



## Pengaruh suhu udara masuk terhadap massa air yang dihasilkan pada alat pemanen air sederhana

*Effect of inlet air temperature on the mass of freshwater produced in a simple water harvester*

**M. Mirmanto\*, N. Nurpatricia, J.K. Hendra**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahitno.62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia.

\*E-mail: [mmirmanto@gmail.com](mailto:mmirmanto@gmail.com)

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article History:

Received 05 January 2013

Accepted 11 February 2023

Available online 01 April 2023

#### Keywords:

Simple water harvester,

Air temperature,

Freshwater mass,

Coefficient of performance

Total heat transfer



An experimental investigation was performed to obtain the effect of air temperatures on the freshwater production of a simple water harvester. The amount of freshwater mass production depends on several variables, e.g. intake air temperature. For this reason, his study examined the relationship between the intake air temperature and the mass of freshwater production. The research was conducted experimentally with R134a refrigerant as the working fluid and the intake air temperatures tested were 30°C, 35°C, and 40°C. The results show that the highest freshwater mass production was 0.340 kg at the intake air temperature of 30°C. Meanwhile, the highest coefficient of performance was 9.12 at the same intake air temperature and the highest total heat transfer rate was 184.16 W at the intake air temperature of 40°C. The effect of the intake air temperature on the mass of water, coefficient of performance and the total heat transfer rate was not clear.

*Dinamika Teknik Mesin, Vol. 13, No. 1 April 2023, p. ISSN: 2088-088X, e. ISSN: 2502-1729*

## 1. PENDAHULUAN

Air dalam kehidupan manusia memiliki fungsi yang sangat penting dan harus dipenuhi dalam kehidupan sehari-hari. Pada musim kemarau sebagian wilayah Indonesia mengalami kekeringan dan krisis air bersih yang mengakibatkan kelangkaan dan kesulitan air minum. Untuk mengatasi masalah tersebut, berbagai upaya telah dilakukan saat ini seperti misalnya dengan membuat sumur gali, penampung air hujan ataupun membuat peralatan yang mampu menghasilkan air dari udara. Salah satu alat yang paling mudah untuk menghasilkan air dari udara disebut *air-water harvester*.

Alat *air water harvester* ini mengubah uap air yang ada di udara menjadi embun dan terkumpul embun tersebut menjadi air. Mesin ini sudah banyak diteliti oleh para peneliti sebelumnya seperti Winata (2021), Mirmanto dkk. (2021), Azari (2022), Faroni (2022), dan Prasetya (2022). Winata (2021) dan Mirmanto dkk. (2021) telah melakukan penelitian tentang keterkaitan antara jumlah evaporator pada mesin *air water harvester* terhadap massa air yang dihasilkan. Kesimpulan dari penelitian Winata (2021) dan Mirmanto dkk. (2021) adalah penambahan evaporator tidak mampu menghasilkan penambahan massa air secara linear. Namun, tetap saja dengan penambahan evaporator, massa air yang dihasilkan meningkat. Massa air terbanyak yang didapat adalah 0,5043 kg selama percobaan 7 jam pada suhu udara masuk rata-rata 29,48°C. Azari (2022) dan Faroni (2022)

meneliti hubungan antara diameter pipa evaporator terhadap massa air yang dihasilkan. Azari (2022) menjelaskan bahwa pengaruh diameter pipa evaporator belum jelas keterkaitannya dengan massa air yang dihasilkan. Kesimpulan ini didukung data yang dihasilkan oleh Azari (2022). Pada diameter pipa evaporator 8 mm menghasilkan massa air yang paling banyak sedangkan pada diameter pipa evaporator 10 mm dan 6,35 mm justru menghasilkan massa air yang lebih sedikit. Sementara Faroni (2022) menemukan bahwa untuk diameter 6,35 mm, 4 mm dan 3 mm terdapat korelasi antara diameter pipa evaporator terhadap massa air yang dihasilkan. Semakin kecil diameter yang digunakan semakin banyak massa air yang diperoleh.

Penelitian tentang mesin air water harvester jauh sebelumnya juga pernah ada yaitu seperti penelitian Atmoko (2018), Setiawan (2019) dan Dirgantara (2020). Secara umum mereka menggunakan mesin dari mesin AC yang tidak dimodifikasi hanya variable bebasnya yang berbeda beda. Atmoko (2018) meneliti mesin tersebut dengan variable bebas kecepatan putaran kipas. Massa air yang dihasilkan cukup besar yaitu 4,29 liter/jam, sedangkan Setiawan (2019) variable bebasnya adalah juga kecepatan putar kipas dengan 0 rpm, 981 rpm, dan 1126 rpm. Massa air yang dihasilkan sebanyak 2 liter per jam. Sementara Dirgantara (2020) melakukan penelitian terhadap mesin penghasil air dengan daya kompresor 1/2 PK dan variable bebasnya adalah posisi evaporator, yaitu vertical, 45° dan horizontal. Massa air yang dihasilkan maksimum hanya 0,343 kg selama 7 jam. Tetapi percobaan Dirgantara (2020) tidak menggunakan kipas, dimana aliran udara terjadi secara alami. Prasetya (2022) telah melakukan penelitian tentang pengaruh tekanan unit pengembun pada mesin *air-water harvester* terhadap massa air yang dihasilkan. Penelitian Prasetya (2022) ini menghasilkan rata-rata massa air selama 7 jam/hari, sebesar 0,4384 kg dengan suhu rata-rata udara masuk mesin sebesar 35,09 C. Variasi tekanan unit pengembun yang Prasetya (2022) gunakan adalah 30, 40 dan 50 psi. Kesimpulan yang didapatkan oleh Prasetya (2022) adalah semakin tinggi tekanan unit pengembun semakin sedikit massa air yang dihasilkan.

Sebenarnya banyak sedikitnya massa air yang dihasilkan bergantung pada beberapa variabel seperti RH, suhu udara masuk, kecepatan udara masuk, tipe unit pengembun, luasan perpindahan panas evaporator, dan daya mesin. Penelitian-penelitian di atas belum ada yang meneliti pengaruh suhu udara masuk terhadap produksi air pada mesin *air-water harvester*. Oleh karena suhu udara masuk diduga berpengaruh terhadap massa air yang dihasilkan, maka pada penelitian ini telah dikaji hubungan antara suhu udara masuk dengan massa air yang dihasilkan. Variasi suhu udara yang digunakan adalah 30°C, 35°C dan 40°C. Mengapa suhu yang dipilih adalah justru suhu udara di atas suhu lingkungan?. Hal ini disebabkan oleh kenyataan bahwa bertambah tahun disinyalir suhu semakin meningkat. Oleh sebab itu, mesin perlu diuji dengan suhu tinggi. Disamping itu, jika mesin ini mampu menghasilkan air pada suhu tinggi, maka mesin dapat dipakai di daerah-daerah panas. Lebih penting lagi, belum ada yang meneliti variasi suhu udara masuk terhadap massa air yang dihasilkan.

## 2. METODE PENELITIAN

Skema alat penelitian ditunjukkan pada gambar 1 yang terdiri dari komponen mesin pendingin, ruang pengembun, bak penampung dan kipas untuk memasukan udara ke dalam mesin serta mesin pengkondisi suhu udara. Sementara itu skema dalam bentuk tiga dimensi disajikan pada gambar 2.

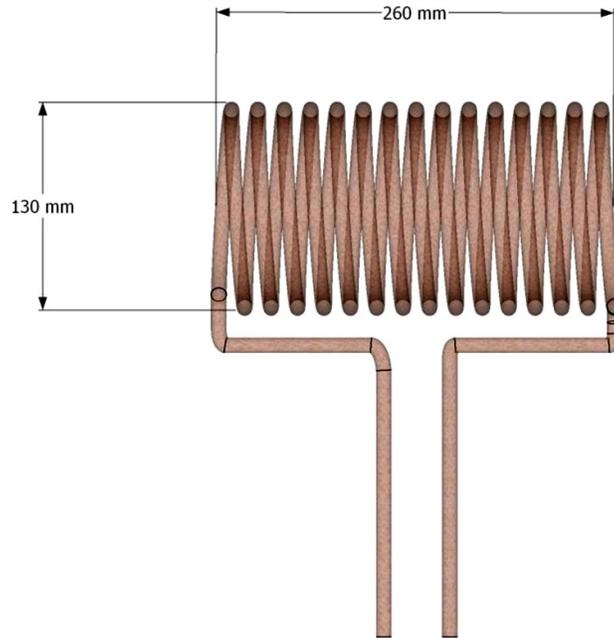
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Jenis metode penelitian ini dapat dipakai untuk menguji suatu perlakuan atau desain baru dengan membandingkan satu atau lebih kelompok pengujian dengan perlakuan dan tanpa perlakuan. Mesin yang digunakan adalah *air-water harvester* yang menggunakan beberapa komponen mesin AC atau pendingin. Namun komponen evaporator pada alat ini akan digunakan sebagai unit yang mengembun uap air yang ada di udara karena bersentuhan dengan dinding evaporator. Evaporator terbuat dari pipa tebaga dengan diameter luar 6,35 mm yang dibentuk menyerupai koil/spiral, seperti ditunjukkan pada gambar 3.

Proses yang terjadi pada mesin penghasil air ini adalah dipisahkan menjadi dua kelompok yaitu proses siklus kompresi uap dan proses kondensasi uap air yang ada di udara. Pada bagian dalam evaporator yaitu refrigeran bukanlah pengembunan yang terjadi tetapi justru penguapan. Refrigeran menguap di dalam evaporator dengan menyerap panas dari bahan material atau udara di sekitarnya. Dinding evaporator menjadi dingin dan berada di bawah *dew point* uap air. Oleh sebab itu uap air di dalam udara yang menyentuh dinding ini akan mengembun. Jadi di bagian dalam terdapat evaporasi refrigeran sedangkan di bagian luar terdapat pengembunan (kondensasi) uap air.

Semua tekanan diukur menggunakan tekanan manifold yang memiliki satuan psi dengan resolusi 5 psi. Sedangkan tekanan atmosfer diukur menggunakan barometer digital. Semua suhu diukur menggunakan termokopel tipe K yang dihubungkan langsung dengan data logger applent AT4532. Kecepatan udara masuk diukur menggunakan anemometer SANFIX GM-8901 dengan resolusi 0,1 m/s. Variasi suhu udara masuk mesin yaitu 30°C, 35°C, 40°C dengan kecepatan udara masuk mesin sebesar 2,4 m/s. Sementara itu, massa air yang dihasilkan ditimbang langsung menggunakan timbangan digital taffware digipounds NFCS1 dengan akurasi 0,1 g.

Analisis yang digunakan di dalam paper ini adalah analisis grafis yaitu semua variable dihitung terlebih dahulu menggunakan beberapa persamaan perpindahan panas atau kesetimbangan energi kemudian digrafikan.



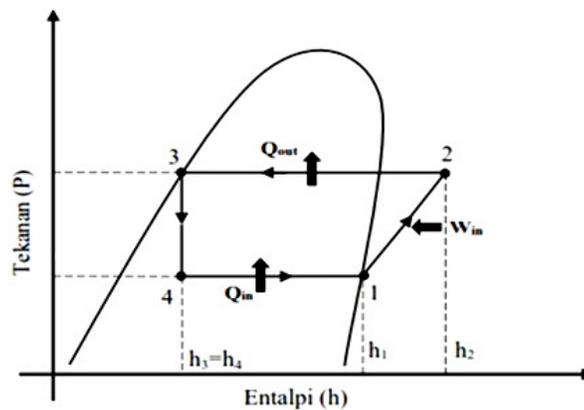


Gambar 3. Bentuk evaporator yang digunakan, dimensi dalam mm dan tanpa skala

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung variable dependen adalah dijelaskan seperti berikut. Persamaan untuk menentukan COP (*coefficient of performance*) diambil dari Cengel dan Boles (1994) yang juga digunakan oleh Mirmanto dkk. (2022, 2022a, 2022b).

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_{in}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad (1)$$

$Q_{in}$  adalah energy panas yang diserap oleh refrigerant (J/kg),  $W_{in}$  adalah kerja kompresor (J/kg),  $h_1$ ,  $h_2$ , dan  $h_4$  adalah entalpi refrigerant pada keadaan 1, 2 dan 4 seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Siklus kompresi uap mesin pendingin

Sedangkan laju aliran massa air yang dihasilkan ( $\dot{m}$ ) dinyatakan dengan persamaan (2) yang dapat diperoleh di Mirmanto dkk (2021).

$$\dot{m} = \frac{m}{t} \quad (2)$$

$\dot{m}$  dalam (kg/s),  $m$  adalah massa air yang dihasilkan (kg) dan  $t$  adalah lama percobaan (s). Kesetimbangan energi yang terjadi pada dinding evaporator bagian luar yang bersentuhan dengan udara adalah:

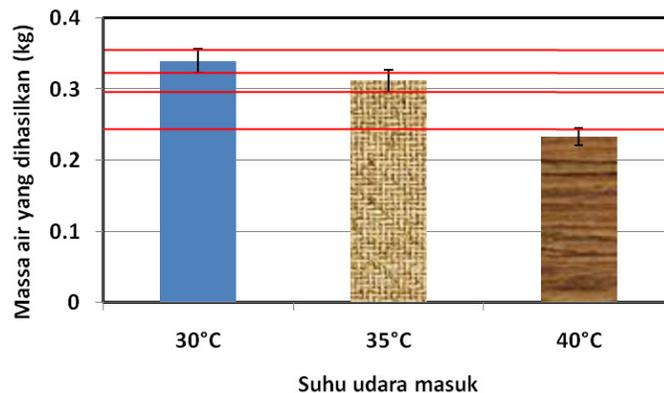
$$\dot{Q}_t = \dot{Q}_{uk} + \dot{Q}_u + \dot{Q}_a \quad (3)$$

$\dot{Q}_t$  adalah laju aliran panas total dari udara (W),  $\dot{Q}_{uk}$  laju aliran panas dari udara kering (W),  $\dot{Q}_u$  menyatakan laju aliran panas dari uap air yang ada di udara, dan  $\dot{Q}_a$  adalah laju aliran panas dari embun (W). Cara menentukan

$\dot{Q}_{ak}$ ,  $\dot{Q}_a$ , dan  $\dot{Q}_a$  dapat ditelusuri pada Mirmanto dkk. (2022, 2022a, 2022b).

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini untuk mengetahui pengaruh suhu udara masuk ruang pengembun terhadap jumlah air yang dihasilkan pada mesin *air-water harvester*. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk grafik untuk dianalisis dengan menggunakan error bar 5%. Pengaruh suhu udara terhadap massa air yang dihasilkan ditunjukkan pada gambar 5. Gambar 5 menunjukkan bahwa perbedaan massa air yang dihasilkan pada suhu 30°C, dan 35°C secara grafis tidak signifikan sebab kaki-kaki error bar 5% masih saling bersinggungan ketika dihubungkan dengan garis mendatar berwarna merah. Sedangkan perbedaan massa air yang dihasilkan pada suhu 30°C dan 40°C signifikan sebab kaki-kaki error bar 5% tidak saling bersentuhan. Namun, jika selisih massa air pada suhu 30°C dan 35°C dinyatakan dalam %, maka terdapat perbedaan 8%, sedangkan selisih massa air pada 30°C dan 40°C adalah 31% dan selisih massa air pada suhu 35°C dan 40°C sebesar 25%. Jadi semakin tinggi suhu udara masuk semakin sedikit massa air yang dihasilkan. Namun kesimpulan ini perlu dikaji ulang dengan mengadakan penelitian yang lebih komprehensif dan akurat. Gambar 5 mengandung arti bahwa mesin dapat dioperasikan pada suhu tinggi hingga 40°C sebab pada suhu tersebut mesin masih mampu menghasilkan air tawar. Hanya sayangnya belum ada penelitian tentang pengaruh suhu terhadap massa air yang dihasilkan sehingga hasil penelitian ini tidak dapat dibandingkan dengan hasil penelitian lainnya. Namun demikian, secara teori memang logis, dimana suhu udara semakin tinggi maka panas *sensible* lebih dominan sehingga dengan kemampuan mesin yang sama, energi laten yang diserap dari udara menjadi lebih sedikit dengan tingginya suhu udara. Konsekuensinya, massa air yang dihasilkan sebagai fungsi energi laten semakin kecil seiring dengan meningkatnya suhu udara masuk. Hasil massa air rata-rata yang ditampilkan pada gambar 5 menunjukkan bahwa pada variasi suhu 30°C menghasilkan massa air terbanyak dengan rata-rata yaitu 0,340 kg, sedangkan pada variasi suhu 35°C massa air yang dihasilkan rata-rata sebesar 0,312 kg dan pada variasi suhu 40°C massa air yang diperoleh sebesar 0,233 kg.

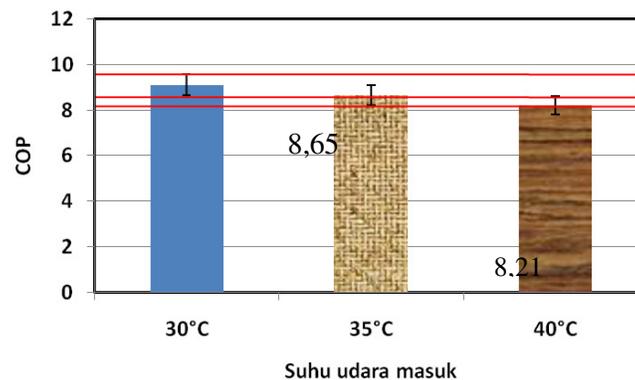


Gambar 5. Hasil air dari 3 variasi yang masing-masing merupakan rata-rata dari 3 kali pengulangan

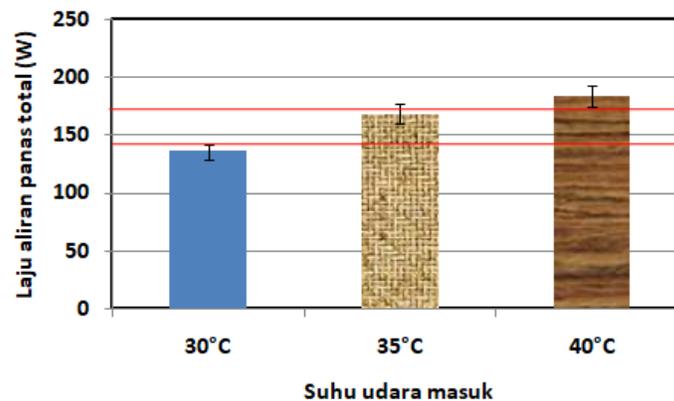
Pada gambar 6, COP tertinggi terjadi pada variasi suhu 30°C yaitu 9,12 sedangkan untuk variasi suhu 35°C COP yang dihasilkan sebesar 8,65 dan COP yang terendah terjadi pada variasi suhu 40°C yaitu 8,21. Hal ini dapat dipengaruhi oleh besarnya nilai kalor yang diserap evaporator dan kerja pada kompresor. Namun demikian, COP tersebut terlalu tinggi jika dibandingkan dengan penelitian mesin pendingin lainnya seperti penelitian Setiawan (2019) yang COPnya hanya mencapai 5,35. Gaol (2019) juga mendapatkan COP kisaran 3 untuk mesin penghasil air dari mesin AC. Namun demikian ada juga penelitian sebelumnya yang memperoleh COP hingga 7 yaitu penelitian yang dilakukan oleh Wibowo (2014). Salah satu penyebab tingginya COP adalah penempatan alat ukur yang terlalu jauh dari komponen evaporator dan kondensor yaitu alat-alat ukur suhu dan tekanan refrigeran. Jika pengukuran terlalu jauh terutama suhu, maka akan terjadi perbedaan suhu antara titik sesungguhnya dengan titik ukur yang mengakibatkan terjadinya selisih entalpi di antara kedua titik tersebut yang pada akhirnya menaikkan COP. Gambar 6 secara grafis menunjukkan bahwa perbedaan COP yang dihasilkan pada ketiga variasi suhu tidaklah signifikan sebab kaki-kaki error bar masih saling bersinggungan. Namun demikian jika menggunakan metode selisih COP maka terdapat perbedaan COP dengan besaran 5,1% antara COP pada suhu 30°C dan 35°C. Demikian pula perbedaan COP pada suhu 35°C dan 40°C adalah sebesar 5,1%. Sedangkan perbedaan COP pada suhu 30°C dan 40°C adalah sebesar 10%. Atas dasar metode

grafis dengan error bar 5%, maka perbedaan COP tersebut dikatakan tidak signifikan sebab kaki-kaki error bar masih saling bersentuhan.

Variabel dependen lainnya yang perlu dianalisis adalah laju aliran perpindahan panas total dari udara ke dinding evaporator yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Gambar 7 menyajikan hasil hitungan laju aliran panas total tersebut. Gambar 7 seolah oleh menampilkan hal yang kontra produktif dengan gambar lain. Gambar lainnya menunjukkan *trend* menurun dengan meningkatnya suhu, sedangkan gambar 7 justru *trend*nya naik dengan meningkatnya suhu. Hal yang demikian dapat terjadi oleh karena beberapa factor sebagai berikut: 1) semakin tinggi perbedaan antara suhu dinding evaporator dengan udara yang mengalir melaluinya, maka akan semakin mudah terjadinya aliran panas dari udara ke dinding evaporator, 2) laju aliran panas pada suhu tinggi didominasi oleh laju aliran panas *sensible*, 3) efisiensi dinamis evaporator akan lebih baik jika terdapat perbedaan suhu yang lebih tinggi antara udara yang mengalir dengan suhu dinding evaporator. Dengan 3 hal tersebutlah, maka laju aliran panas total akan meningkat walaupun daya yang diberikan oleh mesin sama. Kemudahan untuk terjadinya transfer kalor tersebut mengakibatkan laju aliran panas total meningkat.



Gambar 6. COP dari 3 variasi yang masing-masing merupakan rata-rata dari 3 kali pengulangan.



Gambar 7. Panas udara total, dari 3 variasi yang masing-masing merupakan rata-rata dari 3 kali pengulangan.

Analisis gambar 7 menunjukkan bahwa perbedaan laju aliran panas total yang dihasilkan pada suhu udara masuk 30°C dan 35°C, dan pada suhu udara 30°C dan 40°C, sangat signifikan sebab kaki-kaki error bar 5% tidak saling bersinggungan. Namun demikian, perbedaan laju aliran panas pada suhu 35°C dan 40°C, tidaklah signifikan sebab kaki-kaki error bar 5% masih saling bersinggungan. Jadi pada suhu 35°C dan 40°C, laju aliran panas total dapat dikatakan sama. Oleh sebab itu, gambar 7 tidak dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu semakin besar laju aliran panas totalnya dan kasus ini perlu diteliti lebih mendetail dengan akurasi yang lebih baik. Secara sepintas *trend*nya memang meningkat dengan meningkatnya suhu udara masuk. Laju aliran panas total rata-rata yang diserap evaporator dari udara tertinggi dapat dilihat pada variasi suhu 40°C dengan total yaitu 184,16 W dan laju aliran panas total rata-rata yang paling sedikit diserap evaporator dari udara yaitu pada

variasi suhu 30°C sebesar 135,59 W. Dapat kita lihat pada suhu yang 40°C panas total yang di serap lebih tinggi, di karenakan pada suhu 40°C panas sensible yaitu panas udara kering dan panas uap air lebih tinggi. Tingginya panas udara kering dan panas uap disebabkan oleh perbedaan suhu antara suhu udara masuk dengan suhu dinding evaporator. Semakin tinggi perbedaan suhu tersebut semakin besar panas sensiblenya dan begitu sebaliknya.

#### **4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis tentang pengaruh suhu udara masuk unit pengembun terhadap massa air yang dihasilkan pada mesin air water harvester, didapatkan kesimpulan sebagai berikut: (1) mesin mampu bekerja pada suhu tinggi yaitu pada suhu 40°C, (2) belum jelas pengaruh suhu udara masuk terhadap massa air yang dihasilkan, COP dan laju aliran panas total, (3) perbedaan suhu yang tinggi antara suhu udara dan suhu dinding evaporator mempermudah terjadinya transfer panas. Perlu dilakukan penelitian serupa dengan lebih komprehensif dan akurat.

#### **UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, atas fasilitas penelitian yang digunakan.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Atmoko, Y.W.T., Karakteristik mesin penghasil air dari udara menggunakan mesin siklus kompresi uap dengan tambahan kipas pematat udara berkecepatan putaran kipas 300 rpm dan 350 rpm, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, 2018.
- Azari, A., Pengaruh diameter pipa evaporator terhadap massa air yang dihasilkan dengan sistem kompresi uap, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, 2022.
- Cengel, A.Y., Boles, A.M., Thermodynamic an engineering approach, second ad, McGraw Hill Lnc., USA, 1994.
- Dirgantara, R.P., Pengaruh posisi evaporator terhadap jumlah air embun yang dihasilkan dengan menggunakan sistem kompresi uap, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, 2020.
- Faroni, A., Pengaruh diameter pipa unit pengembun terhadap massa air yang dihasilkan dari air-water harvester, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, 2022.
- Gaol, C.L., Mesin penghasil air dari udara menggunakan mesin siklus kompresi uap berdaya  $\frac{3}{4}$  PK, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, 2019.
- Mirmanto, M., Syahrul, S., Wijayanta, A.T., Mulyanto, A., Winata, L.A., Effect of evaporator numbers on water production of a free convection air-water harvester, Jurnal Case Studies in Thermal Enggineering, 72, 1-11, 2021.
- Mirmanto, M., Mulyanto, A., Lestari, D.D., Effect of the number of turns of a coil evaporator on water production, IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering, 19(4), 31-35, 2022.
- Mirmanto, M., Sutanto, R., Prasetya, I.A., Evaporator pressure effects on water production of a simple air water harvester, International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT), 33(2), 304-311, 2022a.
- Mirmanto, M., Syahrul, S., Joniarta, I.W., Azari, A., Fahrni, A., Mara, M., Nurpatria, N., Wijayanta, A.T., Performance of a simple custom air-water harvester using several pipe diameters as the condensation unit, Proceedings of the First Mandalika International Multi-Conference on Science and Engineering 2022, MIMSE 2022 (Mechanical and Electrical) (MIMSE-M-E-I-2022), 102-112, 2022b.
- Prasetya, I.A., Pengaruh Tekanan Unit Pengembun Pada Mesin Air-Water Harvester Terhadap Massa Air Yang Dihasilkan, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, 2022.
- Setiawan, E.D., Pengaruh putaran kipas outlet terhadap karakteristik mesin penghasil aquades dengan siklus kompresi uap, Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2019.
- Wibowo, T.W.A., Pengaruh variasi temperatur dan kelembaban udara terhadap unjuk kerja mesin pendingin dengan refrigeran LPG, Skripsi, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, 2014.
- Winata, L.A., Pengaruh jumlah pipa evaporator vertikal terhadap laju aliran massa air yang diembunkan dari udara. Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, 2021.