

Kinerja Mesin *Air-Water Harvester* dengan Dua Koil Evaporator

Mirmanto Mirmanto^{a*}, Syahrul Syahrul^a, Ahsani I. Sutrisno^a

^aJurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia.

*E-mail: mmirmanto@gmail.com

Abstract

In the dry season, certain areas have difficulty obtaining water for cooking or drinking. Therefore, it is necessary to present an air water harvester (AWH) machine to harvest water from the air. However, this machine is still limited in production. Various forms of evaporators have been applied to increase the productivity of water, but the machine has not yet produced sufficient water. This study examined the performance of AWH machines with two coil-shape evaporator. The performance mentioned here were the mass of water produced and the heat transfer rate from the air to the evaporator walls. In the open literature, no study like this has been found. This 2-coil evaporator in this study were tested with variations in incoming air velocity of 4 m/s, 5 m/s and 6 m/s with natural environmental conditions. The machine power used was 1 PK or 746 W. The results of this study show that the maximum water mass produced was 1.46 kg and the heat transfer rate was 360 W obtained the inlet air velocity of 5 m/s. So the increase in speed does not necessarily increase the mass of water and the heat transfer rate occurs.

Keyword: *air water harvester, inlet air velocity, mass of water, heat transfer rate*

Abstrak

Di musim kemarau, di daerah tertentu mengalami kesulitan untuk memperoleh air untuk memasak atau minum. Oleh sebab itu perlu dihadirkan mesin *air water harvester* (AWH) untuk memanen air dari udara. Namun, mesin ini masih sangat terbatas produksinya. Berbagai bentuk evaporator telah diterapkan untuk meningkatkan produktivitas airnya, namun mesin belum juga menghasilkan air yang mencukupi. Penelitian ini akan mengkaji kinerja mesin AWH dengan evaporator berbentuk koil dua buah. Kinerja mesin yang dimaksud adalah massa air yang dihasilkan dan perpindahan panas dari udara ke dinding-dinding evaporator. Di literatur terbuka belum ditemukan penelitian seperti ini. Evaporator 2 koil ini akan dites dengan variasi kecepatan udara masuk yaitu 4 m/s, 5 m/s dan 6 m/s dengan kondisi lingkungan natural. Daya mesin yang digunakan adalah 1 PK atau 746 W. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa air yang dihasilkan maksimal 1,46 kg dan perpindahan panasnya 360 W yang didapatkan pada kecepatan 5 m/s. Jadi kenaikan kecepatan belum tentu meningkatkan massa air dan perpindahan panas yang terjadi.

Kata kunci: *air water harvester, kecepatan udara masuk, massa air, perpindahan panas*

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang mempunyai dua musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Pada musim kemarau sebagian wilayah Indonesia mengalami kekeringan yang mengakibatkan sulitnya mendapatkan air bersih atau dikonsumsi. Hal tersebut menjadi salah satu masalah bagi masyarakat di wilayah tersebut. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menghadirkan alat penghasil air dari udara yang disebut mesin *air water harvester* (AWH).

AWH banyak modelnya seperti memanen air dari udara menggunakan jaring [1], Jarimi dkk. [2] dan Verbrugge dan Khan [3], memanen air dari udara menggunakan kincir angin [4-5] dan memanen air dari udara menggunakan mesin pendingin. Yang paling mudah, murah, sederhana dan dapat digunakan oleh siapapun dan di manapun adalah pemanen air dari udara menggunakan mesin pendingin, Mirmanto dkk [6-8]. Mesin AWH dengan menggunakan mesin pendingin telah banyak diteliti seperti oleh Mirmanto dkk [6-8], Winata [9], Najib [10], Faroni [11], Irhami [12], Handaru [13], dan Mari [14]. Namun, penelitian yang telah dilakukan tersebut belum mampu menghasilkan air dalam kapasitas yang banyak. Penelitian Najib [10] hanya menghasilkan air sebanyak 1,11 kg selama 7 jam, Irhami [12] menghasilkan air sebanyak 1.241 kg selama 7 jam, sedangkan penelitian Mirmanto dkk [6], Winata [9], Faroni [11], dan Handaru [13] masing-masing hanya mampu menghasilkan 0,51 kg, 0,504 kg, 0,369 kg dan 0,653 kg. Hasil tersebut lebih sedikit dibandingkan dengan Najib [10] dan Irhami [12]. Oleh sebab itu, mesin penghasil air ini masih sangat perlu untuk dikembangkan guna meningkatkan produksi air yang dihasilkan terutama dari bentuk evaporator dan variabel kecepatan udara masuk.

Seperti dijelaskan oleh Mirmanto dkk. [15], beberapa faktor yang mempengaruhi banyak sedikitnya massa air yang dihasilkan adalah RH udara masuk, suhu udara masuk, konstruksi evaporator, luasan evaporator, diameter pipa evaporator dan kecepatan udara masuk. Penelitian kali ini menggunakan evaporator berbentuk koil sebanyak dua buah, mengingat belum ada yang meneliti evaporator koil untuk mesin AWH. Diameter pipa evaporator yang digunakan adalah 6,35 mm, sedangkan diameter koilnya 80 mm, dan jumlah koil 26 tiap evaporator (jumlah evaporator 2). Kecepatan udara yang digunakan divariasikan antara 4 m/s, 5 m/s, dan 6 m/s. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kinerja mesin *air water harvester* dengan dua evaporator koil pada berbagai variasi kecepatan udara. Kinerja yang dimaksud adalah massa air yang dihasilkan dan banyaknya kalor yang diserap dari udara dan hasilnya dibandingkan dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya.

Gap atau perbedaan dengan penelitian sebelumnya seperti dilakukan oleh Faroni [11], Irhami [12], Handaru [13] adalah terletak pada kondensornya dan aliran udaranya. Pada penelitian Faroni [11], aliran udaranya terjadi secara alami tanpa menggunakan kipas dan kondensornya terbuat dari kondensor kulkas U8. Oleh sebab itu, supaya hasil airnya lebih banyak, pada penelitian ini menggunakan aliran udara paksa. Pada penelitian Irhami [12] menggunakan kondensor showcase dengan kipas dan evaporatornya jenis parallel, namun hasil airnya juga masih rendah. Pada penelitian handaru [13], evaporator yang digunakan sama-sama berbentuk koil hanya satu buah, tetapi variasi yang digunakan adalah posisi evaporator dan hasil airnya pun juga masih rendah. Untuk itulah guna meningkatkan massa air yang dihasilkan, maka penelitian ini menggunakan variasi kecepatan udara dengan evaporator 2 buah.

2. Material dan metode penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen dengan bahan-bahan yang digunakan adalah refrigeran dan udara. Sedangkan alat alat yang digunakan diantaranya adalah mesin AWH dan alat ukur suhu serta RH.

Kunci utama mesin ini adalah pada proses pengembunan yang terjadi pada evaporator. Namun, pada penelitian ini tidak dibahas secara detail tentang mekanisme pengembunan yang terjadi pada evaporator secara khusus dan detail sebab yang diutamakan pada penelitian ini adalah hasil massa air yang dihasilkan dan perpindahan panas dari udara ke dinding evaporator. Disamping itu, jika ingin mengetahui mekanisme pengembunan secara detail dapat dilihat pada Incropera dkk. [16]. Untuk itu penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yaitu menggunakan alat penelitian yang dijalankan dengan variable bebas kecepatan udara masuk pada kondisi ruangan yang natural atau tidak dikondisikan. Variasi kecepatan udara masuk yang digunakan adalah 4 m/s, 5 m/s, dan 6 m/s. Pemilihan kecepatan ini disesuaikan dengan penelitian sebelumnya dengan bentuk evaporator yang berbeda. Skema alat penelitian disajikan pada gambar 1.

Komponen mesin AWH ini adalah kondensor, kompresor, pipa kapiler, kotak evaporator, evaporator, kipas sentrifugal dan bak penampung embun yang menetes serta alat ukur suhu dan kelembaban relatif udara (RH). Udara masuk melalui kipas dua buah dikanan kiri kotak sebelah atas, sedangkan bagian bawah kipas dimatikan namun itu merupakan tempat keluar udara dari kotak evaporator. Kecepatan udara masuk diukur menggunakan anemometer digital model Anemometer Data Logger Benetech GT8907 Wind Meter Flow Air Tester 8907 di sisi inlet kipas. Air tawar yang dihasilkan ditimbangan dengan menggunakan timbangan digital model Benz BZ-030. Semua suhu dicatat menggunakan data logger Applent AT45-32 channel dengan termokopel sebagai sensornya bertipe K dan akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Cara kerja mesin mirip dengan cara kerja mesin AC (air conditioning), yaitu mesin menggunakan fluida kerja refrigeran R134a yang ramah lingkungan. Refrigeran ini mengalir dari evaporator menuju kompresor dan setelah melalui kompresor refrigeran berubah menjadi uap panas lanjut dan menuju kondensor. Di kondensor, uap refrigeran ini dibuang panasnya dan berubah menjadi cairan refrigeran dengan suhu dan tekanan tinggi. Kemudian refrigeran cair ini mengalir melalui pipa kapiler sehingga tekannya menurun dan suhu juga menurun dan wujudnya berubah menjadi campuran uap dan cairan refrigeran. Campuran uap dan cairan refrigeran menuju evaporator untuk menyerap panas dari udara yang mengalir bersentuhan dengan dinding-dinding evaporator. Setelah menyerap panas refrigeran berubah menjadi uap jenuh/panas lanjut dan kembali mengalir menuju kompresor. Daya kompresor yang digunakan adalah 1 PK (746 W).

Di bagian luar dinding evaporator mengalir udara yang dihembuskan menggunakan kipas sentrifugal yang dipasang pada bagian atas kotak evaporator. Akibat dari dinding evaporator yang dingin, maka uap air yang terbawa oleh udara sebagian akan mengembun dan embunnya mentes secara kontinyu menuju kotak penampungan embun. Kotak penampung embun ini ditimbang setiap jam untuk mengetahui massa air yang dihasilkan per jamnya. Uap air yang tidak terembunkan bersama udara mengalir keluar lewat lubang kipas bagian bawah.

Untuk memperoleh perpindahan panas dari udara ke dinding evaporator diperlukan beberapa persamaan. Laju aliran massa embun dapat ditentukan dengan persamaan (1) yang dapat dilihat pada Mirmanto dkk [17].

$$\dot{m}_a = \frac{m_d}{t} \quad (1)$$

$\dot{m}_a$ adalah laju aliran massa air embun (kg/s), m_d adalah massa air embun total (kg) dan t adalah waktu lamanya percobaan (s). Sementara itu, laju massa udara total dapat dihitung menggunakan persamaan (2).

$$\dot{m}_t = \rho AV \quad (2)$$

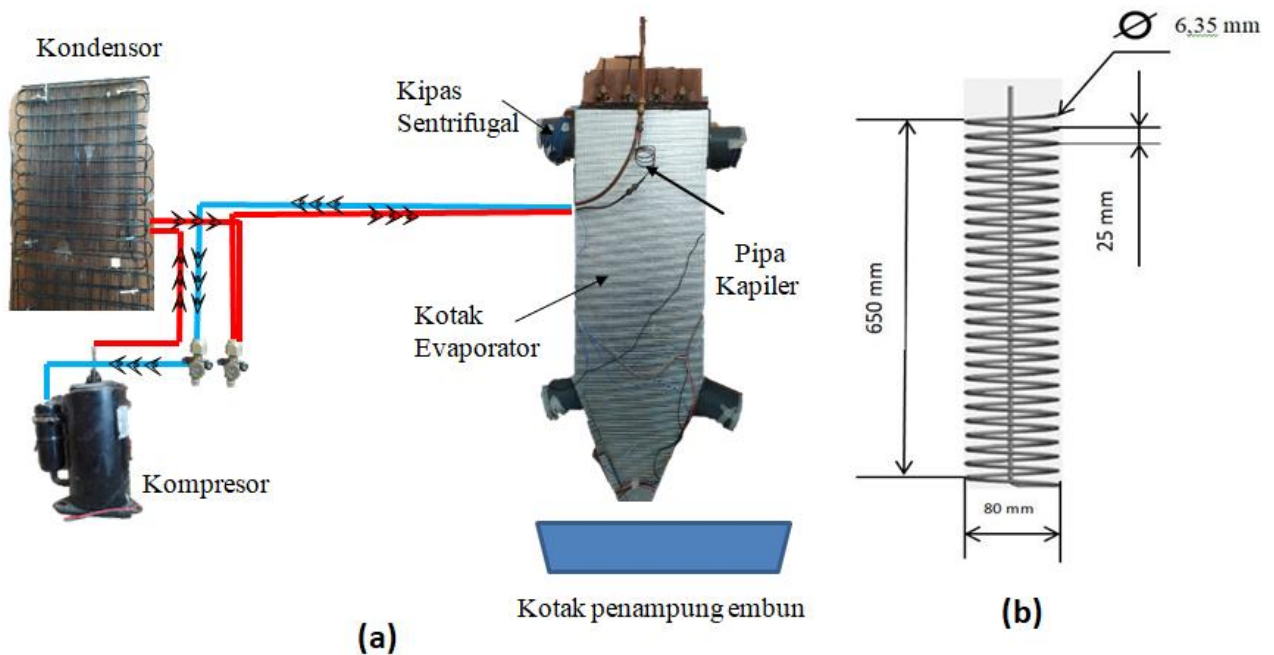
$\dot{m}_t$ adalah laju aliran massa udara total (kg/s), ρ menyatakan densitas udara (kg/m³) yang didapatkan dari tabel udara tekanan atmosfer berdasarkan suhu udara masuk. V menyatakan kecepatan udara masuk (m/s) yang diatur dengan mengubah putaran kipas sentrifugal dan diukur langsung menggunakan anemometer digital. A menyatakan luasan lubang udara masuk (m²) yaitu lubang masuk pada kipas sentrifugal tersebut. Untuk dapat menghitung perpindahan panas dari udara kering dan dari uap air maka perlu diketahui laju aliran udara kering dan uap air. Laju aliran udara kering dapat dihitung dengan persamaan (3).

$$\dot{m}_{da} = \frac{\dot{m}_t}{w + 1} \quad (3)$$

$\dot{m}_{da}$ adalah laju aliran udara kering (kg/s), w adalah bagian uap air di dalam udara (kg/kg_{udara kering}), dan w didapat dari *psychrometric chart online* [17], berdasarkan suhu dan RH udara masuk. Laju aliran massa uap dapat dihitung berdasarkan persamaan (4).

$$\dot{m}_v = w \dot{m}_{da} \quad (4)$$

$\dot{m}_v$ adalah laju aliran massa uap (kg/s).



Gambar 1. Skema alat penelitian; (a) AWH dan komponennya, (b) evaporator koil yang letaknya di dalam kotak evaporator dan ada 2 buah.

Laju perpindahan panas dari udara ke dinding evaporator dapat dibedakan menjadi tiga hal yaitu perpindahan panas dari embun, perpindahan panas dari udara kering dan perpindahan panas dari uap air. Laju perpindahan panas dari embun dapat dinyatakan dengan persamaan (5).

$$\dot{Q}_d = \dot{m}_d h_{fg} \quad (5)$$

$\dot{Q}_d$ adalah laju perpindahan panas dari embun (W). Kemudian laju aliran panas dari udara kering ke dinding evaporator dapat diprediksi dengan persamaan (6).

$$\dot{Q}_{da} = \dot{m}_{da} (h_i - h_o) \quad (6)$$

$\dot{Q}_{da}$ adalah laju aliran panas dari udara kering ke dinding evaporator (W), h_i dan h_o menyatakan entalpi masuk dan keluar (J/kg_{da}) yang didapatkan dari [18] dengan inputan suhu udara masuk dan keluar serta RH udara masuk dan keluar. Kemudian laju aliran panas dari uap air ke dinding evaporator dinyatakan dengan persamaan (7).

$$\dot{Q}_v = \dot{m}_v c_{pv} (T_i - T_o) \quad (7)$$

$\dot{Q}_v$ adalah laju aliran panas dari uap air ke dinding evaporator (W). T_i dan T_o adalah suhu udara masuk dan keluar ke dan dari mesin (°C). Dengan demikian total perpindahan panasnya adalah

$$\dot{Q}_t = \dot{Q}_d + \dot{Q}_{da} + \dot{Q}_v$$

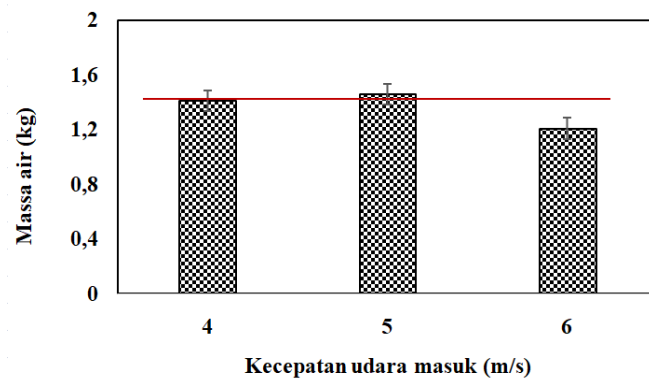
(8)

$\dot{Q}_t$ adalah laju perpindahan total dari udara ke dinding evaporator (W).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang telah dilakukan menggunakan mesin AWH siklus kompresi uap yang bertujuan untuk mengetahui hubungan kecepatan udara masuk dengan massa air yang dihasilkan dan perpindahan panas total yang diserap oleh evaporator dari udara ($\dot{Q}_t$). Pengambilan data dilakukan dengan variasi kecepatan udara masuk yaitu 4 m/s, 5 m/s, dan 6 m/s. Hasil penelitian ditunjukkan dalam bentuk grafik untuk mempermudah analisis.

Gambar 2 menunjukkan hasil massa air yang dihasilkan pada berbagai kecepatan udara masuk. Ternyata massa air yang paling banyak diperoleh pada kecepatan udara masuk 5 m/s yaitu 1,46 kg. Sedangkan pada kecepatan 4 m/s, massa air yang dihasilkan sebanyak 1,41 kg dan pada kecepatan udara masuk 6 m/s, massa air yang dihasilkan sebanyak 1,21 kg. Namun, jika error bar diperhitungkan maka untuk kecepatan udara 4 m/s dan 5 m/s tidak berpengaruh terhadap massa air yang dihasilkan, karena kaki-kaki error bar masih bersentuhan dengan garis horizontal yang sama. Sedangkan untuk kecepatan 6 m/s massa air yang dihasilkan lebih sedikit dan signifikan bedanya sebab kaki error barnya tidak menyentuh garis horizontal. Hasilnya mengindikasikan bahwa pada kecepatan 4 m/s dan 5 m/s lebih besar dari pada kecepatan 6 m/s. Hal ini bisa saja terjadi jika kecepatan meningkat maka udara yang melalui evaporator lebih cepat sehingga belum sempat mengembun sudah harus meninggalkan evaporator. Jadi sepertinya setiap bentuk evaporator ada kecepatan udara yang optimal, jika kecepatan sudah melewati kecepatan optimal tersebut maka hasil embunya malah menurun.



Gambar 2. Massa air rata-rata dari 3 variasi kecepatan udara masuk.

Firdaus [19] pada penelitiannya yang berjudul “Unjuk kerja mesin AWH dengan unit pengembun shell-spiral pada berbagai kecepatan udara masuk” menunjukkan bahwa rata-rata massa air tertinggi didapatkan pada variasi kecepatan udara 5 m/s sebanyak 0,622 kg. Handaru [13] melakukan penelitian tentang pengaruh posisi evaporator koil terhadap kinerja mesin AWH konveksi paksa. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa massa air yang dihasilkan tertinggi sebanyak 0,653 kg dengan menggunakan variasi posisi vertikal dengan kecepatan udara masuk 5 m/s. Jadi penelitian ini menghasilkan air yang lebih banyak dari Handaru [13] dan Firdaus [19] dengan bentuk evaporator yang sama, namun jumlah evaporatornya 2 buah. Oleh sebab itu, seandainya pada penelitian ini menggunakan single evaporator maka kurang lebihnya hasil yang didapatkan sama. Berdasarkan jumlah massa air yang dihasilkan pada penelitian Handaru [13] sebanyak 0,653 kg dan Firdaus [19] sebanyak 0,622 kg dan dapat disimpulkan bahwa pada penelitian kali ini menunjukkan hasil rata-rata massa air yang lebih banyak dibandingkan penelitian sebelumnya yaitu sebesar 1,46 kg, hal ini kemungkinan terjadi karena beberapa faktor diantaranya :

a. Jumlah evaporator.

Pada penelitian sebelumnya hanya menggunakan 1 unit evaporator, sedangkan pada penelitian kali ini menggunakan 2 unit evaporator sehingga komponen yang mengembunkan uap air dari udara lebih banyak dan proses pengembunan lebih maksimal, kemungkinan itulah yang menyebabkan massa air yang dihasilkan pada penelitian kali ini lebih banyak dari penelitian sebelumnya.

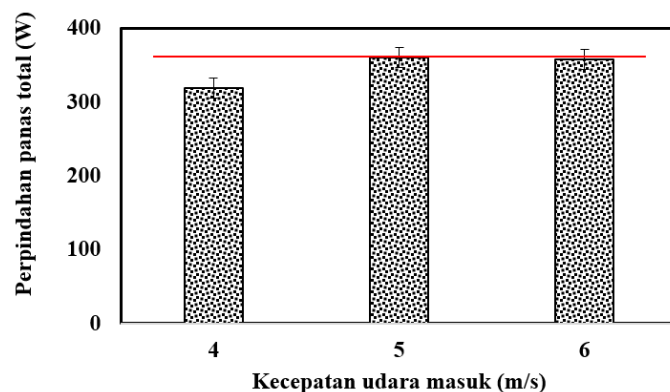
b. Jumlah kipas.

Pada penelitian sebelumnya kipas yang digunakan hanya 1 unit, sedangkan pada penelitian kali ini menggunakan 2 unit kipas sehingga udara yang dihisap oleh kipas dari udara luar ke dalam kotak evaporator lebih banyak, maka uap air yang akan diembunkan juga lebih banyak.

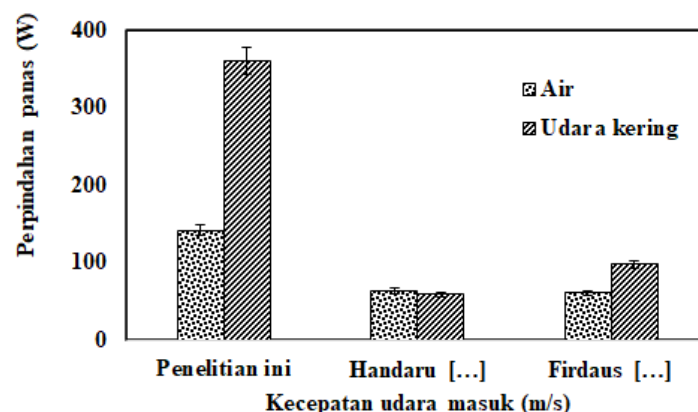
Hasil hitungan perpindahan panas berdasarkan data dari percobaan yaitu yang dihitung menggunakan persamaan (1-9) disajikan pada gambar 3. Tren perpindahan panas total justru berbeda sedikit. Laju perpindahan panas yang terbanyak terjadi pada kecepatan 5 m/s, namun dengan analisis error bar 5%, perbedaan perpindahan panas pada

kecepatan 5 m/s dan 6 m/s tidak signifikan sebab kaki-kaki error bar masih menyentuh garis horizontal yang sama. Sedangkan pada kecepatan 4 m/s, laju perpindahan panasnya jauh lebih rendah dan sangat signifikan bedannya dengan laju perpindahan panas pada kecepatan 5 m/s dan 6 m/s. Hal ini bisa terjadi akibat dari dominasi laju perpindahan panas udara kering. Semakin cepat aliran udara maka laju aliran massa udara kering semakin meningkat yang menyebabkan perpindahan panasnya juga meningkat. Namun, jika kecepatan dinaikan lebih tinggi lagi maka laju perpindahan panas udara kering justru akan turun sebab udara belum sempat untuk memindahkan panasnya ke dinding evaporator tetapi sudah harus meninggalkan evaporator. Ini bisa juga dilihat dari suhu udara keluar yang tidak cukup rendah untuk kecepatan udara masuk yang tinggi. Oleh sebab itu, dari percobaan ini kemungkinan besar kecepatan 5 m/s adalah kecepatan optimal yang menghasilkan perpindahan panas maksimal dan massa air yang maksimal juga.

Laju aliran panas total yang dihasilkan pada penelitian Handaru [13] sebesar 124,16 W dan Firdaus [19] sebesar 161,71 W. Dapat disimpulkan bahwa penelitian ini menunjukkan hasil laju aliran panas total yang diserap evaporator dari udara sebesar 360 W lebih tinggi dibandingkan penelitian Handaru [13] dan Firdaus [19] dan hal ini terjadi karena laju perpindahan panas udara kering dan dari air lebih tinggi, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 3. Hubungan kecepatan udara masuk dengan laju perpindahan panas total.



Gambar 4. Perpindahan panas dari udara kering dan air yang dihasilkan dibandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya.

Gambar 4 menunjukkan bahwa hasil penelitian ini lebih banyak dibandingkan dengan penelitian Handaru [13] dan Firdaus [19]. Namun demikian hal tersebut disebabkan oleh jumlah evaporator yang lebih banyak, jumlah kipas juga lebih banyak sehingga luas perpindahan panas evaporator pada penelitian ini lebih tinggi dan luasan lubang udara masuk juga lebih luas. Konsekuensinya menghasilkan perpindahan panas dan air yang lebih banyak.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis tentang pengaruh kecepatan udara terhadap kinerja mesin AHW dengan dua evaporator koil didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada variasi kecepatan udara masuk 5 m/s menghasilkan massa air tertinggi sebanyak 1,46 kg.
2. Laju aliran panas udara total yang diserap oleh evaporator tertinggi terjadi pada variasi kecepatan udara masuk 5 m/s sebesar 360 W.
3. Kecepatan udara 5 m/s direkomendasikan jika yang dijadikan acuan adalah hasil massa air yang dihasilkan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada DRPM 2021-2023 atas dana yang diberikan dan kepada Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram atas fasilitas yang digunakan dan kepada semua pihak yang berkontribusi dalam pembuatan paper ini.

Daftar Pustaka

- [1] Thavalengal, M.S., Jamil, M.A., Mehroz, M., Xu, B.B., Yaqoob, H., Sultan, M., Imtiaz, N., Shahzad, M.W., 2023, "Progress and prospects of airwater harvesting system for remote areas: a comprehensive review," *Energies*, 16: 2686.
- [2] Jarimi, H., Powell, R., Riffat, S., 2020, "Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting," *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 15: 253–276.
- [3] Verbrughe, N., Khan, A.Z., 2023, "Water harvesting through fog collectors: a review of conceptual, experimental and operational aspects," *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 18: 392–403.
- [4] Solic-Chaves, J.S., Rocha-Osorio, C.M., Murari, A.L.L., Lira, V.M., Filho, A.J.S., 2018, "Extracting potable water from humid air plus electric wind generation: A possible application for a Brazilian prototype," *Renewable Energy*, 121: 102-115.
- [5] Wang, Y., Liang, X., Ma, K., Zhang, H., Wang, X., Xin, J.H., Zhang, Q., Zhu, Z., 2019, "Nature-Inspired Windmill for Water Collection in Complex Windy Environments," *ACS Appl Mater Interfaces*, 11(19): 17952-17959.
- [6] Mirmanto, M., Syahrul, S., Wijayanta, A.T., Mulyanto, A., Winata, L.A., 2021, "Effect of evaporator numbers on water production of a free convection air- water harvester," *Jurnal Case Studies In Thermal Engineering*, 72: 1-11.
- [7] Mirmanto, M., Syahrul, S., Wijayanta, A.T., 2023, "Effect of evaporator diameters on performances of a custom air water generator," *Frontiers in heat and mass transfer*, 20: 1-7.
- [8] Mirmanto, M., Alit, I.B., Maulana, A., 2024, "Kinerja mesin air water harvester dengan evaporator koil pada berbagai kecepatan udara masuk," *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*, 14: 98-105.
- [9] Winata, L.A., 2021, "Pengaruh jumlah pipa evaporator vertikal terhadap laju aliran massa air yang diembunkan dari udara," *Skripsi*, Universitas Mataram.
- [10] Najib, A.A., 2021, "Pengaruh variasi panjang pipa kapiler terhadap air yang dihasilkan dari udara menggunakan sistem kompresi uap," *Skripsi*, Universitas Mataram.
- [11] Faroni, A., 2022, "Pengaruh diameter pipa unit pengembun terhadap massa air yang dihasilkan dari air-water harvester," *Skripsi*, Universitas Mataram.
- [12] Irhami, G., 2023, "Pengaruh kecepatan udara masuk terhadap massa air yang dihasilkan pada mesin *air water harvester* dengan kipas di sisi *inlet*," *Skripsi*, Universitas Mataram.
- [13] Handaru, Z.T., 2023, "Pengaruh posisi evaporator koil terhadap kinerja mesin *air-water harvester* konveksi paksa," *Skripsi*, Universitas Mataram.
- [14] Mari, A.K., 2024, "Pengaruh kecepatan udara masuk terhadap massa air dan perpindahan panas pada mesin *air water harvester* 0,5 pk," *Skripsi*, Universitas Mataram.
- [15] Mirmanto, M., Wirawan, M., Mulyanto, A., Joniarta, I.W., Najib, A., Lestari, D.D., Winata, L.A., Faroni, A., Azari, A., 2024, "Mesin air-water harvester menggunakan sistem refrigerasi," *Pustaka Bangsa*, Mataram, NTB.
- [16] Incropera, F.P., Dewitt, D.P., Bergman, T.L., Lavine, A.S., 2006, "*Fundamental of heat and mass transfer*," Sixth Edition, John Wiley and Sons, USA.
- [17] Mirmanto, M., Wirawan, M., Mulyanto, A., Joniarta, I.W., Najib, A., Lestari, D.D., Winata, L.A., Faroni, A., Azari, A., 2024, "*Mesin air-water harvester menggunakan sistem refrigerasi*," *Pustaka Bangsa*, Mataram.
- [18] <http://www.hvac-calculator.net/index.php?v=2>, diakses: 1 April 2025.
- [19] Firdaus, L., 2022, "Unjuk kerja mesin air-water harvester dengan unit pengembun shell-spiral pada berbagai kecepatan udara masuk," *Skripsi*, Universitas Mataram.