

KINERJA MESIN AIR-WATER HARVESTER DENGAN SUSUNAN EVAPORATOR PARALEL PASA BERBAGAI KECEPATAN UDARA MASUK

PERFORMANCE OF AN AIR-WATER HARVESTER WITH PARALLEL EVAPORATORS AT SEVERAL AIR INLET VELOCITIES

Mirmanto*, Nurchayati, Nurpatricia, Ahmad Sofa Amrillah

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, +6282111738971

*Corresponding author

E-mail addresses: mmirmanto@gmail.com

<https://doi.org/10.29303/empd.v5n1.307-315>

Received 10 April 2026; Received in revised form 5 May 2026; Accepted 10 May 2026

ABSTRACT

During the dry season, several regions in Indonesia experience drought conditions and limited access to clean water. An air-water harvester system offers a potential solution, as it utilizes flexible air conditioning (AC) components and can be implemented in various locations provided that an adequate power supply is available. This study aims to investigate the effect of inlet air velocity on water production and heat transfer rate in an air-water harvester system. An experimental approach was employed with inlet air velocity variations of 0 m/s, 1.5 m/s, and 3 m/s. The system utilized three evaporators constructed from 12U refrigerator condensers, a 1 PK compressor, and R-134a refrigerant. Experiments were conducted over a period of nine days, from 09:00 to 16:00 each day. The results indicate that increasing inlet air velocity enhances both water production and heat transfer rate. The highest average water yield was 1.676 kg over a 7-hour period at an air velocity of 3 m/s. In addition, the maximum average total heat transfer rate absorbed by the evaporator reached 295.98 W under the same air velocity condition.

Keywords: Air-water harvester, Inlet air velocity, Water mass, Heat transfer rate

1. Pendahuluan

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Namun, beberapa wilayah di Indonesia masih menghadapi permasalahan kekeringan dan keterbatasan akses terhadap air bersih, terutama pada musim kemarau. Kondisi ini menunjukkan bahwa ketersediaan air bersih belum merata dan masih menjadi tantangan serius di berbagai daerah [1]. Selain itu, kualitas sumber air yang tersedia juga mengalami penurunan akibat pencemaran yang berasal dari limbah industri, pertanian, dan rumah tangga, sehingga semakin memperburuk krisis air bersih [2].

Permasalahan tersebut mendorong perlunya pengembangan sumber alternatif air bersih yang inovatif dan berkelanjutan, salah satunya melalui teknologi penangkapan air dari udara (*atmospheric water harvesting*). Teknologi ini memanfaatkan kandungan uap air di udara untuk dikondensasikan menjadi air cair yang dapat digunakan. Terdapat beberapa metode dalam teknologi ini, antara lain jaring penangkap kabut (*fog trapping nets*), kincir angin penangkap air, serta alat pemanen air berbasis siklus kompresi uap (*vapor-compression cycle*).

Di antara berbagai metode tersebut, *air-water harvester* berbasis siklus kompresi uap memiliki keunggulan dalam hal fleksibilitas dan kemampuannya untuk dioperasikan di berbagai lokasi, selama tersedia sumber energi yang memadai. Sistem ini umumnya memanfaatkan komponen pendingin udara (*air conditioning*) seperti kompresor, kondensor, dan evaporator untuk menghasilkan proses kondensasi uap air secara efektif [3].

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa performa *air-water harvester* sangat dipengaruhi oleh desain dan konfigurasi evaporator serta kondisi aliran udara masuk. Penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya [4-6] menunjukkan bahwa massa air yang dihasilkan relatif rendah, yang disebabkan oleh keterbatasan luas permukaan evaporator sehingga proses perpindahan panas dan kondensasi tidak optimal. Sebaliknya, penelitian skala lebih besar yang dilakukan beberapa peneliti [7-8] menunjukkan peningkatan signifikan pada massa air yang dihasilkan melalui penggunaan evaporator dengan desain sirip terpisah (*split-fin*) serta variasi kecepatan aliran udara yang lebih tinggi.

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, peningkatan kinerja *air-water harvester* dapat dicapai melalui optimasi desain evaporator dan pengaturan kecepatan udara masuk. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kecepatan udara masuk sebesar 0 m/s, 1,5 m/s, dan 3 m/s terhadap massa air yang dihasilkan. Sistem yang digunakan terdiri dari tiga evaporator yang dimodifikasi dari kondensor kulkas 12U dan disusun secara paralel untuk meningkatkan luas permukaan perpindahan panas. Selain itu, sistem ini didukung oleh kompresor rotary berdaya 1 PK dan menggunakan refrigeran R-134a.

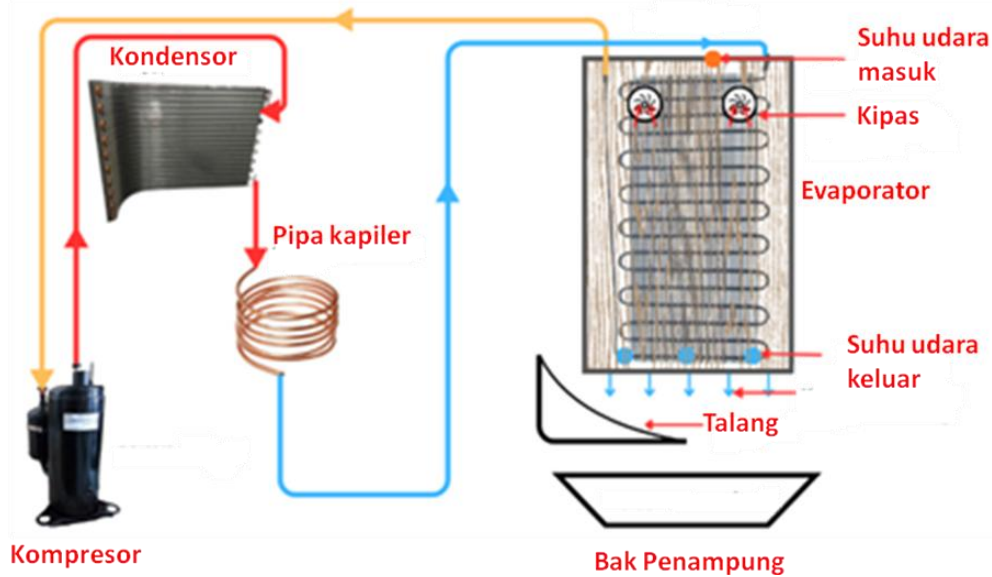
Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan kapasitas kondensasi secara signifikan serta memberikan kontribusi dalam pengembangan teknologi alternatif penyediaan air bersih yang lebih efisien dan aplikatif di berbagai kondisi lingkungan.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental menggunakan mesin *air-water harvester* dengan susunan evaporator paralel. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kecepatan udara masuk sebesar 0 m/s, 1,5 m/s, dan 3 m/s. Peralatan yang digunakan meliputi kipas sentrifugal, kondensor, evaporator, pipa kapiler, kompresor, data logger, anemometer, higrometer, barometer, termokopel, power meter, pompa vakum, timbangan digital, wadah air, talang, dan manifold gauge. Bahan yang digunakan adalah refrigeran R-134a dan udara.

Tahapan pengujian dimulai dengan menyalakan data logger dan membiarkannya merekam seluruh suhu. Selanjutnya, dicatat seluruh suhu dan kelembapan relatif (RH) saat mesin belum beroperasi. Kipas sentrifugal kemudian dinyalakan dan kecepatan udara masuk diatur menggunakan potensiometer, misalnya sebesar 1,5 m/s, dengan toleransi kecepatan $1,5 \pm 0,2$ m/s. Setelah itu, mesin *air-water harvester* dihidupkan. Selama pengujian, dilakukan pencatatan setiap satu jam terhadap seluruh suhu, kelembapan relatif (RH), kecepatan udara masuk, daya kompresor, daya kipas sentrifugal, serta massa air yang dihasilkan. Semua suhu diukur menggunakan termokopel tipe K yang langsung dihubungkan dengan data logger Applent A45-24 dan termokopel sudah dikalibrasi hingga errornya berkisar $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Ketika mesin sudah hidup, maka permukaan evaporator menjadi dingin dan mencapai suhu di bawah titik embun. Oleh sebab itu uap air yang terbawa oleh aliran udara masuk sebagian mengembun dan menetes secara terus menerus dan terkumpul di dalam bak penampung. Suhu udara masuk diukur pada sisi masuk di depan lubang udara masuk dan sama dengan suhu udara sekitar lubang masuk. Sedangkan suhu udara keluar diukur pada sisi keluaran yaitu di bawah evaporator. Demikian pula hygrometer untuk udara masuk dipasang pada sisi inlet dan yang keluar di bawah evaporator. Oleh sebab itu akhirnya diperoleh data-data suhu dan kelembapan udara masuk dan keluar.



Gambar 1 Skema alat penelitian

Untuk menganalisis hasil percobaan maka beberapa persamaan harus digunakan dan metode analisis yang digunakan adalah metode grafis yaitu dengan menggunakan kaki-kaki error bar yang diberi garis horizontal melalui titik tengah kaki-kaki error bar. Jika kaki-kaki error bar dari grafik berbentuk bar saling menyinggung garis horizontal maka perbedaan hasil dari kecepatan udara yang berbeda-beda dikatakan tidak signifikan. Namun, bila kaki-kaki error bar tidak saling bersinggungan dengan garis horizontal, maka perbedaan hasil dikatakan signifikan.

Persamaan persamaan yang digunakan adalah terdiskripsi sebagai berikut. Yang pertama adalah menentukan laju aliran massa air yang dihasilkan yaitu menggunakan Persamaan (1).

$$\dot{m}_w = m_w / t \tag{1}$$

\dot{m}_w adalah laju aliran massa air yang dihasilkan (kg/s), m_w adalah massa air yang dihasilkan dalam percobaan dan diketahui dengan cara menimbang menggunakan timbangan digita (kg). Sementara variable t menyakan lamanya mesin hidup untuk menghasilkan air (s). Laju aliran total udara masuk dapat dinyatakan dengan Persamaan (2).

$$\dot{m}_t = \rho AV \tag{2}$$

\dot{m}_t adalah laju aliran massa total udara (kg/s), ρ adalah massa jenis udara (kg/m³), A adalah luasan frontal lubang udara masuk (m²) dan V adalah kecepatan udara masuk (m/s) yang diukur menggunakan anemometer digital. Untuk mencari laju aliran uap air yang masuk, perlu data suhu udara masuk dan kelembaban relative udara masuk. Data suhu dan kelembaban ini kemudian diinputkan ke dalam *online pshycometeric chart*, <http://www.hvac-calculator.net/index.php?v=2> [9]. Dari *online pshycometeric chart* diperoleh bagian uap air yang masuk dengan symbol w dengan satuan (kg/kg_{udara kering}). Laju udara total masuk akan sama dengan laju udara kering dan uap air masuk secara bersamaan sehingga laju udara total masuk merupakan jumlah dari laju aliran udara kering dan laju uap air dan ditulis sebagai:

$$\dot{m}_t = \dot{m}_{da} + \dot{m}_v \tag{3}$$

$$\dot{m}_v = w\dot{m}_{da} \tag{4}$$

$$\dot{m}_t = \dot{m}_{da} + w\dot{m}_{da} \tag{5}$$

$$\dot{m}_{da} = \dot{m}_t / (1 + w) \tag{6}$$

\dot{m}_v adalah bagian uap air yang terdapat di dalam aliran udara masuk mesin (kg/s), dan \dot{m}_{da} adalah laju aliran massa udara kering (kg/s). Persamaan 1 sampai dengan 6 dapat dilihat pada Mirmanto dkk. Buku [10-11] dan dapat dilihat pada Amrillah [12]. Persamaan 1 sampai dengan 6 juga merupakan kunci untuk menghitung perpindahan panas dari udara ke dinding evaporator luar.

Laju perpindahan panas dari udara ke dinding evaporator luar terdiri dari tiga macam yaitu perpindahan panas akibat pengembunan, perpindahan panas dari udara kering sehingga suhu udara

kering turun dan perpindahan panas dari uap air yang tidak terembunkan. Perpindahan panas dari air atau pengembunan dinyatakan dengan:

$$Q_w = m_w h_{fg} \quad (7)$$

Q_w adalah laju perpindahan panas dari uap air yang berubah menjadi embun atau perpindahan panas laten (W). Kemudian perpindahan panas dari udara kering ke evaporator dapat diprediksi menggunakan Persamaan 8.

$$Q_{da} = m_{da} (h_{da\text{in}} - h_{da\text{out}}) \quad (8)$$

Q_{da} adalah perpindahan panas dari udara kering ke evaporator (W), $h_{da\text{in}}$ dan $h_{da\text{out}}$ adalah entalpi udara masuk dan udara keluar (J/kg). Yang terakhir adalah perpindahan panas dari uap air yang tidak terembunkan ke dinding evaporator yang dinyatakan dengan Persamaan 9.

$$Q_v = m_v (h_{g\text{in}} - h_{g\text{out}}) \quad (9)$$

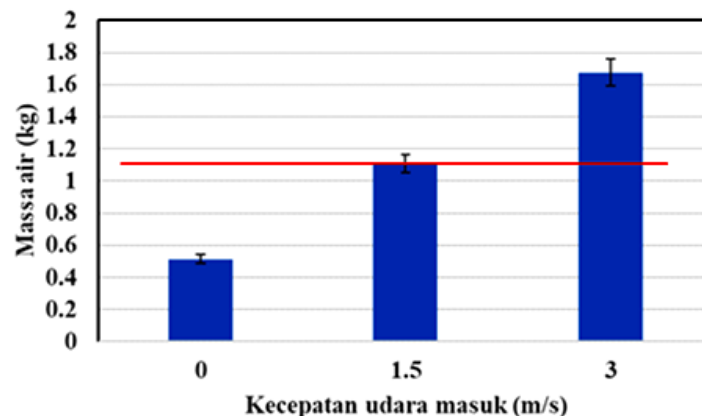
Q_v adalah perpindahan panas dari uap air yang tidak terembunkan (W), $h_{g\text{in}}$ dan $h_{g\text{out}}$ adalah entalpi uap air yang tidak terembunkan pada saat masuk dan udara keluar (J/kg). Jadi perpindahan panas totalnya adalah merupakan penjumlahan dari perpindahan panas dari uap yang terembunkan, dari udara kering dan dari uap air yang tidak terembunkan dan dapat dinyatakan dengan Persamaan 10.

$$Q_t = Q_w + Q_{da} + Q_v \quad (9)$$

Q_t adalah perpindahan panas total dari udara ke dinding evaporator (W). Persamaan 7 sampai dengan 10 dapat dilihat pada Mirmanto dkk. Buku [10-11] dan dapat dilihat pada Amrillah [12].

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik dengan analisis error bar untuk mempermudah dalam menentukan ada atau tidaknya pengaruh variabel bebas. Gambar 2 menunjukkan massa air yang dihasilkan pada setiap variasi kecepatan udara masuk selama percobaan berlangsung selama 7 jam.



Gambar 2 Hubungan antara massa air yang dihasilkan dengan kecepatan udara masuk.

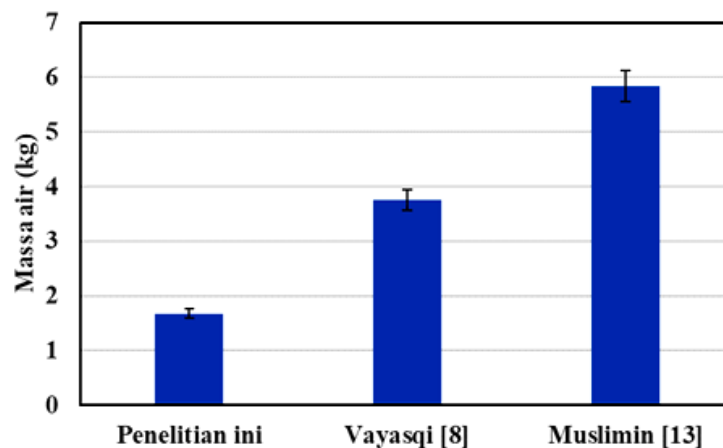
Gambar 2 menunjukkan bahwa variasi kecepatan udara masuk menghasilkan perbedaan massa air yang signifikan, yang ditunjukkan oleh error bar sebesar 5% yang tidak saling beririsan antar variasi, sebagaimana metode yang juga digunakan oleh peneliti sebelumnya [8, 10, 13]. Peningkatan kecepatan udara masuk terbukti dapat meningkatkan kapasitas kondensasi pada evaporator, dengan massa air tertinggi diperoleh pada kecepatan 3 m/s sebesar 1,676 kg selama 7 jam. Pada kecepatan 0 m/s, rata-rata massa air yang dihasilkan hanya sebesar 0,515 kg, sedangkan pada kecepatan 1,5 m/s meningkat menjadi 1,109 kg. Temuan ini menunjukkan bahwa suplai udara dengan kecepatan yang lebih tinggi dapat mempercepat pelepasan kalor dan meningkatkan peluang terjadinya kondensasi.

Dari sisi psikrometrik, udara yang mengandung uap air akan mengalami proses pendinginan saat melewati evaporator. Ketika temperatur udara turun hingga mencapai titik embun (*dew point*), uap air mulai mengalami kondensasi menjadi air cair. Semakin besar laju aliran udara, maka jumlah massa udara lembap yang bersentuhan dengan permukaan evaporator per satuan waktu juga meningkat. Hal ini memperbesar jumlah uap air yang dapat dikondensasikan.

Pada kecepatan udara 0 m/s, proses perpindahan panas didominasi oleh konveksi alami yang memiliki koefisien perpindahan panas relatif kecil, sehingga proses kondensasi berlangsung lambat dan massa air yang dihasilkan rendah. Ketika kecepatan udara ditingkatkan menjadi 1,5 m/s, terjadi peningkatan signifikan akibat mulai dominannya konveksi paksa. Sementara itu, pada kecepatan 3 m/s, aliran udara yang lebih tinggi menghasilkan perpindahan panas yang jauh lebih efektif, sehingga kapasitas kondensasi meningkat dan menghasilkan massa air tertinggi.

Selain itu, peningkatan kecepatan udara juga mempercepat proses pelepasan kalor laten selama kondensasi. Kalor laten yang dilepaskan oleh uap air saat berubah fase menjadi cair harus segera diserap oleh evaporator agar proses kondensasi dapat terus berlangsung. Dengan adanya aliran udara yang lebih cepat, distribusi panas menjadi lebih merata dan tidak terjadi penumpukan kalor di sekitar permukaan evaporator.

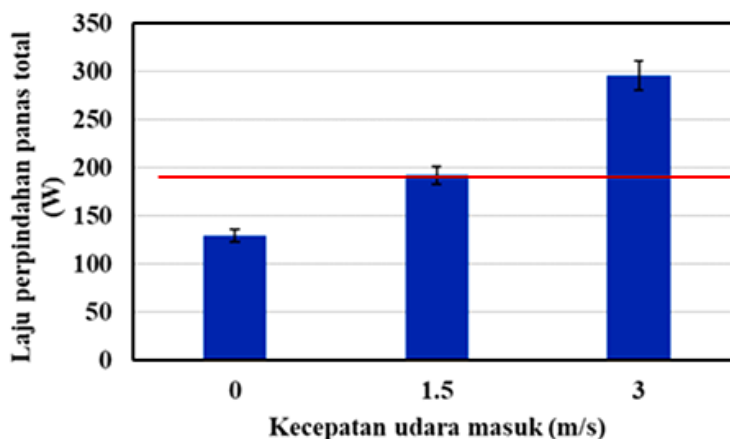
Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan aliran udara dan optimasi desain evaporator dapat meningkatkan performa sistem *air-water harvester* secara signifikan, khususnya dalam meningkatkan massa air yang dihasilkan dan laju perpindahan panas [10, 14]. Peningkatan kecepatan udara menyebabkan bertambahnya laju aliran massa udara lembap yang masuk ke sistem, sehingga kandungan uap air yang dapat dikondensasikan menjadi lebih besar dan proses perpindahan panas menjadi lebih efektif. Selain itu, optimasi desain evaporator, seperti peningkatan luas permukaan atau penggunaan konfigurasi tertentu, juga terbukti mampu meningkatkan kapasitas produksi air dan efisiensi perpindahan panas pada sistem *air-water harvester*. Namun demikian, perlu diperhatikan bahwa peningkatan kecepatan udara juga berpotensi meningkatkan konsumsi energi pada kipas, sehingga diperlukan optimasi lebih lanjut untuk mencapai keseimbangan antara produksi air dan efisiensi energi sistem.



Gambar 3 Perbandingan jumlah massa air pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya.

Gambar 3 menunjukkan perbandingan massa air yang dihasilkan dalam penelitian ini dengan beberapa penelitian sebelumnya. Peneliti [8] memperoleh massa air rata-rata tertinggi sebesar 3,753 kg pada kecepatan udara 3 m/s selama 7 jam, sedangkan peneliti [13] mencapai 5,837 kg pada variasi kecepatan yang sama. Perbedaan capaian tersebut terutama disebabkan oleh luas penampang udara masuk yang lebih besar pada penelitian sebelumnya, yaitu sebesar 0,018 m² pada penelitian Vayasqi dan 0,03 m² pada penelitian Muslimin, dibandingkan dengan penelitian ini yang hanya menggunakan luas sebesar 0,00098 m². Luas penampang udara masuk yang kecil menyebabkan jumlah udara yang mengalir menuju evaporator menjadi lebih sedikit, sehingga mengurangi jumlah uap air yang dapat dikondensasikan. Hal ini sejalan dengan nilai laju aliran massa uap air yang terkondensasi, di mana penelitian ini menghasilkan nilai tertinggi sebesar 0,0000665 kg/s pada kecepatan 3 m/s, sedangkan peneliti sebelumnya [8, 13] masing-masing mencapai 0,000149 kg/s dan 0,000190 kg/s pada kondisi yang sama. Perbedaan massa air yang dihasilkan antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya tidak hanya dipengaruhi oleh kecepatan udara, tetapi juga sangat ditentukan oleh luas penampang udara masuk. Secara prinsip fluida, debit aliran udara (laju aliran volumetrik) adalah berbanding lurus dengan

luasan penampang. Dalam konteks penelitian ini, luas penampang udara masuk yang relatif kecil ($0,00098 \text{ m}^2$) menyebabkan debit udara yang mengalir ke evaporator juga kecil. Akibatnya, jumlah massa udara lembap yang melewati permukaan evaporator per satuan waktu menjadi terbatas. Hal ini berdampak langsung pada berkurangnya jumlah uap air yang dapat mengalami kondensasi. Dengan meningkatnya debit udara, maka laju aliran massa udara lembap juga meningkat, sehingga kandungan uap air yang dibawa menuju evaporator menjadi lebih besar. Pada penelitian sebelumnya [8, 13], luas penampang yang jauh lebih besar menghasilkan debit udara yang lebih tinggi, sehingga meningkatkan laju aliran massa udara lembap. Hal ini menjelaskan mengapa nilai laju kondensasi dan massa air yang dihasilkan jauh lebih tinggi dibandingkan penelitian ini, meskipun menggunakan kecepatan udara yang sama. Selain itu, luas penampang yang lebih besar juga memungkinkan distribusi aliran udara yang lebih merata pada permukaan evaporator, sehingga meningkatkan efektivitas perpindahan panas dan massa. Sebaliknya, pada penampang yang kecil, aliran udara cenderung lebih terbatas dan tidak optimal dalam memanfaatkan seluruh permukaan evaporator.



Gambar 4 Hubungan laju perpindahan panas total dengan kecepatan udara masuk.

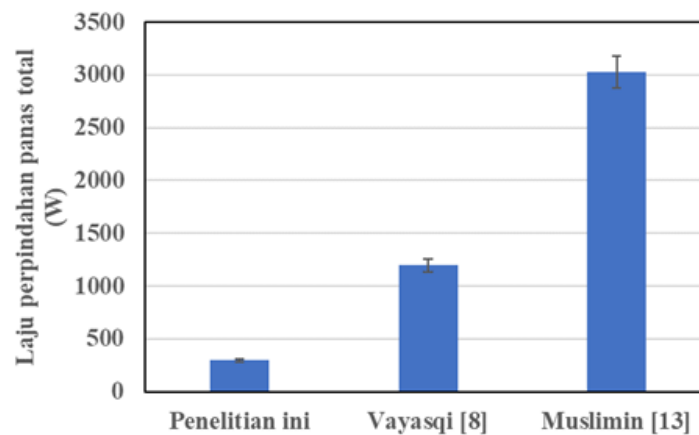
Gambar 4 menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan udara masuk menyebabkan peningkatan laju perpindahan kalor total. Nilai rata-rata tertinggi diperoleh pada kecepatan 3 m/s sebesar 295,98 W selama 7 jam, sedangkan pada kecepatan 0 m/s dan 1,5 m/s masing-masing sebesar 129,41 W dan 192,26 W. Kecenderungan peningkatan ini sejalan dengan bertambahnya massa air yang dihasilkan pada setiap variasi kecepatan udara. Hal ini terjadi karena laju aliran massa udara total meningkat seiring dengan bertambahnya kecepatan udara masuk. Pada penelitian ini, laju aliran massa udara tertinggi terjadi pada kecepatan 3 m/s sebesar 0,003471 kg/s, sedangkan pada kecepatan 0 m/s dan 1,5 m/s masing-masing sebesar 0,0001550 kg/s dan 0,001724 kg/s.

Secara teori perpindahan panas, peningkatan laju aliran massa udara akan meningkatkan kemampuan udara dalam membawa energi panas, baik dalam bentuk kalor sensibel maupun kalor laten. Laju perpindahan panas total pada sistem pendinginan udara lembap dapat dinyatakan sebagai kontribusi dari pendinginan udara kering, kondensasi uap air, serta pelepasan kalor laten selama perubahan fase [15-16]. Dengan meningkatnya laju aliran massa udara, jumlah energi panas yang dapat diserap oleh evaporator juga meningkat, sehingga laju perpindahan kalor total menjadi lebih besar.

Selain itu, peningkatan kecepatan udara juga memperbesar koefisien perpindahan panas konveksi akibat dominannya konveksi paksa, yang berperan penting dalam meningkatkan efisiensi perpindahan panas antara udara dan permukaan evaporator [15]. Dalam konteks psikrometrik, udara lembap yang melewati evaporator akan mengalami penurunan temperatur hingga mencapai titik embun, sehingga uap air mengalami kondensasi. Proses ini melepaskan kalor laten yang cukup besar, sehingga kontribusinya terhadap total perpindahan panas menjadi signifikan [17].

Dengan demikian, peningkatan laju aliran massa udara tidak hanya meningkatkan perpindahan panas dari udara kering (kalor sensibel), tetapi juga dari uap air yang mengalami kondensasi (kalor laten). Hal ini menjelaskan mengapa laju perpindahan kalor total meningkat secara signifikan seiring

dengan peningkatan kecepatan udara masuk. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan udara dan laju aliran massa udara dapat meningkatkan performa termal sistem *air-water harvester* [8, 14].



Gambar 5 Perbandingan laju perpindahan panas total.

Gambar 5 menunjukkan bahwa laju perpindahan kalor total pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Nilai rata-rata tertinggi laju perpindahan kalor total yang diperoleh pada variasi kecepatan udara 3 m/s adalah sebesar 295,98 W selama 7 jam, sedangkan pada [8, 13] masing-masing mencapai 1196,56 W dan 3030,78 W pada kondisi yang sama. Perbedaan ini terutama disebabkan oleh luas penampang udara masuk yang jauh lebih kecil pada penelitian ini, sehingga laju aliran massa udara total yang masuk ke sistem juga lebih rendah. Dengan laju aliran massa udara yang lebih kecil, kemampuan sistem dalam mentransfer kalor dari udara ke evaporator menjadi terbatas. Pada penelitian ini, laju aliran massa udara total tertinggi hanya sebesar 0,003471 kg/s, sedangkan pada penelitian [8, 13] masing-masing mencapai 0,062660 kg/s dan 0,10647 kg/s.

Secara teori perpindahan panas, laju perpindahan kalor total dalam sistem pendinginan udara sangat dipengaruhi oleh laju aliran massa fluida, yang dapat dinyatakan sebagai fungsi dari kapasitas panas dan perubahan temperatur udara [15]. Selain itu, pada sistem udara lembap, perpindahan kalor juga mencakup kontribusi kalor laten akibat kondensasi uap air. Semakin besar laju aliran massa udara, maka semakin besar pula energi panas yang dapat dibawa dan dipindahkan ke evaporator [16]. Dalam kajian psikrometrik, udara lembap yang mengalir melalui evaporator akan mengalami pendinginan hingga mencapai titik embun, sehingga uap air mengalami kondensasi dan melepaskan kalor laten. Besarnya kalor laten yang dilepaskan sebanding dengan jumlah uap air yang terkondensasi, yang pada akhirnya sangat bergantung pada laju aliran massa udara [17]. Oleh karena itu, pada penelitian sebelumnya yang memiliki laju aliran massa udara jauh lebih besar, proses kondensasi dan pelepasan kalor laten juga berlangsung lebih intensif, sehingga menghasilkan laju perpindahan kalor total yang jauh lebih tinggi.

Selain itu, luas penampang yang lebih besar memungkinkan distribusi aliran udara yang lebih merata pada permukaan evaporator, sehingga meningkatkan efektivitas perpindahan panas konveksi. Sebaliknya, pada penelitian ini, keterbatasan luas penampang menyebabkan aliran udara yang melewati evaporator relatif kecil dan kurang optimal dalam memanfaatkan seluruh permukaan perpindahan panas. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perbedaan utama dalam laju perpindahan kalor total antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya terletak pada perbedaan luas penampang dan laju aliran massa udara. Hasil ini menegaskan bahwa optimasi desain sistem, khususnya pada bagian inlet dan evaporator, sangat penting untuk meningkatkan performa termal *air-water harvester* [8, 14].

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa kecepatan udara masuk memiliki pengaruh signifikan terhadap kinerja sistem *air-water harvester*, baik dalam hal produksi massa air maupun laju perpindahan kalor.

Peningkatan kecepatan udara terbukti mampu meningkatkan laju aliran massa udara lembap, sehingga memperbesar peluang terjadinya kondensasi serta meningkatkan jumlah air yang dihasilkan. Kondisi ini juga berdampak pada meningkatnya laju perpindahan kalor total, yang terdiri dari kontribusi kalor sensibel dan laten selama proses pendinginan dan kondensasi. Namun demikian, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, performa sistem dalam penelitian ini masih relatif lebih rendah. Hal ini terutama disebabkan oleh keterbatasan luas penampang udara masuk yang mengakibatkan debit dan laju aliran massa udara menjadi lebih kecil. Akibatnya, jumlah uap air yang dapat dikondensasikan serta energi panas yang dapat dipindahkan ke evaporator juga menjadi terbatas. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa optimasi kinerja *air-water harvester* tidak hanya bergantung pada peningkatan kecepatan udara, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh desain sistem, khususnya luas penampang inlet dan konfigurasi evaporator. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut perlu difokuskan pada integrasi antara kecepatan aliran udara, luas penampang, dan desain evaporator guna mencapai keseimbangan optimal antara kapasitas produksi air dan efisiensi energi sistem.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Jurusan Teknik Mesin, Universitas Mataram, yang telah memfasilitasi kegiatan penelitian ini dan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pembuatan paper ini.

Daftar Pustaka

- [1] R.L. Gaol, Krisis air bersih di Indonesia dan upaya penanggulangannya, *Jurnal Lingkungan Hidup*, 5 (1) (2019) 1–10.
- [2] D. Sari, B. Putra, N. Lestari, Dampak pencemaran terhadap kualitas air di Indonesia, *Jurnal Sumber Daya Air*, 15 (1) (2024) 20–28.
- [3] M. Mirmanto, S. Syahrul, A.T. Wijayanta, A. Mulyanto, L.A. Winata, Effect of evaporator numbers on water production of a free convection air-water harvester, *Case Studies in Thermal Engineering*, 72 (2021) 1-11.
- [4] L.A. Winata, Pengaruh jumlah pipa evaporator vertikal terhadap laju aliran massa air yang diembunkan dari udara, Skripsi, Universitas Mataram, 2021.
- [5] R.P. Dirgantara, Pengaruh posisi evaporator terhadap jumlah air embun yang dihasilkan dengan menggunakan sistem kompresi uap, Skripsi, Universitas Mataram, 2021.
- [6] M. Fauzan, Kinerja mesin air water harvester dengan unit pengembun paralel pada berbagai kecepatan udara masuk, Skripsi, Universitas Mataram, 2022.
- [7] A.K. Mar'i, Pengaruh kecepatan udara masuk terhadap massa air dan perpindahan panas pada mesin air water harvester 0,5 PK, Skripsi, Universitas Mataram, 2024.
- [8] M.A. Vayasqi, Pengaruh kecepatan udara masuk pada mesin air water harvester menggunakan satu dan dua evaporator dengan daya kompresor 1,5 PK, Skripsi, Universitas Mataram, 2025.
- [9] <http://www.hvac-calculator.net/index.php?v=2>.
- [10] M. Mirmanto, M. Wirawan, A. Mulyanto, I.W. Joniarta, A. Najib, D.D. Lestari, L.A. Winata, A. Faroni, A. Azari, Mesin air-water harvester menggunakan sistem refrigerasi, *Pustaka Bangsa*, 1, 1-266, 2024.
- [11] A.I. Sutrisno, pengaruh kecepatan udara terhadap kinerja mesin *air water harvester* dengan dua evaporator koil, Skripsi, Universitas Mataram, 2023.
- [12] L.A.S. Amrillah, Pengaruh kecepatan udara masuk terhadap massa air yang dihasilkan pada mesin *air-water harvester* dengan susunan evaporator paralel, Skripsi, Universitas Mataram, 2024.
- [13] I.N. Muslimin, Pengaruh berbagai kapasitas evaporator terhadap massa air dan laju perpindahan panas pada mesin air-water harvester, Skripsi, Universitas Mataram, 2025.
- [14] M. Mirmanto, S. Syahrul, A.T. Wijayanta, H. Habib, Improvement of the performance of an air-water harvester with different evaporator shapes, *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8 (2023) 100517.

- [15] Y.A. Çengel, A.J. Ghajar, Heat and mass transfer: fundamentals and applications (5th ed.). McGraw-Hill, 2025.
- [16] F.P. Incropera, D.P. DeWitt, T.L. Bergman, A.S. Lavine, Fundamentals of heat and mass transfer, 6th edition, John Wiley & Sons, 2007.
- [17] ASHRAE, ASHRAE Handbook—Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2017.