modifikasi pada *air cooler* dan mengukur kinerjanya. Sumber air pendingin berasal dari mesin pendingin dibandingkan dengan air biasa. Dari penelitiannya tersebut efisiensi terbaik didapatkan sebesar 63,64% pada kondisi air cooler menggunakan air yang didinginkan mesin pendingin, dengan kecepatan udara rendah 2,75 m/s [13].

Material *cooling pad* dari bahan spons dengan ketebalan berbeda diuji pada *air cooler* oleh Suryana dkk (2014). Penelitian itu bertujuan untuk mengetahui performansi

evaporative cooler portabel, yang meliputi penurunan temperatur bola kering udara, efektivitas pendinginan, kapasitas pendinginan, dan EER. Hasil yang didapatkan dari penelitiannya adalah penurunan temperatur bola kering udara, efektivitas pendinginan, kapasitas pendinginan, dan EER yang tinggi dihasilkan dengan menggunakan temperatur air yang rendah. Semakin besar debit air yang digunakan menghasilkan penurunan bola kering udara, efektivitas pendinginan, kapasitas pendinginan, dan EER yang tinggi pula [14].

Penelitian tentang *evaporative cooler* yang dilakukan oleh Rachman dan Yunianto (2014) mempelajari pengaruh jenis sprayer dengan cooling pad dari serabut kelapa. Terdapat tiga buah sprayer dengan jumlah lubang yang berbeda yakni 1, 5, dan 7 buah lubang. Sebagai variabel output ditentukan temperatur udara bola kering pada inlet dan exit dan kelembapan relatif. Hasil yang didapatkan dari penelitiannya adalah bahwa jenis sprayer memiliki pengaruh terhadap kenaikan kelembapan, penurunan temperatur dan efektivitas. Pada *direct evaporative cooler* pemasangan sprayer 1 lubang mempunyai efektivitas 0,79 merupakan yang tertinggi diantara sprayer 5 lubang sebesar 0,78 dan 7 lubang sebesar 0,74 [15].

Selanjutnya penelitian yang dikerjakan oleh Santika dkk (2019) menguji penggunaan saluran udara pada *evaporative cooler*. Sebagai parameter kinerja ditentukan penurunan temperatur bola kering udara, efektivitas pendinginan, kapasitas pendinginan, EER dan kenaikan kelembapan relatif. Hasil penelitiannya menghasilkan informasi saluran udara dengan kecepatan putar fan 2 rpm menghasilkan kelembapan relatif lebih baik dibanding dengan tanpa saluran udara. Hasil yang didapatkan sebesar dapat 60 – 70% untuk pengujian dengan saluran udara. Semakin besar kontak udara yang mengandung uap air dengan sistem, akan mempengaruhi kelembapan yang terjadi [16].

II. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah eksperimen menggunakan *air cooler* komersial yang ada di pasaran (Gambar 1). *Air cooler* dilengkapi dengan *cooling pad* dari *honeycomb* yang terpasang di bagian belakang *air cooler*. Untuk menurunkan temperatur udara, *air cooler* juga dilengkapi dengan balok air dingin yang dapat dibekukan secara berulang. Dalam pelaksanaan eksperimen, selain *cooling pad* bawaan *air cooler*, juga telah disiapkan *cooling pad* dari serat pelepah pisang. Kinerja keduanya akan diperbandingkan setelah pelaksanaan pengumpulan dan pengolahan data.

Pada penelitian ini digunakan arduino Mega sebagai data akuisisi (DAQ), sensor temperatur MAX 6675 dan sensor kelembapan DHT 22, pemanfaatan data akuisisi berbasis arduino ini telah digunakan oleh beberapa peneliti [17], [18].

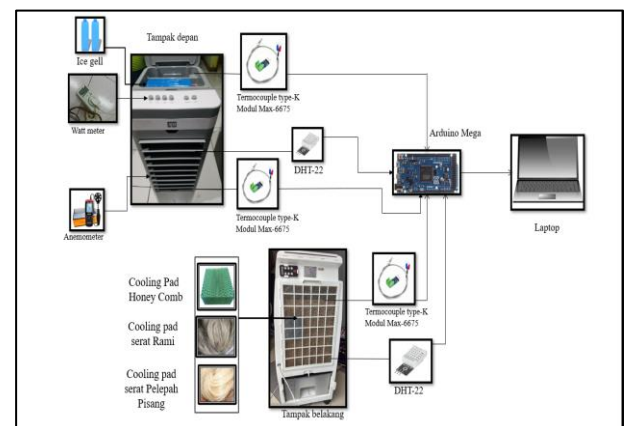
Di dalam *air cooler*, sensor temperatur (termokopel tipe K + modul MAX 6675) dan kelembapan udara (DHT 22) dipasang di sisi inlet dan exit *cooling pad*. Demikian juga, sebuah sensor temperatur lain dipasang pada bak penampung air pendingin untuk memonitor temperatur air pendingin. Untuk menurunkan temperatur air pendingin, dua buah balok air dingin dicelupkan di dalam bak penampung. Air pendingin inilah yang nantinya

akan menurunkan temperatur udara setelah bersentuhan dengan *cooling pad*.



Gambar 1. *Air cooler* komersial yang digunakan dalam eksperimen

Monitoring temperatur dan kelembapan udara di dalam *air cooler* dilakukan oleh sebuah data akuisisi sederhana berbasis Arduino. Setup eksperimen itu sendiri ditunjukkan pada Gambar 2. Sepasang sensor termokopel tipe K dan DHT 22 dipasang di sisi inlet dan sepasang lainnya dipasang di sisi exit *cooling pad*.



Gambar 2. Setup eksperimen

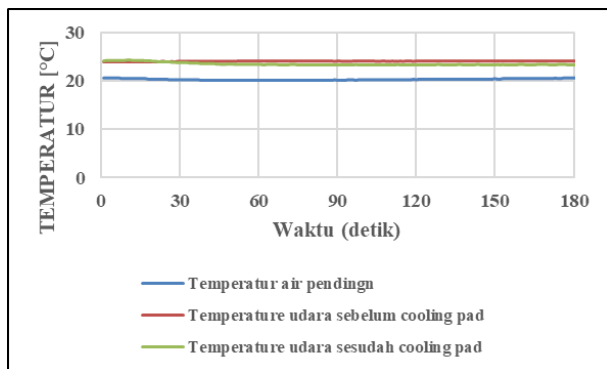
Eksperimen yang dilaksanakan menggunakan *air cooler* komersial mengacu pada metode desain parametrik yang melibatkan variabel-variabel input seperti kecepatan udara, terdiri dari 3 level yaitu pengaturan kecepatan low, mid dan high pada *air cooler*. Material *cooling pad*, terdiri dari 2 level yaitu *cooling pad* bawaan *air cooler* (*honeycomb*) dan serat pelepah pisang. Temperatur air pendingin, terdiri dari 1 level antara 19 – 21 °C. Sebagai variabel output dalam eksperimen adalah temperatur (T_{db} dan T_{wb}), dan kelembapan udara sisi inlet dan exit *cooling pad*. Satu konfigurasi eksperimen dilaksanakan selama 180 detik.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

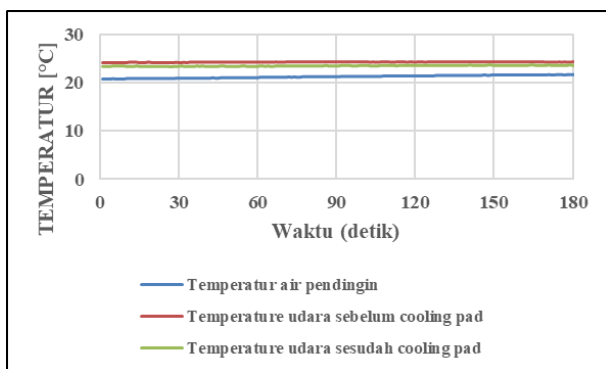
Setelah melaksanakan seluruh rangkaian eksperimen, data-data yang didapatkan diolah untuk memperoleh kinerja *air cooler* yang terdiri dari penurunan temperatur udara, kenaikan

kelembapan relatif udara dan efisiensi saturasi. Data-data hasil pengukuran temperatur dan kelembapan udara diperlihatkan pada gambar-gambar di bawah ini.

Dari pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil pembacaan sensor berupa temperatur bola kering sebelum *cooling pad* (T_{db-in}), temperatur bola kering setelah *cooling pad* ($T_{db-exit}$), kelembapan relatif udara sebelum *cooling pad* (RH_{in}), kelembapan relatif udara setelah *cooling pad* (RH_{exit}), temperatur air pendingin dan kecepatan udara. Histori pengukuran temperatur udara selama pelaksanaan eksperimen diperlihatkan pada Gambar 3 sampai Gambar 8. Histori pengukuran kelembapan relatif tidak ditampilkan dalam makalah ini, tetapi hasil pengolahannya berupa efisiensi saturasi di dalam Gambar 10 memperlihatkan adanya kenaikan dan penurunan. Hasil pengukuran temperatur dan kelembapan udara memperlihatkan tren penurunan dan peningkatan walaupun tidak begitu signifikan. Temperatur udara kering mengalami penurunan yang tidak begitu besar setelah udara menyentuh *cooling pad*.



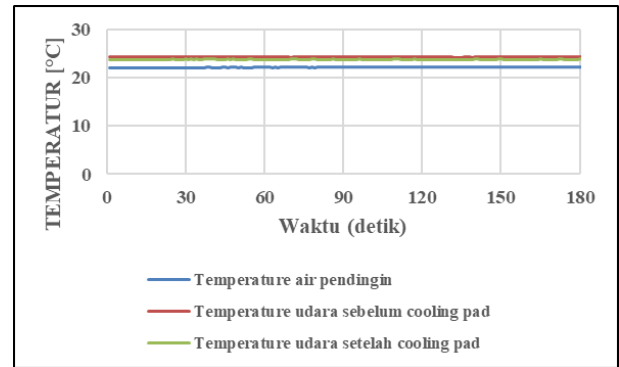
Gambar 3. Histori pengukuran temperatur udara saat kecepatan rendah dan *cooling pad* dari honeycomb



Gambar 4. Histori pengukuran temperatur udara saat kecepatan sedang dan *cooling pad* dari honeycomb

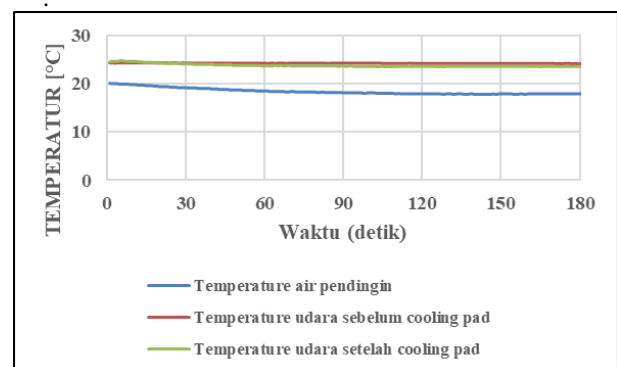
Tren kurva penurunan temperatur udara seperti yang diperlihatkan pada Gambar 9 terpengaruh juga oleh kecepatan udara. Penggunaan material *cooling pad* dari serat pelepah

pisang memiliki karakteristik berbeda dengan *cooling pad* honeycomb bawaan *air cooler*.

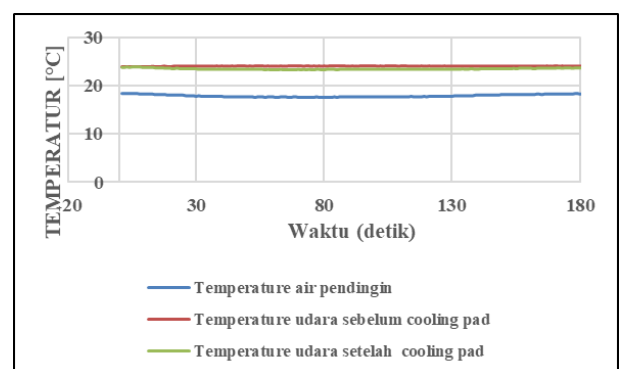


Gambar 5. Histori pengukuran temperatur udara saat kecepatan tinggi dan *cooling pad* dari honeycomb

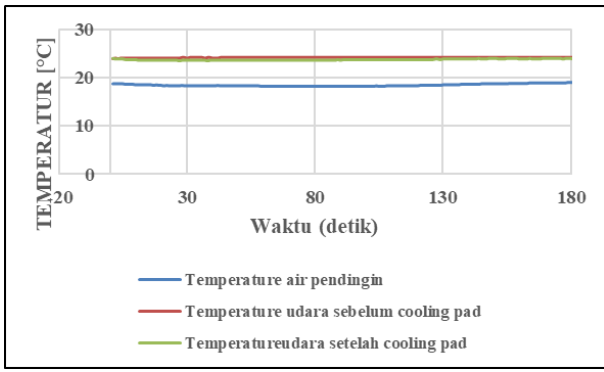
Cooling pad honeycomb memiliki *pressure drop* lebih kecil dibandingkan dengan serat pelepah pisang sehingga dapat dialirkan udara dengan kecepatan lebih tinggi. Tingkat kerapatan serat pelepah pisang tidak diatur agar memiliki *pressure drop* yang sama dengan honeycomb sehingga kinerjanya tidak dapat diperbandingkan.



Gambar.6. Histori pengukuran temperatur udara saat kecepatan rendah dan *cooling pad* dari serat pelepah pisang



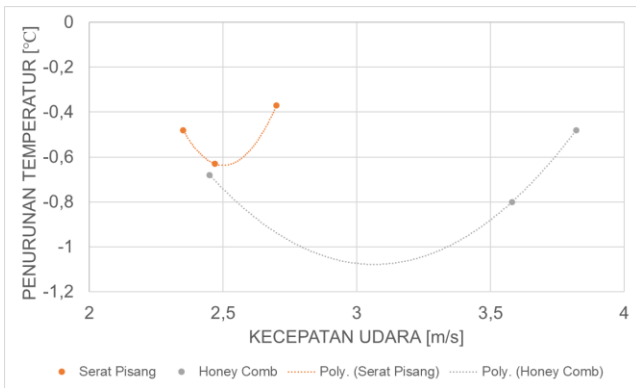
Gambar 7. Histori pengukuran temperatur udara saat kecepatan sedang dan *cooling pad* dari serat pelepah pisang



Gambar 8. Histori pengukuran temperatur udara saat kecepatan tinggi dan *cooling pad* dari serat pelepah pisang

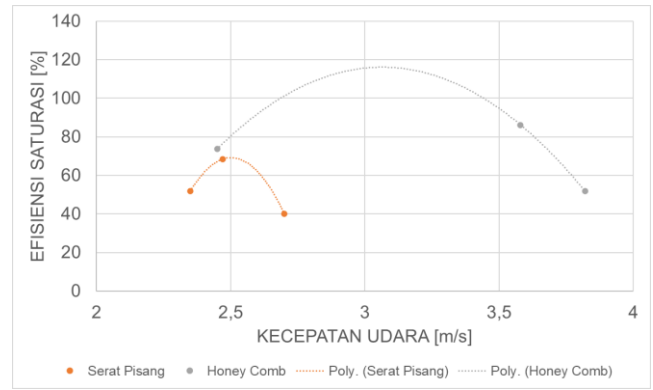
Walaupun *cooling pad* dari serat pelepah pisang terlihat lebih rapat yang memungkinkan kontak udara dengan *cooling pad* lebih lama, namun hal itu tidak menghasilkan penurunan temperatur lebih besar dibandingkan honeycomb. Penurunan temperatur terbesar pada serat pelepah pisang 0,62 °C pada kecepatan udara 2,45 m/s, sedangkan pada honeycomb penurunan temperaturnya mencapai 0,8 °C pada kecepatan udara lebih tinggi 3,6 m/s. Bagaimanapun juga *cooling pad* bawaan *air cooler* masih lebih baik.

Keunggulan honeycomb juga dapat dilihat pada karakteristik efisiensi saturasi dan nilai EER yang ada di dalam Gambar 10 dan Gambar 11. Efisiensi saturasi dan EER honeycomb berada pada rentang kecepatan udara lebih lebar. Dalam hal itu, desain *cooling pad* dari serat pelepah pisang harus diperbaiki terutama kerapatannya agar memiliki rentang kecepatan udara semakin lebar juga.

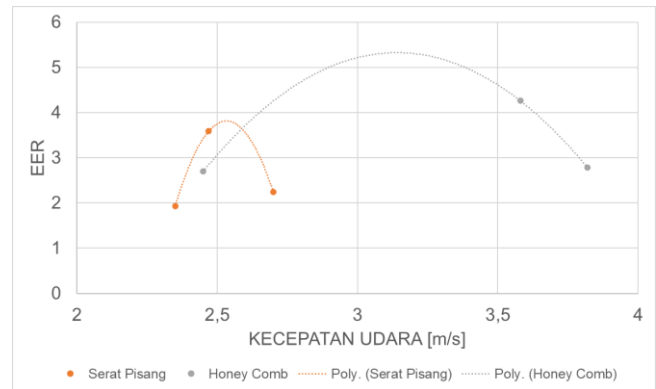


Gambar.9. Tren penurunan temperatur udara di dalam *air cooler* komersial

Dari Gambar 10, nilai efisiensi saturasi honeycomb bervariasi dari 50 – 85 %, sedangkan serat pelepah pisang hanya memiliki efisiensi dari 40 – 70%. Jika dibuat prediksi menggunakan teknik curve fitting, efisiensi saturasi honeycomb mencapai 110% sedangkan serat pelepah pisang hanya mencapai titik tertinggi di 70%.



Gambar 10. Tren efisiensi saturasi di dalam *air cooler* komersial



Gambar.11. Tren EER *air cooler* komersial

Kinerja *cooling pad* honeycomb dari sisi EER juga terlihat lebih baik dibandingkan dengan serat pelepah pisang. Gambar 11 memperlihatkan EER honeycomb mencapai nilai tertinggi 4,5 sedangkan serat pelepah pisang hanya mencapai 3,6. Jika tren menggunakan curve fitting dibuat, maka nilai EER tertinggi mencapai 5,5 untuk honeycomb dan 4,8 untuk serat pelepah pisang.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian ini sebuah *cooling pad* dari material serat pelepah pisang berhasil dibuat dan diuji pada *air cooler* komersial, kemudian dibandingkan kinerjanya dengan *cooling pad* bawaan *air cooler* berupa honeycomb. *Cooling pad* serat pelepah pisang memiliki tingkat kerapatan lebih tinggi dibandingkan dengan *honeycomb*, sehingga hanya dapat dioperasikan pada kecepatan udara lebih rendah. Walaupun dioperasikan pada kecepatan lebih rendah, penurunan temperatur udaranya tidak sebaik *honeycomb*. Demikian pula efisiensi saturasi dan EER-nya tidak setinggi *honeycomb*. Namun demikian, serat pelepah pisang memiliki potensi besar apabila akan digunakan sebagai material *cooling pad*, dapat dijadikan sebagai material alternatif bagi *evaporative cooler*.

REFERENCES

- [1] M. Manzan and O. Saro, "Numerical analysis of heat and mass transfer in a passive building component cooled by water evaporation," *Energy Build*, vol. 34, no. 4, pp. 369–375, 2002.
- [2] G. Heidarinejad, M. F. Farahani, and S. Delfani, "Investigation of a hybrid system of nocturnal radiative cooling and direct evaporative cooling," *Build Environ*, vol. 45, no. 6, pp. 1521–1528, 2010.
- [3] G. Heidarinejad, M. Bozorgmehr, S. Delfani, and J. Esmaeelian, "Experimental investigation of two-stage indirect/direct evaporative cooling system in various climatic conditions," *Build Environ*, vol. 44, no. 10, pp. 2073–2079, 2009.
- [4] D. Jain, "Development and testing of two-stage evaporative cooler," *Build Environ*, vol. 42, no. 7, pp. 2549–2554, 2007.
- [5] F. Al-Sulaiman, "Evaluation of the performance of local fibers in evaporative cooling," *Energy Convers Manag*, vol. 43, no. 16, pp. 2267–2273, 2002.
- [6] E. Sofia, N. Putra, and E. A. Kosasih, "Development of indirect evaporative cooler based on a finned heat pipe with a natural-fiber cooling pad," *Heliyon*, vol. 8, no. 12, 2022.
- [7] E. Sofia, N. Putra, and B. A. Gunawan, "Evaluation of indirect evaporative cooling performance integrated with finned heat pipe and luffa cylindrica fiber as cooling/wet media," *Journal of Advanced Research in Experimental Fluid Mechanics and Heat Transfer*, vol. 3, no. 1, pp. 16–25, 2021.
- [8] R. Maurya, N. Shrivastava, and V. Shrivastava, "Performance evaluation of alternative evaporative cooling media," *Int J Sci Eng Res*, vol. 5, no. 10, pp. 676–684, 2014.
- [9] P. A. Doğramacı, S. Riffat, G. Gan, and D. Aydın, "Experimental study of the potential of eucalyptus fibres for evaporative cooling," *Renew Energy*, vol. 131, pp. 250–260, 2019.
- [10] K. M. Octaviansyah, "Uji Performansi Air Cooler dengan Cooling Pad Berbahan Dasar Serat Nanas," 2019.
- [11] H. Sonawan, E. Sofia, and A. Ramadhan, "Assessment of direct evaporative cooler performance with a cooling pad made from banana midrib and ramie fiber," *Smart and Sustainable Built Environment*, 2020, doi: 10.1108/SASBE-06-2020-0078.
- [12] A. Ramadhan, "Uji Performansi Air Cooler dengan Cooling Pad Berbahan Dasar Serat Rami (Boehmeria Nivea S. Gaud), dan Serat Pelepah Pisang (Musa SP)," 2020.
- [13] J. G. Talarima, "Air cooler dengan mempergunakan air yang didinginkan mesin pendingin," *Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta*, 2016.
- [14] I. N. Suryana, I. N. Suarnadwipa, and H. Wijaksana, "Studi Eksperimental Performansi Pendingin Evaporative Portable Dengan Pad Berbahan Spon Dengan Ketebalan Berbeda," *J. Ilm. Tek. DESAIN Mek*, vol. 1, no. 1, p. 67, 2014.
- [15] R. P. Rachman and B. Yuniato, "Pengaruh Jenis Sprayer Terhadap Efektivitas Direct Evaporative Cooling Dengan Cooling Pad Serabut Kelapa," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 78–82, 2014.
- [16] A. A. D. Santika, H. Wijaksana, and I. K. Astawa, "Analisa performansi cooling pad tanpa saluran udara dan dengan saluran udara," *IPTEKMA J. Mhs. Univ. Udayana*, vol. 8, pp. 81–88, 2019.
- [17] M. Munaji, A. Siswanto, F. Irmansyah, and M. L. Abdullah, "Rancang Bangun Pengamanan Stop Kontak Berbasis Arduino Mega," *Mestro*, vol. 2, no. 01, pp. 1–11, 2020.
- [18] M. Baehaqi, A. Rosyid, A. Siswanto, and E. Subiyanta, "Performance Testing of DHT11 and DS18B20 Sensors as Server Room Temperature Sensors," *Mestro*, vol. 5, no. 02, pp. 6–11, 2023.