



## **Kinerja air water harvester dengan unit pengembun pipa-pipa kecil pada berbagai kecepatan udara masuk**

*Performance of air-water harvester with small tube condensing unit at various intake air velocities*

**A. Suriatman<sup>1</sup>, Mirmanto<sup>2</sup>, I. M. Nuarsa<sup>3</sup>**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jln. Majapahit no. 62, Mataram, Nusa Tenggara Barat, 83125, Indonesia. HP. 087816236704

\*E-mail: [anangsuriatman9399@gmail.com](mailto:anangsuriatman9399@gmail.com)

---

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

---

*Article History:*

*Received*

*Accepted*

*Available online*

---

*Keywords:*

*Air-water harvester*

*Inlet air velocity*

*Water mass*

*COP*

*Efficiency*

*Water is a very important compound for all living things be it humans, animals and plants. During the dry season, parts of Indonesia experience drought and clean water crises. Various efforts have been made to meet the need for clean water, for example by constructing dug wells, collecting rainwater or constructing a machine capable of producing water from the air. One of the efforts to obtain clean water is by presenting a machine called water harvester. The amount of water mass produced depends on several variables such as RH, intake air temperature, type of condensing unit, intake air speed and engine power. This study aims to determine the performance of the air water harvester engine at various inlet air velocities. The machine performance in question is the mass of water produced, COP, the amount of heat absorbed from the air, and the efficiency of the condensing unit. This research was carried out experimentally with the working fluid refrigerant R134a. The compressor used is a rotary type 1 PK compressor. This study varied the air velocity entering the condenser unit, namely 1.5 m/s, 3 m/s and 4.5 m/s. The results showed that the highest average mass of water was 0.728 kg/7 hours using a variation of air speed of 4.5 m/s. Meanwhile, the highest COP, namely 5.13, was obtained at a variation of air speed of 4.5 m/s, the total heat flow rate absorbed by the condenser unit from the highest air occurred at a variation of air speed of 4.5 m/s, which was 160.38 J/s and the highest efficiency of the condenser unit is at a variation of air speed of 4.5 m/s which is 11.55%.*



## 1. PENDAHULUAN

Air adalah senyawa yang sangat penting bagi semua makhluk hidup baik itu manusia, hewan dan tumbuhan. Pada musim kemarau sebagian wilayah Indonesia mengalami kekeringan dan krisis air bersih. Berbagai upaya dilakukan untuk memenuhi kebutuhan air bersih misalnya dengan membuat sumur gali, penampung air hujan ataupun membuat mesin 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 Dirgantara (2021), Mirmanto dkk. (2021), Faroni (2022), Prasetya (2022), Fauzan (2022), Firdaus (2022), dan Mirmanto dkk. (2022). Penelitian tentang mesin *air water harvester* jauh sebelumnya juga pernah ada yaitu seperti penelitian Atmoko (2018).

Atmoko (2018) melakukan penelitian dengan menggunakan sistem pendingin Air Conditioner yang bekerja dengan siklus kompresi uap yang terdiri dari kompresor 1,5 PK, evaporator berupa pipa bersirip dan kondensor jenis kondensor berpendingin udara, tabung kapiler berdiameter 0,028 inci dan 40 panjang cm. Refrigeran yang digunakan dalam penelitian ini adalah R22. Modifikasi yang diterapkan pada penelitian yaitu menggunakan 3 buah kipas yang fungsinya untuk mengkompresi udara dengan daya 72,6 watt, mendinginkan kondensor dengan daya 35,2 watt dan membuang panas kondensor ke lingkungan luar dengan daya 66 watt. Hasil air tertinggi yang dapat dihasilkan oleh mesin yang menghasilkan air dari air terbanyak adalah dengan variasi kecepatan putaran kipas sebesar 350 rpm atau kecepatan udara 3,63 m/s yaitu sebesar 4,29 liter/jam. Penelitian dilakukan dengan tekanan evaporator 68 psi.

Dirgantara (2021) melakukan penelitian pembuatan alat penghasil air dari udara dengan menggunakan evaporator paralel sistem pendingin Air Conditioner dengan daya 0,5 PK, dan refrigerant R-134a. Rata-rata jumlah air yang dihasilkan oleh mesin penghasil air dari udara pada variasi vertikal evaporator adalah 343,2 gram yang merupakan jumlah air tertinggi dari hasil penelitian ini. Evaporator yang digunakan Dirgantara dalam penelitian ini adalah evaporator vertikal yang memiliki panjang 60 cm, lebar 32 cm dan diameter 6,35 dengan tekanan evaporator 40 psi.

Mirmanto dkk. (2021) meneliti pengaruh jumlah evaporator pada produksi air dan koefisien kinerja pemanenan air dari udara. Air diperoleh di dinding evaporator dalam mode konveksi bebas dan perpindahan panas kondensasi. Dimensi evaporator adalah 480 mm × 285 mm × 6,35 mm. Evaporator dibangun menggunakan pipa tembaga yang disusun sejajar dalam kotak terbuka (buka atas dan bawah) dengan ukuran 500 mm × 500 mm × 500 mm. Refrigerant R134a digunakan sebagai fluida kerja. Percobaan dilakukan pada tekanan rendah 40 psi dan tekanan tinggi 180 psi. Di dinding luar evaporator, udara mengalir secara alami dan sebagian uap air di udara mengembun. Tiga variasi evaporator diuji pada kasus A (satu evaporator), kasus B (dua evaporator), dan kasus C (tiga evaporator). Setiap evaporator berisi 25 pipa tembaga dan panjang setiap pipa 285 mm. Produksi air maksimum dan efisiensi evaporator yang dicapai masing-masing adalah 0,51 L per hari dan 13%. COP mesin berkisar antara 5,2 hingga 13,3. Penambahan jumlah evaporator dapat meningkatkan produksi air bersih.

Faroni (2022) meneliti pengaruh diameter pipa unit kondensor terhadap massa air yang dihasilkan dari air-air harvester, pada penelitian ini digunakan evaporator dari tembaga berbentuk paralel dan dilakukan eksperimen dengan fluida kerja refrigerant R134a. Kompresor yang digunakan adalah kompresor tipe rotary 0,5 PK. Penelitian ini memvariasikan diameter pipa condensing unit yaitu diameter 3,00 mm, 4,00 mm dan 6,35 mm. Hasil penelitian menunjukkan massa air tertinggi diperoleh sebesar 0,369 kg/7 jam dengan variasi diameter pipa 3,00 mm. Sedangkan COP tertinggi yaitu 13,28 diperoleh untuk variasi diameter pipa 3,00 mm dan total panas yang diserap condensing unit dari udara tertinggi terjadi pada variasi diameter pipa 3,00 mm yaitu 52,10 W. Efisiensi tertinggi condensing unit pada variasi diameter 6,35 mm adalah sebesar 2,38%. Suhu udara masuk rata-rata 29,21°C dan suhu udara keluar rata-rata 26,13°C.

Prasetya (2022) telah melakukan penelitian dengan judul “Pengaruh tekanan unit kondensor pada mesin air-air harvester terhadap massa air yang dihasilkan”. Penelitian ini mengkaji pengaruh tekanan evaporator terhadap massa air yang dihasilkan oleh evaporator paralel. Tekanan evaporator divariasikan 30 psi, 40 psi dan 50 psi dengan kecepatan udara yang digunakan 2,2 m/s. Refrigerant yang digunakan adalah R134a yang ramah lingkungan. Spesifikasi kompresor yang digunakan adalah kompresor dengan daya 1/2 PK. Hasil penelitian menunjukkan massa air tertinggi diperoleh pada variasi tekanan 30 psi dengan rata-rata massa air selama 7 jam/hari sebesar 0,438 kg. Sedangkan massa rata-rata air terendah terjadi pada variasi tekanan 50 psi sebesar 0,177 kg. COP tertinggi diperoleh pada variasi tekanan 30 psi sebesar 25,29 dan COP terendah pada variasi tekanan 40 psi sebesar 10,84. Efisiensi tertinggi diperoleh pada variasi tekanan 40 psi sebesar 4,76% dan efisiensi terendah pada variasi tekanan 50 psi sebesar 2,92%. Suhu udara masuk rata-rata adalah 35,09°C.

Fauzan (2022) melakukan penelitian “Kinerja mesin *air-water harvester* dengan unit pengembun paralel pada berbagai kecepatan udara masuk”. Kecepatan udara yang divariasikan adalah 0 m/s, 1,5 m/s, 3 m/s dan 4,5 m/s dengan tekanan 30 psi. Refrigeran yang digunakan adalah R134a, kompresor dengan daya 1 PK jenis *rotary*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata massa air tertinggi yang didapatkan sebanyak 0,869 kg/7 jam dengan menggunakan variasi kecepatan udara 3 m/s. Sementara itu COP tertinggi yakni 4,91, diperoleh pada variasi kecepatan udara 4,5 m/s, laju aliran panas total yang diserap unit pengembun dari udara tertinggi terjadi pada variasi kecepatan udara 4,5 m/s yaitu sebesar 132,42 J/s dan efisiensi unit pengembun tertinggi berada pada variasi kecepatan udara 4,5 m/s yaitu sebesar 4,23 %.

Firdaus (2022) telah melakukan penelitian “Unjuk kerja mesin *air-water harvester* dengan unit pengembun shell-spiral pada berbagai kecepatan udara masuk”. Kecepatan udara yang divariasikan adalah 3 m/s, 4 m/s dan 5 m/s dengan tekanan 15 psi. Refrigeran yang digunakan adalah R134a, kompresor yang digunakan adalah 1/2 PK jenis *rotary*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa massa air tertinggi didapatkan pada variasi kecepatan udara 5 m/s sebanyak 0,622 kg selama 7 jam dan energi kalor yang diserap evaporator persatuan massa refrigeran ( $Q_{in}$ ) tertinggi terdapat pada variasi 4 m/s sebesar 165,2 kJ/kg. COP tertinggi terdapat pada variasi 5 m/s sebesar 16,26. Panas total yang diserap unit pengembun dari udara tertinggi terdapat pada variasi 5 m/s sebesar 161,71 W dan Efisiensi unit pengembun tertinggi terdapat pada variasi kecepatan udara 5 m/s sebesar 6,46 %.

Banyak sedikitnya air yang dihasilkan oleh mesin *air water harvester* tergantung pada berbagai faktor seperti suhu, RH, konstruksi evaporator, kecepatan udara, *mode free* atau *forced*, posisi evaporator, dan sebagainya. Sementara itu menurut Dirgantara (2021) posisi vertikal adalah posisi terbaik dan menurut Faroni (2022) semakin kecil pipa yang digunakan menghasilkan air yang semakin banyak, maka penelitian ini akan menggunakan pipa-pipa kecil berdiameter pipa 1,7 mm dan dengan posisi vertikal. Dengan menggunakan pipa-pipa kecil dan posisi vertikal diharapkan penelitian menghasilkan massa air yang lebih banyak. Evaporator pipa-pipa kecil ini berdiameter 1,7 mm sudah ada di lab dan sudah diteliti sebelumnya oleh Pengestu (2022). Mengacu pada penelitian Dirgantara (2021), Faroni (2022), Pangestu (2022) dan Mirmanto dkk. (2023) maka penelitian ini akan difokuskan pada pengkajian pengaruh kecepatan udara terhadap kinerja mesin, dengan: (i) variasi kecepatan udara yaitu 1,5 m/s, 3 m/s dan 4,5 m/s, sebab kemampuan maksimal kipas mengalirkan udara masuk hanya 4,5 m/s, sementara di Mirmanto dkk. (2023), mampu menghasilkan kecepatan udara hingga 5 m/s, (ii) posisi evaporator vertikal, dan (iii) diameter evaporator yang paling kecil yaitu 1,7 mm.

## **2. METODE PENELITIAN**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode eksperimen. Dimana jenis metode penelitian ini dapat digunakan untuk menguji suatu perlakuan atau desain baru dengan membandingkan satu atau lebih kelompok pengujian dengan perlakuan dan tanpa perlakuan.

### **2.1 Persiapan alat dan bahan**

Alat dan bahan terlebih dahulu dipersiapkan semuanya agar tidak kebingungan dalam mencari alat dan bahan pada saat penelitian. Peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi kompresor, kondensor, unit pengembun, pipa kapiler, komputer, termokopel, anemometer, barometer, *manifold gauge*, refrigeran R-134a, data logger, timbangan, wadah penampung air, kipas dan udara.

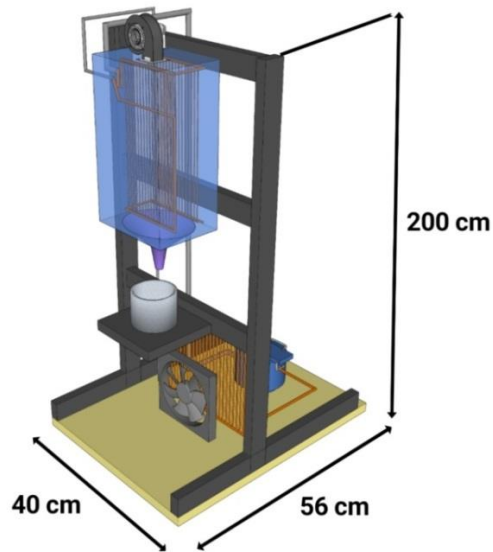
### **2.2 Variabel Penelitian**

Dalam penelitian ini ada dua macam variable yaitu :

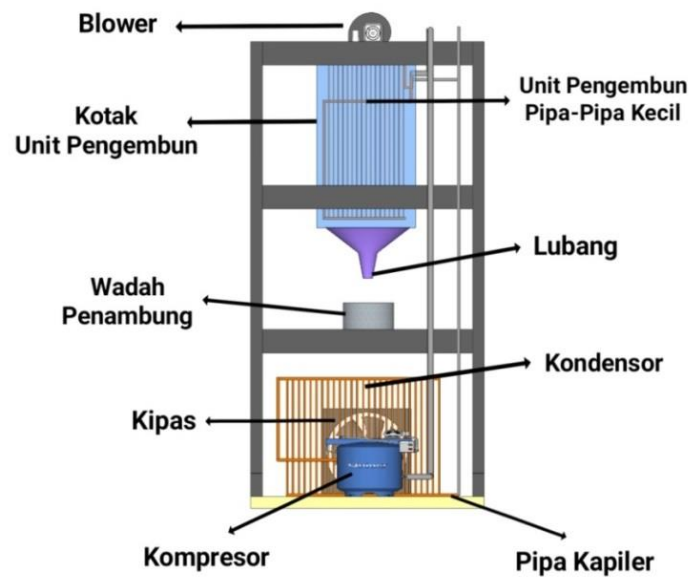
- a) Variabel terikat adalah variabel yang tidak dapat ditentukan atau tidak dapat diatur, dan diperoleh pada saat pengambilan data serta dimasukkan pada analisis data hasil penelitian. Yang termasuk variabel terikat pada penelitian ini adalah: suhu udara keluar, RH udara keluar, tekanan refrigeran (P2, P3 dan P4, sedangkan P1 dibuat sama untuk semua variasi), massa air hasil kondensasi, laju aliran perpindahan panas udara ke evaporator, COP, efisiensi evaporator.
- b) Variabel bebas adalah variabel yang dapat diatur atau ditentukan atau yang dapat diubah-ubah sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun variable bebas pada penelitian ini yaitu kecepatan udara masuk 1,5 m/s dan 3 m/s, 4,5 m/s. Kecepatan terbesar yang digunakan adalah 4,5 m/s, sebab menyesuaikan kemampuan kipas yang ada.

### **2.3 Tahap penelitian**

Pada saat mesin belum hidup catat semua suhu, RH dan tekanan. Kemudian hidupkan data logger dan komputer, kemudian hidupkan mesin pengkondisi dan atur kecepatan udara yang divariasikan, contoh kecepatan udara 4,5 m/s, lalu menyalakan mesin *air water harvester*, ketika semua mesin sudah menyala maka melakukan pencatatan temperatur, tekanan, RH, kecepatan udara masuk, daya kompresor, massa air setiap jamnya. Setelah 7 jam percobaan penelitian dihentikan, percobaan setiap variasinya diulang 3 kali. Melakukan prosedur seperti yang dijelaskan pada variasi kecepatan udara yang lainnya, yaitu 1,5 m/s dan 3 m/s.



Gambar 2.1 Ukuran alat mesin *air-water harvester*.



Gambar 2.2 Skema dan posisi komponen alat mesin *air-water harvester*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja mesin *air water harvester*, yaitu massa air hasil kondensasi, laju aliran perpindahan panas udara ke unit pengembun, COP dan efisiensi unit pengembun. Oleh karena itu ada beberapa tahap yang perlu di analisa baik dalam sisi *refrigerant* maupun dari sisi udara. Adapun data yang diperoleh dari penelitian dengan kecepatan udara 4,5 m/s, sebagai berikut:

Tabel 3.1. Hasil pengamatan pengambilan data RH, kecepatan udara masuk dan massa air pada pengambilan data ke-1 untuk kecepatan udara 4,5 m/s.

Waktu	$m_{air}$ (g)	Kecepatan udara masuk $V_{in}$ (m/s)	$RH_{ling}$ (%)	$RH_{in}$ (%)	$RH_{out}$ (%)
0	0	4,5	79	79	79
3600	107	4,5	77	74	90
7200	213	4,5	74	70	88
10800	318	4,5	73	72	90
14400	420	4,5	72	71	89
18000	523	4,5	76	75	93
21600	627	4,5	80	76	95
25200	730	4,5	76	74	93
Rata-rata		4,5	75,43	73,14	91,14

Tabel 3.2. Hasil pengamatan pengambilan data tekanan dan daya kompresor pada pengambilan data ke-1 untuk kecepatan udara 4,5 m/s.

Waktu	Daya Kompresor				$P_1$ (Psi)	$P_2$ (Psi)	$P_3$ (Psi)	$P_4$ (Psi)	$P_{ling}$ (hPa)
	V (V)	I (A)	PF	P (W)					
0	0	0	0	0	100	100	100	100	1006
3600	231	1,188	0,98	268,9	30	170	160	55	1007
7200	228	1,186	0,98	265,0	30	170	160	55	1006
10800	230	1,24	0,98	279,5	30	170	160	55	1006
14400	227	1,251	0,98	278,3	30	170	160	55	1005
18000	229	1,22	0,98	273,8	30	170	160	55	1004
21600	229	1,228	0,98	275,6	30	170	160	55	1004
25200	229	1,22	0,98	273,8	30	170	160	55	1004
Rata-rata	229	1,219	0,98	273,6	30	170	160	55	1005

### 3.2 Analisis pada psychrometric chart

Data yang diperoleh pada *psychrometric chart online* yaitu bagian uap air yang ada di udara saat masuk unit pengembun ( $m^*$ ) dan bagian uap air yang ada di udara saat keluar unit pengembun ( $m^*$ ), diperlukan temperatur udara masuk unit pengembun dan  $RH_{in}$ , temperatur udara keluar dari unit pengembun dan  $RH_{out}$ . Dengan cara memasukan temperatur dan RH ke dalam *psychrometric chart online*: [Free online Psychrometric Calculator \(hvac-calculator.net\)](http://Free online Psychrometric Calculator (hvac-calculator.net)), diperoleh data seperti ditunjukkan pada table 3.1.

Tabel 3.3. Hasil perhitungan *psychrometric chart* pengambilan data hari ke-1 dari 3 variasi.

Variasi kecepatan udara (m/s)	$T_{in}$ (°C)	$T_{out}$ (°C)	$RH_{in}$ (%)	$RH_{out}$ (%)	$w_1$ (kg/kg <sub>udara kering</sub> )	$w_2$ (kg/kg <sub>udara kering</sub> )
1,5	29,16	20,23	76,14	96,29	0,0195	0,0144
3	29,97	22,59	73,29	94,29	0,0197	0,0163
4,5	30,07	24,06	73,14	91,14	0,0198	0,0172

### 3.3 Perhitungan laju aliran panas total yang diserap unit pengembun

Dari data-data yang diperoleh di dalam penelitian dapat dihitung parameter-parameter: laju aliran massa air yang diembunkan ( $\dot{m}_{air}$ ), laju aliran panas dari udara kering ( $\dot{Q}_{udara\ kering}$ ), laju aliran panas dari embun atau air ( $\dot{Q}_{air}$ ).

laju aliran panas dari uap yang didinginkan ( $\dot{Q}_{\text{uap}}$ ), laju aliran massa udara kering ( $\dot{m}_{\text{udara kering}}$ ), laju aliran massa uap masuk ( $\dot{m}_{\text{uap masuk}}$ ), laju aliran massa udara total ( $\dot{m}_{\text{udara total}}$ ), dan laju aliran panas total yang diserap unit pengembun ( $\dot{Q}_{\text{udara total}}$ ).

Tabel 3.4. Hasil perhitungan laju aliran panas pengambilan hari ke-1 dari 3 variasi.

Variasi kecepatan udara (m/s)	$m_{\text{air}}$ (kg)	$\dot{m}_{\text{air}}$ (kg/s)	$\dot{m}_{\text{udara total}}$ (kg/s)	$\dot{m}_{\text{udara kering}}$ (kg/s)	$\dot{m}_{\text{uap}}$ (kg/s)	$\dot{Q}_{\text{udara kering}}$ (J/s)	$\dot{Q}_{\text{uap}}$ (J/s)	$\dot{Q}_{\text{air}}$ (J/s)	$\dot{Q}_{\text{udara total}}$ (J/s)
1,5	498	0,00001981	0,004958	0,00486	0,0000948	43,67	1,58	48,39	93,64
3	613	0,00002433	0,009892	0,00970	0,0001908	72,06	2,64	59,33	134,03
4,5	730	0,00002897	0,014833	0,01455	0,0002873	87,98	3,23	70,61	161,82

### 3.4 Perhitungan pada siklus kompresi uap

Entalpi *refrigerant* akan digunakan pada perhitungan siklus kompresi uap, dimana entalpi tersebut meliputi: entalpi saat keluar unit pengembun ( $h_1$ ), entalpi saat keluar kompresor ( $h_2$ ), entalpi saat keluar kondenser ( $h_3$ ), entalpi saat masuk unit pengembun ( $h_4$ ),  $h_1$  dan  $h_2$  dicari pada tabel *superheated refrigerant 134a vapor*, sedangkan  $h_3$  dan  $h_4$  memiliki entalpi yang sama dapat dicari pada tabel temperatur *saturated refrigerant 134a liquid*. Adapun data yang akan digunakan untuk mencari entalpi pada tabel termodinamika, meliputi: tekanan *refrigerant* yang keluar unit pengembun ( $P_1$ ), tekanan *refrigerant* yang keluar kompresor ( $P_2$ ), tekanan *refrigerant* yang keluar kondensor ( $P_3$ ), temperatur keluar unit pengembun ( $T_1$ ), temperatur keluar kompresor ( $T_2$ ) dan temperatur keluar kondensor ( $T_3$ ).

Tabel 3.5. Hasil pengamatan pengambilan data tekanan dan temperatur pengambilan ke-1 kecepatan udara 4,5 m/s.

Jam	Temperatur (°C)				Tekanan (kPa)			
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
0	28,4	28,4	28,4	28,4	790,1	790,1	790,1	790,1
1	13,2	61,8	47,2	12,8	307,55	1272,85	1203,9	479,93
2	13,1	62,8	46,4	12,3	307,45	1272,75	1203,8	479,83
3	12,7	61,9	45,7	12,1	307,45	1272,75	1203,8	479,83
4	13,6	61,7	45,6	11,5	307,35	1272,65	1203,7	479,73
5	13,4	62	45,4	12,1	307,25	1272,55	1203,6	479,63
6	13,1	61,5	44,3	11,6	307,25	1272,55	1203,6	479,63
7	13,3	61	43,5	10,6	307,25	1272,55	1203,6	479,63
Rata-rata	13,2	61,81	45,44	11,86	307,36	1272,66	1203,71	479,74

Tabel 3.6. Hasil perhitungan entalpi refrigerant pengambilan ke-1 kecepatan udara 4,5 m/s.

Jam	$h_1$ (kJ/kg)	$h_2$ (kJ/kg)	$h_3$ (kJ/kg)	$h_4$ (kJ/kg)
0	265,83	265,83	265,83	265,83
1	261,86	290,18	119,2	119,2
2	261,77	291,31	117,97	117,97
3	261,42	290,30	116,9	116,9
4	262,22	290,08	116,74	116,74
5	262,05	290,41	116,43	116,43
6	261,78	289,85	114,76	114,76
7	261,96	289,30	113,56	113,56
Rata-rata	261,87	290,20	116,51	116,51

Tabel 3.7. Hasil perhitungan sistem kompresi uap pengambilan hari ke-1 dari 3 variasi.

Variasi kecepatan udara (m/s)	$P_c$ (W)	$W_{in}$ (kJ/kg)	$Q_{in}$ (kJ/kg)	$Q_{out}$ (kJ/kg)	COP
1,5	276,6	28,40	146,15	174,55	5,15
3	280,8	28,56	146,02	174,57	5,11
4,5	273,6	28,34	145,36	173,70	5,13

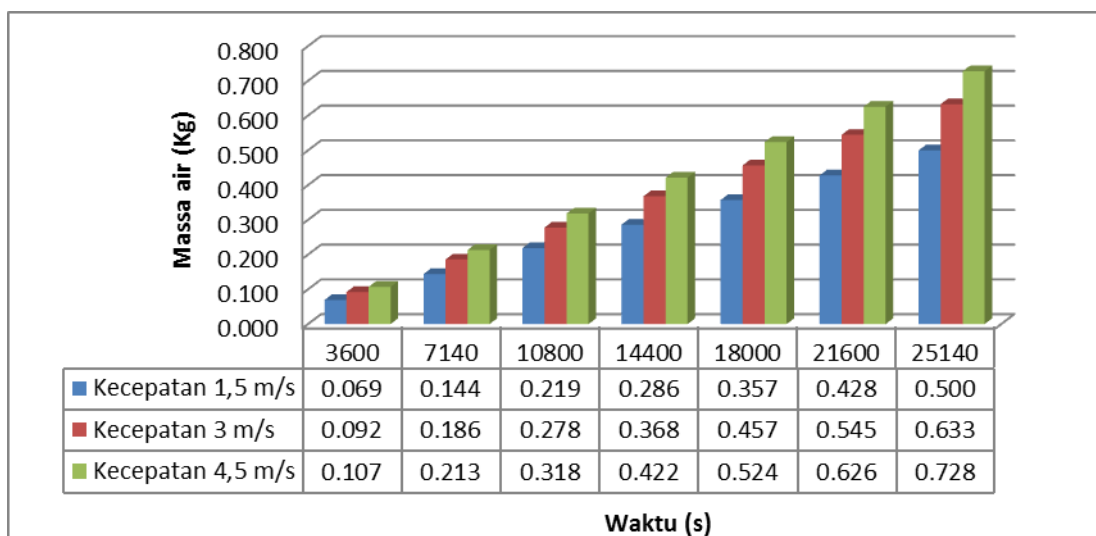
### 3.5 Perhitungan efisiensi unit pengembun

Tabel 3.8. Hasil perhitungan efisiensi unit pengembun pengambilan hari ke-1 dari 3 variasi.

Variasi kecepatan udara(m/s)	$\dot{m}_{ref}$ (kg/s)	$Q_{in}$ (J/s)	$\eta$ (%)
1,5	0,010	1423,34	6,58
3	0,010	1435,93	9,33
4,5	0,010	1403,17	11,53

### 3.6 Pembahasan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan menggunakan mesin *air water harvester* siklus kompresi uap yang bertujuan untuk mengetahui jumlah massa air yang dihasilkan, laju aliran panas udara ke unit pengembun, COP dan efisiensi unit pengembun. Pengambilan data dilakukan setiap variasi kecepatan udara 1,5 m/s, 3 m/s dan 4,5 m/s sebanyak 3 kali dengan total 9 hari. Pengambilan data dilakukan selama 7 jam/hari dimulai dari jam 08.40 s/d 15.40. Data yang ditampilkan pada grafik adalah data rata-rata dalam 3 hari penelitian dari 3 variasi. Berikut 4 grafik yang ditampilkan yaitu jumlah air yang dihasilkan ( $\dot{m}_{air}$ ), nilai koefisien prestasi (COP), laju aliran panas total yang diserap unit pengembun dari udara yang didinginkan ( $\dot{Q}_{udara\ total}$ ), dan efisiensi unit pengembun ( $\eta$ ).



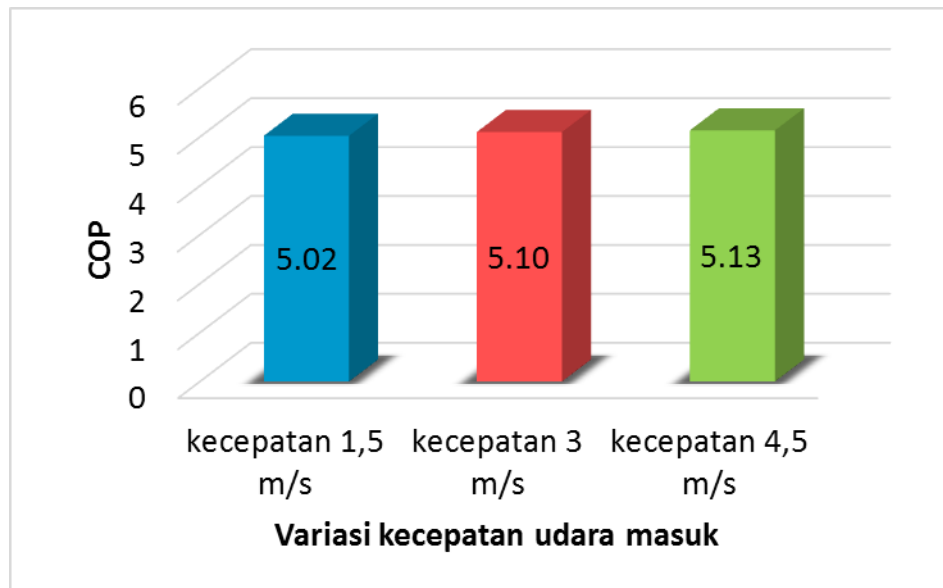
Gambar 3.1. Massa air dari 3 variasi yang masing-masing dilakukan pengulangan 3 kali.

Hasil massa air rata-rata yang ditampilkan pada gambar 3.1 menunjukkan bahwa massa air terbanyak dihasilkan oleh variasi kecepatan udara 4,5 m/s, dengan rata-rata massa air 3 kali pengulangan sebanyak 0,728 kg/7 jam. Kemudian secara berturut-turut dilanjutkan dengan variasi kecepatan udara 3 m/s dengan rata-rata massa air yang dihasilkan sebanyak 0,633 kg/7 jam, variasi kecepatan udara 1,5 m/s dengan rata-rata massa air 0,500 kg/7 jam.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Firdaus (2022) dengan rata-rata massa air terbanyaknya yaitu 0,622 kg yang dihasilkan oleh kecepatan udara 5 m/s, maka massa air rata-rata yang dihasilkan dari penelitian ini lebih banyak dibandingkan pada penelitian Firdaus (2022). Sedangkan, jika dibandingkan dengan penelitian Fauzan (2022) dengan rata-rata massa air terbanyak yaitu 0,869 kg yang dihasilkan oleh kecepatan 3 m/s, maka diketahui masa air rata-rata penelitian Fauzan lebih banyak dari pada penelitian ini.

Dapat dilihat pada perbandingan di atas antara hasil dari penelitian ini dengan hasil dari penelitian Firdaus

(2022) dan Fauzan (2022), bahwa semakin tinggi kecepatan udara masuk ke dalam kotak pengembun maka akan menyebabkan meningkatnya massa air yang diembunkan atau dihasilkan, dengan catatan bahwa udara yang mengalir melalui unit pengembun masih mampu diembunkan sebelum keluar dari lubang kotak. Pada kecepatan 4,5 m/s, penelitian ini menghasilkan massa air yang paling banyak, hal tersebut dikarenakan pada kecepatan 4,5 m/s uap air yang mengalir melalui unit pengembun lebih banyak dari pada kecepatan lainnya. Oleh sebab itu, massa air pada variasi kecepatan udara 4,5 m/s memiliki massa air yang lebih besar dibandingkan dengan variasi kecepatan udara 3 m/s dan 1,5 m/s. Proses pengembunan terjadi dikarenakan terjadinya perpindahan panas dari udara yang temperaturnya lebih tinggi ke refrigeran yang temperaturnya jauh lebih rendah melalui dinding unit pengembun, sehingga menurunkan temperatur udara dan mencapai titik pengembunan.



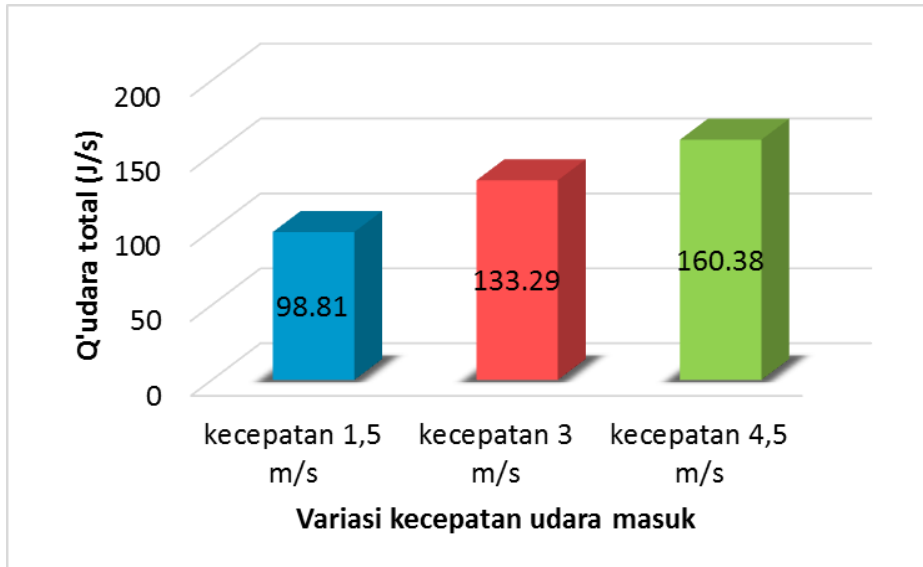
Gambar 3.2. COP dari 3 variasi yang masing-masing dilakukan pengulangan 3 kali.

Pada gambar 3.2 nilai COP tertinggi ditunjukkan oleh variasi kecepatan udara 4,5 m/s dengan rata-rata nilai COP 3 kali pengulangan sebesar 5,13, variasi kecepatan udara 3 m/s memiliki rata-rata nilai COP sebesar 5,10 dan variasi kecepatan udara 1,5 m/s memiliki rata-rata nilai COP sebesar 5,02. Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Firdaus (2022) dengan nilai COP tertingginya yaitu 16,26 yang terjadi pada kecepatan udara 5 m/s dan pada penelitian Fauzan (2022) dengan nilai COP tertingginya yaitu 4,91 yang terjadi pada kecepatan 4,5 m/s, maka dari perbandingan dapat diketahui bahwa nilai COP pada penelitian Firdaus (2022) lebih tinggi daripada nilai COP pada penelitian ini dan penelitian Fauzan (2022).

COP adalah perbandingan beban kalor persatuan massa refrigeran yang diserap oleh refrigeran pada unit pengembun dengan kerja kompresor persatuan massa refrigeran. COP dicari menggunakan nilai entalpi *refrigerant*  $h_1$ ,  $h_2$  dan  $h_4$ . Nilai COP tertinggi pada penelitian ini yaitu pada variasi kecepatan udara 4,5 m/s, hal ini bisa terjadi karena penyerapan kalor pada unit pengembun lebih optimal pada variasi tersebut.

Laju aliran panas total yang diserap oleh unit pengembun dari udara dari 3 variasi dapat dicari dengan menjumlahkan  $\dot{Q}_{\text{udara kering}}$ ,  $\dot{Q}_{\text{uap}}$ , dan  $\dot{Q}_{\text{air}}$ . Data hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 3.4.



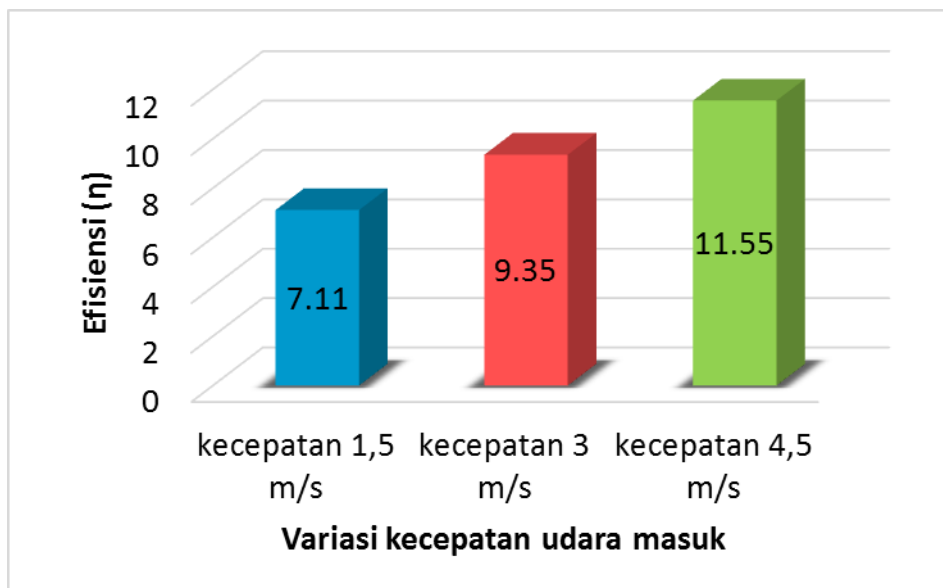


Gambar 3.3. Laju aliran panas udara total yang diserap unit pengembun pada 3 variasi yang masing-masing dilakukan pengulangan 3 kali.

Gambar 3.3 diatas menunjukkan bahwa nilai  $\dot{Q}_{udara\ total}$  tertinggi terjadi pada variasi kecepatan udara 4,5 m/s dengan nilai  $\dot{Q}_{udara\ total}$  3 kali pengulangan sebesar 160,38 J/s, dan berturut-turut nilai  $\dot{Q}_{udara\ total}$  kecepatan udara 3 m/s dan 1,5 m/s sebesar, 133,29 J/s dan 98,81 J/s.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Firdaus (2022) dengan  $\dot{Q}_{udara\ total}$  tertingginya yaitu 161,71 J/s yang terjadi pada kecepatan udara 5 m/s, maka  $\dot{Q}_{udara\ total}$  yang dihasilkan dari penelitian ini lebih rendah dibandingkan pada penelitian Firdaus (2022). Sedangkan, jika dibandingkan dengan penelitian Fauzan (2022) dengan  $\dot{Q}_{udara\ total}$  tertingginya yaitu 132,42 J/s yang terjadi pada kecepatan 4,5 m/s, maka diketahui  $\dot{Q}_{udara\ total}$  penelitian ini lebih tinggi daripada  $\dot{Q}_{udara\ total}$  hasil penelitian Fauzan (2022). Berdasarkan hasil perbandingan tersebut terdapat perbedaan antara nilai  $\dot{Q}_{udara\ total}$  tertingginya, hal ini dipengaruhi oleh nilai  $\dot{m}_{udara\ kering}$  dan  $\dot{m}_{uap}$  yang berbeda-beda dari setiap penelitian. Pada gambar diagram 3.3 pada penelitian ini, kita ketahui bahwa variasi kecepatan udara 4,5 m/s memiliki nilai  $\dot{Q}_{udara\ total}$  tertinggi jika dibandingkan dengan variasi lainnya hal ini bisa terjadi dikarenakan pada variasi kecepatan udara 4,5 m/s memiliki nilai  $\dot{m}_{udara\ kering}$  dan  $\dot{m}_{uap}$  yang paling tinggi, untuk tabelnya bisa dilihat pada tabel 3.4.

Efisiensi unit pengembun dari 3 variasi dapat dicari untuk mengetahui efisiensi total perpindahan panas dari udara ke dinding evaporator dengan membandingkan laju aliran panas total yang diserap unit pengembun dengan laju aliran kalor yang diserap refrigerant pada unit pengembun.



Gambar 3.4. Efisiensi unit pengembun pada 3 variasi yang masing-masing dilakukan pengulangan 3 kali.

Efisiensi unit pengembun dapat dilihat pada gambar 3.4. Efisiensi tertinggi terjadi pada variasi kecepatan udara 4,5 m/s dengan rata-rata efisiensi 3 kali pengulangan sebesar 11,55%, nilai efisiensi kecepatan udara 3 m/s

sebesar 9,35% dan nilai efisiensi kecepatan udara 1,5 m/s sebesar 7,11%.

Jika dibandingkan dengan hasil penelitian Firdaus (2022) dengan nilai efisiensi tertingginya yaitu 6,46% yang terjadi pada kecepatan udara 5 m/s dan pada penelitian Fauzan (2022) dengan nilai efisiensi tertingginya yaitu 4,23% yang terjadi pada kecepatan 4,5 m/s, maka diketahui bahwa nilai efisiensi pada penelitian ini lebih tinggi daripada nilai efisiensi dari hasil penelitian Firdaus (2022) dan Fauzan (2022).

Semakin tinggi kecepatan udara masuk, maka efisiensi akan semakin tinggi, hal ini disebabkan oleh semakin tinggi kecepatan udara masuk, maka semakin tinggi nilai  $\dot{m}_{\text{udara kering}}$  dan  $\dot{m}_{\text{uap}}$ , tingginya nilai  $\dot{m}_{\text{udara kering}}$  dipengaruhi oleh rumus  $\dot{m}_{\text{udara total}}$ , yaitu  $\rho_{\text{in}} \times A_{\text{in}} \times V_{\text{in}}$ . Semakin tinggi kecepatan udara masuk akan mempengaruhi besarnya ( $V_{\text{in}}$ ) pada variasi tersebut, sehingga semakin tinggi kecepatan udara masuk, maka  $\dot{m}_{\text{udara total}}$  akan semakin besar. Sementara itu, efisiensi didasarkan pada laju aliran panas total yang diserap oleh unit pengembun bukan berdasarkan massa air yang dihasilkan saja.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian dan analisis mengenai kinerja kecepatan udara masuk pada unit pengembun mesin *air water harvester* terhadap massa air yang dihasilkan sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa massa air tertinggi terjadi pada variasi kecepatan udara masuk 4,5 m/s dengan rata-rata massa air selama 3 kali pengulangan penelitian sebesar 0,728 kg/7 jam.
2. COP tertinggi terjadi pada variasi kecepatan udara masuk 4,5 m/s dengan rata-rata COP selama 3 kali pengulangan penelitian sebesar 5,13.
3. Laju aliran panas total yang diserap unit pengembun ( $\dot{Q}_{\text{udara total}}$ ) dengan nilai tertinggi terjadi pada variasi kecepatan udara masuk 4,5 m/s dengan rata-rata nilai  $\dot{Q}_{\text{udara total}}$  selama 3 kali pengulangan penelitian sebanyak 160,38 J/s.
4. Efisiensi unit pengembun tertinggi terjadi pada variasi kecepatan udara masuk 4,5 m/s dengan rata-rata nilai efisiensi selama 3 kali pengulangan penelitian sebesar 11,55%.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Atmoko, Y.W.T. (2018). *Karakteristik Mesin Penghasil Air Dari Udara Menggunakan Mesin Siklus Kompresi Uap Dengan Tambahan Kipas Pematik Udara Berkecepatan Putaran Kipas 300 RPM Dan 350 RPM*. [Skripsi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta]. Repositori Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Cengel, Y. A., Boles, M. A. (1994). *Thermodynamics an Engineering Approach, 5th ed.*, USA., McGraw Hill Inc.
- Damanik, Y.V. 2018, *Pengaruh Kecepatan Putaran Kipas Terhadap Performansi Mesin Destilasi Air Dari Udara Menggunakan Siklus Kompresi Uap*. [Skripsi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta]. Repositori Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Dirgantara, R. P. (2021). *Pengaruh Posisi Evaporator Terhadap Jumlah Air Embun Yang Dihasilkan Dengan Menggunakan Sistem Kompresi Uap*. [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.
- Faroni, A. (2022). *Pengaruh Diameter Pipa Unit Pengembun Terhadap Massa Air Yang Dihasilkan Dari Air-Water Harvester*. [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.
- Fauzan, M. (2022). *Kinerja Mesin Air Water Harvester Dengan Unit Pengembun Paralel Pada Berbagai Kecepatan Udara Masuk*. [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.
- Firdaus, L. (2022). *Unjuk Kerja Mesin Air-Water Harvester Dengan Unit Pengembun Shell-Spiral Pada Berbagai Kecepatan Udara Masuk*. [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.
- [Free online Psychrometric Calculator \(hvac-calculator.net\)](https://www.hvac-calculator.net)
- Gaol, C. L. (2019). *Mesin Penghasil Air Dari Udara Dengan Menggunakan Komponen Air Conditioner ¾ PK*. [Skripsi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta]. Repositori Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Lakitan, B. (1992). *Dasar-dasar Klimatologi. Penebar Swadaya, Jakarta*.
- Mirmanto, dkk. (2021). *Effect Of Evaporator Numbers On Water Production Of a Free Convection Air Water Harvester: Case studies in thermal engineering*, 72.
- Mirmanto, Wirawan, M., Firdaus, L. (2022). *Effect Of Air Velocities On The Coil Air Water Harvester Performances. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*. 19 : 37-42.
- Mirmanto, Nurpatricia, Hendra, J.K. (2023). *Pengaruh Suhu Udara Masuk Terhadap Massa Air Yang Dihasilkan Pada Alat Pemanen Air Sederhana*. *Dinamika Teknik Mesin: Jurnal Keilmuan dan Terapan Teknik Mesin*. 13 : 10-17.
- Prasetya I.A. (2022). *Pengaruh Tekanan Unit Pengembun Pada Mesin Air-Water Harvester Terhadap Massa Air Yang Dihasilkan*. [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.
- Winata L.A. (2021). *Pengaruh Jumlah Pipa Evaporator Vertikal Terhadap Laju Aliran Massa Air Yang Diembunkan Dari Udara*. [Skripsi, Universitas Mataram]. Repositori Universitas Mataram.