

Pengaruh Penggunaan Sistem Sekat Dalam Box Portable Atmospheric Water Generator Terhadap Unjuk Kerja Produksi Air, Efisiensi, COP, Pawg Sistem Alami

Maria D.C. Suparlan¹, Muhamad Jafri^{2*}, Ben V. Tarigan³

¹⁻³) Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana
Jl. Adisucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp. (0380)881597

*Corresponding author: muhamad_jafri@staf.undana.ac.id

ABSTRAK

Secara global, jumlah penduduk yang kekurangan akses terhadap air sekitar 2,1 miliar, sementara 4,5 miliar penduduk memiliki sanitasi dan sumber air bersih yang tidak memadai. Kita ketahui bahwa Air sangat bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari, seperti mencuci, memasak, mandi, dll. Sehingga pemenuhan kebutuhan air harus seimbang dengan taraf penambahan jumlah penduduk agar bisa tercukupi. Dalam penelitian ini dilakukan secara eksperimen dengan pengujian pada 2 variasi media uji yaitu media uji dengan sekat dan media uji tanpa sekat, dengan interval waktu 30 menit, temperatur diukur dalam box untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi proses kondensasi pada beberapa titik. Hasil untuk produksi air tawar dalam waktu 24 jam dari 2 variasi media uji dan *Coefficient Of Performance* yang maksimal. Jumlah produksi air untuk 24 jam ialah, variasi media uji dengan perubahan temperatur dan COP yang baik terdapat pada variasi media uji dengan sekat yaitu temperatur tertingginya 36.75°C, untuk nilai kelembabannya 66.3% dan nilai COP yaitu sebesar 0.230769 dan jumlah produksi air sebesar 16 ml, dan perubahan temperatur pada variasi media uji tanpa sekat dengan temperatur tertinggi yaitu sebesar 39.5°C, kelembabannya 65.4% dengan nilai COP yaitu sebesar 0.02 dan jumlah produksi air yaitu sebesar 12 ml.

ABSTRACT

2.1 billion people can't have access to water, and 4.5 billion with insufficient sanitation or clean water sources. While water is extremely useful for everyday, such as washing, cooking, bathing etc. So, fulfillment of water needs must balance with increase the addition of population can be fulfilled. this study, was carried out experimentally by testing on 2 variations media, media test with insulation and media test without insulation, at 30 minutes intervals, temperature was measured in box to identify factors affect condensation process at several points. Obtained from research analyze effect using partition system on PAWG indications for water production, efficiency, COP, natural PAWG systems for fresh water production within 24 hours from 2 variations of media and maximum Coefficient of Performance. Water amount production for 24 hours, the variation of media with changes in temperature and good COP is found in variation media with insulation, the highest temperature is 36.750C, the humidity value 66.3% and COP value 0.230769 and amount water production is 16 ml, and temperature change in variation of media without insulation with the highest temperature is 39.50C, humidity is 65.4% with a COP value 0.02 and the amount of water production is 12 ml.

Keywords: Portable Atmospheric Water Generator, Thermoelectric, Partition System

PENDAHULUAN

Secara global, jumlah penduduk yang kekurangan akses terhadap air sekitar 2.1 miliar, sementara 4.5 miliar penduduk memiliki sanitasi dan sumber air bersih yang tidak memadai [1]. Sementara kita ketahui bahwa Air sangat bermanfaat bagi kehidupan

sehari-hari, seperti mencuci, memasak, mandi, dll. Sehingga pemenuhan kebutuhan air harus seimbang dengan taraf penambahan jumlah penduduk agar bisa tercukupi [2]. Salah satu sumber air yang persediaannya sangat banyak, murah dan bersih adalah udara atmosfer.

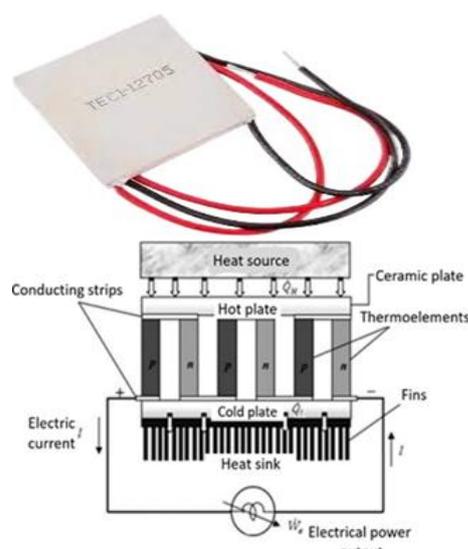
Kadar uap air di atmosfer sama dengan 0,04% dari total air tawar di Bumi [3]. Udara

atmosfer dapat dirubah menjadi air dengan cara proses kondensasi, agar uap air dalam udara dapat dikonsumsi dan tidak terbuang sia-sia [2]. Hasil penelitian [4], menunjukkan bahwa ketika suhu uap air dalam udara mencapai titik jenuh dan terkondensasi menjadi embun disebut titik embun [5]. Titik embun terjadi di bawah tekanan atmosfer yang konstan dan hanya berdasarkan pada kelembapan relative (RH) juga temperature lingkungan (Tamb). Titik embun tersebut didapatkan dengan cara mengekstrak air dari udara memanfaatkan bantuan Atmospheric Water Generator (AWG). Berdasarkan bentuk, ada model AWG yang cukup diminati untuk dikembangkan yaitu model porteble atau yang dikenal dengan istilah Portable Atmospheric Water Generator (PAWG). Portable Atmospheric Water Generator (PAWG) adalah AWG yang modelnya sederhana, kapasitas kecil dan dapat dibawah kemana-mana. Sudah banyak penelitian sebelumnya tentang PAWG, seperti menggunakan metode pendingin [6], kecepatan udara masuk [7], menggunakan sepuluh pendingin termoelektrik yang dipasang linear dalam sebuah array [8] dan variasi temperature udara masuk [9].

Dalam PAWG terdapat sebuah komponen yang berperan penting untuk mengubah udara atmosfer menjadi air yaitu modul *thermoelectric cooling* (TEC). TEC mengubah energi listrik menjadi perbedaan suhu dengan efek pendinginan termoelektrik, yang terdiri dari perpindahan panas dari sisi dingin ke sisi panas, [4].

Teknologi PAWG ini adalah perangkat yang menggunakan prinsip panas laten untuk mengubah molekul uap air menjadi tetesan air. Diketahui bahwa suhu yang dibutuhkan untuk mengembunkan air disebut dengansuhu titik embun. Sebelum memilih perangkat yang efisien, beberapa parameter harus ditentukan yaitu temperatur permukaan dingin (T_c) dan temperatur permukaan panas (T_H). Temperatur permukaan panas ini menggabungkan dua parameter utama, yang pertama efisien perangkat yaitu antara temperatur permukaan panas perangkat dan

temperatur lingkungan sekitar. Kedua, temperatur lingkungan sekitar tempat pembuangan panas [11]. Unjuk kerja box PAWG dipengaruhi oleh banyak faktor. Salah satu faktor tersebut adalah sekat pengisi yang berfungsi sebagai lapisan permukaan aliran air [12]. Sekat-sekat yang ditempatkan di dalam box berfungsi untuk mengalirkan fluida, memperpanjang laju aliran fluida, memperbesar luas permukaan yang terlibat dan memperbaiki aliran fluida agar lebih efektif. Penelitian ini diusulkan untuk menguji kinerja PAWG portable menggunakan sistem sekat di dalam box PAWG dengan system aliran udara alamiah.



Gambar 1. Elemen Peltier *Thermo-Electric* [10]

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin, Universitas Nusa Cendana Kupang, selama 24 jam. Metode yang digunakan adalah eksperimen, terhadap terhadap 2 box AWG portable yang memiliki ukuran sama yaitu kondisi alami menggunakan sekat dan kondisi alami tanpa sekat. Sedangkan untuk variable terikatnya

yaitu konsumsi daya, COP (coefficient of performance) dan volume air kondensasi.

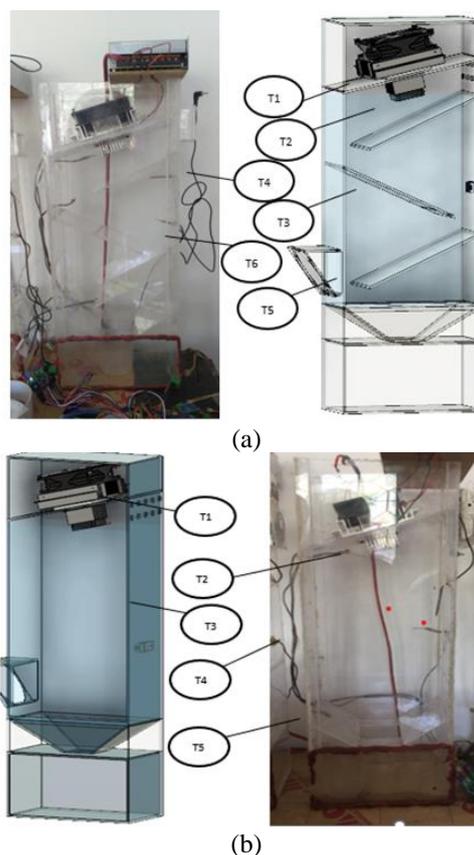
Alat dan bahan.

Tabel 1. Spesifikasi Alat dan Bahan

Nama Alat/Bahan	Spesifikasi
<i>Alat</i>	
Power supply	12V 40A Switching Trafo Jaring
Fan	Dimensi: 24x12,5x6,5cm
Peltier Element	Brand Name : Generic, EAN : 6329161934776, Item Wight : 20.0 grams, Manufacturer Series Number : KG103
Hot side heatsink Fan	Size : 9*9*2.5cm, Current : 0.30A, Rotatespeed : 2500 rpm, Frequency : 50/60Hz, Voltage : DC 12
Measuring Cup	Volume capacity : 0-120 ml
<i>Bahan</i>	
Outer Heatsink	Length : 10cm, Number of fins : 21
Inner Heatsink	Length : 4 cm, Number of fins: 8
Akrilik	2 mm

Data-data yang diukur dalam penelitian ini adalah temperatur dalam box, temperatur Peltier sisi dingin, temperatur Peltier sisi panas, temperatur udara masuk dan temperatur lingkungan. Pengukuran temperature menggunakan Sensor Termokopel Max6675. Kelembaban luar dan kelembaban dalam box menggunakan menggunakan Elitech RC-4HC, serta produksi air tawar menggunakan gelas ukur.

Data-data hasil pengukuran ditunjukkan dalam bentuk grafik hubungan antara variabel. Selanjutnya data-data ini juga dianalisis untuk mengetahui kinerja sistem PAWG melalui analisis COP (coefficient of performance) serta analisis kinerja yang dikembangkan



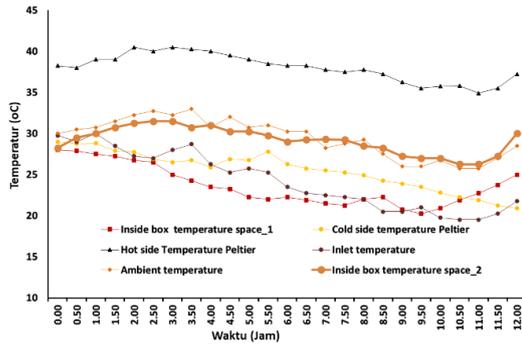
Gambar 2. Skema sistem AWG Portable (a) menggunakan sekat; (b) tanpa sekat

Deskripsi: 1. fan heatsink sisi panas, 2. heatsink sisi panas, 3. heatsink sisi dingin, 4. Sekat/sirip, 5. saluran udara masuk, 6. power Supply, 7. sensor kelembaban, 8. thermocouple, 9. ruang penampung.

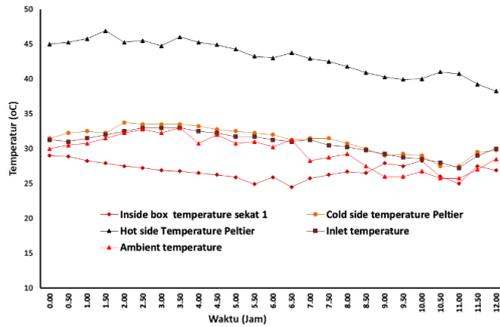
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil Penelitian

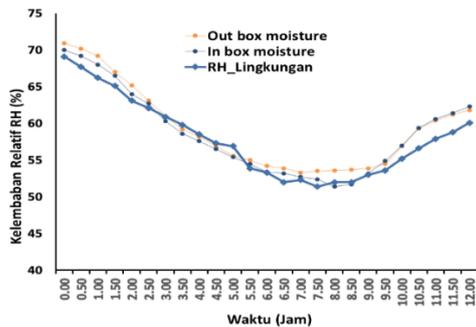
Hasil pengujian pengaruh perubahan temperatur udara masuk melalui variasi media uji terhadap produktifitas air ditabulasi dan dibuat grafik seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 3, 4 dan 5 berikut ini.



Gambar 3. Grafik temperatur terhadap waktupengujian untuk media uji sekat



Gambar 4. Grafik temperatur terhadap waktu pengujian untuk media uji tanpa Sekat



Gambar 5. Grafik RH Terhadap waktu Pengujian untuk media uji Menggunakan sekat, Tanpa Sekat, dan Lingkungan.

Data-data yang diolah dalam penelitian ini adalah data spesifikasi fan dan elemen Peltier. Data ini diolah menggunakan rumus-rumus untuk memperoleh unjuk kerja sistem serta Coefficient Of Performance sistem yang digunakan. Untuk menganalisis kinerja sistem

P_{AWG} dapat menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh [4].

$$P_{sis} = \frac{W_{g/jam}}{P_{AWG}} \quad (1)$$

dimana : $w_{g/jam}$ adalah laju aliran air yang dihasilkan dalam (ml/jam), sedangkan P_{AWG} adalah;

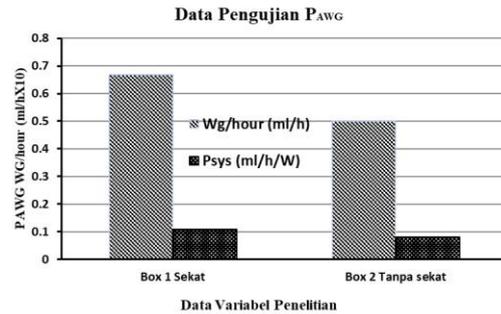
$$P_{PAWG} = P_{Fan.1} + P_{Fan.2} + P_{Pelt.} \quad (2)$$

Hasil analisis data kinerja sitem ($P_{sist.}$) ditabulasi seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 dan dibuat dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan Gambar 6 untuk memudahkan dan membahas.

Tabel 2. Hasil analisis kinerja sitem

Media Uji	Wg/jam (ml/h)	PAWG (W)	Psys (ml/h/W)
Box 1	0,66667	61,8	0,01078
Box 2	0,5	61,8	0,00809

Tabel di atas, dapat juga ditunjukkan dalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan di bawah ini;



Data Variabel Penelitian

Gambar 6. COP terhadap P_{sys} , SPD_{EC} Kinerja suatu perangkat P_{AWG} di nilai dari besarnya koefisien performans atau *Coefficient of Performance* (COP) [13]:

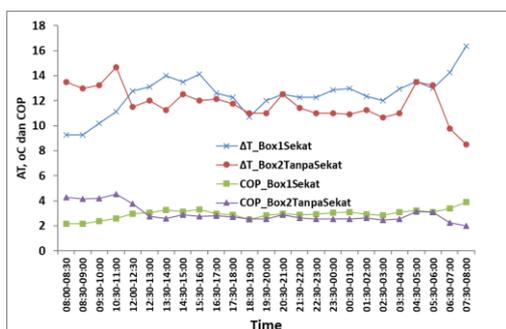
$$COP = \frac{\text{Output, tujuan}}{\text{Eek input}} \quad (3)$$

Output atau tujuan dari sistem P_{AWG} adalah efek kondensasi, sedangkan efek inputnya adalah energi yang diserap oleh Peltier maupun fan. Sehingga persamaan (3) menjadi;

$$COP = \frac{\text{Efek kondensasi}}{P_{Masuk}} \quad (4)$$

Menurut [14], pengertian COP adalah kalor yang diserap pada sisi dingin Q_c dibagi dengan daya masukan: $COP = Q_c/P_{\text{Masuk}}$. Jadi dalam penelitian ini, yang merupakan Q_c adalah efek kondensasi sedangkan P_{Masuk} adalah $P_{\text{fan}} + P_{\text{Peltier}}$.

$$COP = \frac{Q_c}{P_{\text{Masuk}}} = \frac{Q_c}{P_{\text{fan}} + P_{\text{Pel}}} \quad (5)$$



Gambar 7. Grafik perbandingan *Coefficient Of Performance* pada variasi media Uji sekat dan tanpa sekat

Data hasil Penelitian

Gambar 3. menunjukkan bahwa grafik temperatur dengan media uji dengan sekat, untuk setiap waktu pengambilan data temperatur peltier sisi panas paling tinggi, diikuti temperatur dalam box, temperatur lingkungan, dan temperatur sisi dingin peltier paling rendah. Untuk temperatur sisi panas Peltier, temperatur tertinggi sebesar 40,25 °C, dan temperatur terendah terjadi pada pukul 05:00 yaitu sebesar 39,5°C. Untuk temperatur peltier sisi dingin, temperatur tertinggi sebesar 29°C dan temperatur terendah sebesar 20,9 °C. Untuk temperatur bagian sisi udara masuk, temperatur tertinggi sebesar 29,75 °C dan temperatur terendah sebesar 19,5°C. untuk temperatur bagian sekat 1, temperatur tertinggi sebesar 28 °C dan temperatur terendah sebesar 21,25 °C Temperatur lingkungan, tertinggi yaitu sebesar 32,75°C dan temperatur terendah sebesar 25,75°C. Untuk temperatur sekat 2, temperatur tertinggi sebesar 31,5 °C dan temperatur terendah terjadi 26,25 °C.

Gambar 4. menunjukkan bahwa grafik

temperatur dengan media uji tanpa sekat, untuk setiap waktu pengambilan data temperatur peltier sisi panas paling tinggi, diikuti temperatur dalam box, temperatur lingkungan, dan temperatur sisi dingin peltier paling rendah. Untuk temperatur sisi panas Peltier, temperatur tertinggi sebesar 46,9 °C, dan temperatur terendah sebesar 38,25 °C. Untuk temperatur peltier sisi dingin, temperatur tertinggi yaitu sebesar 33,75 °C dan temperatur terendah yaitu sebesar 27,5°C. Untuk temperatur bagian sisi udara masuk, temperatur sebesar 32,25°C dan temperatur terendah sebesar 27,25 °C. Untuk temperatur bagian sekat 1, temperatur sebesar 26,75 °C dan temperatur terendah sebesar 20,25 °C Temperatur lingkungan, tertinggi terjadi sebesar 31,5°C dan temperatur terendah sebesar 26,25°C.

Gambar 5. menunjukkan bahwa grafik kelembaban dalam alat pada media uji dengan 3 RH yaitu RH media uji dengan sekat, tanpa sekat dan RH pada Lingkungan sebesar 70,9% dan kelembaban terendah sebesar 53,3% untuk media uji sekat. Untuk media uji tanpa sekat kelembaban tertinggi sebesar 70% dan kelembaban terendah sebesar 51,4%. Untuk kelembaban luar kelembaban tertinggi terjadi sebesar 69,1% dan kelembaban terendah sebesar 51,4%. Sedangkan produktivitas air tawar tertinggi sebesar 2,6 ml, dan produksi air tawar terendah yaitu dengan hasil produksi air 1,1 ml. Jadi grafik diatas dapat dilihat bahwa kelembaban lingkungan dapat mempengaruhi kelembaban dalam box dan jumlah produksi air. Apabila kelembaban lingkungan menurun maka kelembaban dalam box juga menurun dan produksi air juga sedikit. Sedangkan, jika kelembaban lingkungan naik maka kelembaban dalam box juga naik dan hasil produksi air juga semakin banyak.

Dari Gambar 6 menunjukkan bahwa grafik batang di atas menghasilkan debit air yaitu sebesar 0,67 ml/jam dan, kinerja sistem P_{Sys} yaitu sebesar 0,01078. Dan variasi media uji tanpa sekat, debit air yang dihasilkan berkurang menjadi 0,5 ml/jam diikuti menurunnya kinerja sistem P_{Sys} sebesar

0,00809 ml/h/W. Dari 2 variasi media di atas nilai debit air yang dihasilkan dan kinerja sistem yang maksimum yaitu variasi media uji dengan sekat yaitu 16 ml/jam. Perhatikan Gambar 5 dan 6, terlihat bahwa hasil air diamati meningkat seiring dengan kelembaban relative [5].

Sedangkan hasil analisis untuk volume air, dilakukan pengambilan data setiap 30 menit sekali. Dan untuk kinerja sistem (P_{AWG}) pada variasi media uji dengan sekat dan tanpa sekat, Selanjutnya adalah hubungan antara waktu terhadap debit air yang dihasilkan, kinerja sistem, daya yang dikonsumsi sistem, untuk variasi media uji. Terlihat bahwa untuk media uji, nilai kinerja sistem ($P_{sys.}$) hanya tergantung pada besarnya debit air yang dihasilkan. Untuk pengaruh daya yang diberikan terhadap volume *heatsink* sisi dingin (SPD_{EC}) menunjukkan bahwa nilainya tetap karena nilai daya hanya dipengaruhi oleh volume *heatsink* sisi dingin.

Pada Gambar 7. jika kita amati untuk setiap variasi media uji dengan sekat, kinerja sistem yang optimal terdapat pada debit aliran air 0,67 ml/jam. Untuk variasi tanpa sekat kinerja sistem yang optimal terdapat pada aliran air 0,5 ml/jam. Dapat diamati dari Air kondensat pada media uji, pada 30 menit pertama jam 08:30 Ketika alat dinyalakan udara sudah mulai terkondensasi namun ukuran butiran embun lebih kecil, jam berikutnya di jam 09:00 titik embunnya sudah mulai padat, dan pada jam 9:30 sudah ada titik embun yang menetes. Pada jam 18:00 total titik embun sudah mulai banyak dan titik embun lebih besar. Pada jam 19:00 titik embun yang menetes sebanyak 11 tetesan, jam 20:00 titik embun menetes sebanyak 13 tetesan, pada jam 21:00 titik embun yang menetes sebanyak 5 tetesan, titik embun pada malam hari memiliki ukuran yang lebih pada dan besar, sehingga embun dapat menetes dengan baik dibanding titik embun pada malam hari, karena pengaruh kelembaban dan temperatur.

KESIMPULAN

Pada penelitian ini untuk alat *Portable Atmospheric Water Generator* yang baik untuk produksi air tawar dalam waktu 24 jam dari 2 variasi media uji dan *Coefficient Of Performance* yang maksimal menunjukkan bahwa pengaruh temperatur dan kelembaban berbanding terbalik. Semakin rendah temperatur maka semakin tinggi kelembaban sehingga COP semakin baik, sedangkan semakin tinggi temperatur maka kelembaban menurun sehingga COP menurun. Dengan demikian jumlah produksi air untuk 24 jam, dengan variasi media uji terhadap perubahan temperatur dan COP yang baik terdapat pada variasi media uji dengan sekat yaitu temperatur tertingginya $36,75^{\circ}\text{C}$, untuk nilai kelembabannya 72% dan nilai COP yaitu sebesar 0,230769 dan jumlah produksi air yaitu sebesar 16 ml, dan perubahan temperatur pada variasi media uji tanpa sekat dengan temperatur tertinggi yaitu sebesar $39,5^{\circ}\text{C}$, kelembabannya 65,4% dengan nilai COP yaitu sebesar 0,02 dan jumlah produksi air yaitu sebesar 12 ml.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. H. Jarimi, R. Powell, and S. Riffat, "Review of sustainable methods for atmospheric water harvesting," *International Journal of Low-Carbon Technologies*, vol. 15, no. 2. Oxford University Press, pp. 253–276, May 01, 2020. doi: 10.1093/ijlct/ctz072.
- [2]. K. Nitheesh, A. A. Ahamed, and S. Saravanan, "Atmospheric Water Generation with the Concept of Peltier Effect." [Online]. Available: www.ijert.org
- [3]. N. Shafeian, A. A. Ranjbar, and T. B. Gorji, "Progress in atmospheric water generation systems: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 161, p. 112325, Jun. 2022.

- [4]. I. Casallas, M. Pérez, A. Fajardo, and C. I. Paez-Rueda, "Experimental parameter tuning of a portable water generator system based on a thermoelectric cooler," *Electronics (Switzerland)*, vol. 10, no. 2, pp. 1–14, 2021, doi: 10.3390/electronics10020141.
- [5]. A. H. Shourideh, W. Bou Ajram, J. Al Lami, S. Haggag, and A. Mansouri, "A comprehensive study of an atmospheric water generator using Peltier effect," *Thermal Science and Engineering Progress*, vol. 6, pp. 14–26, Jun. 2018, doi: 10.1016/j.tsep.2018.02.015.
- [6]. S. Liu *et al.*, "Experimental analysis of a portable atmospheric water generator by thermoelectric cooling method," *Energy Procedia*, vol. 142, pp. 1609–1614, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.12.538.
- [7]. B. V. Tarigan, Y. V. Gere, M. Jafri, D. B. N. Riwu, and D. G. H. Adoe, "Analisis pengaruh kecepatan udara masuk PAWG terhadap volume kondensat, kinerja sistem, Psys dan COP," *ARMATUR : Artikel Teknik Mesin & Manufaktur*, vol. 4, no. 1, pp. 87–95, Feb. 2023, doi: 10.24127/armatur.v4i1.3432.
- [8]. V. P. Joshi, V. S. Joshi, H. A. Kothari, M. D. Mahajan, M. B. Chaudhari, and K. D. Sant, "Experimental Investigations on a Portable Fresh Water Generator Using a Thermoelectric Cooler," in *Energy Procedia*, Elsevier Ltd, Mar. 2017, pp. 161–166. doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.085.
- [9]. M. Jafri, B. V Tarigan, and H. S. Lanae, "Analysis of intake air temperature effect on performance of portable atmospheric water generation (PAWG) systems with heat sink angle orientation of 75 o," 2023. [Online]. Available: <http://ejournal.pnl.ac.id/polimesin>
- [10]. B. I. Ismail and W. H. Ahmed, "Thermoelectric power generation using waste-heat energy as an alternative green technology," *Recent Patents on Electrical Engineering*, vol. 2, no. 1, pp. 27–39, Jan. 2009. doi: 10.2174/1874476110902010027.
- [11]. A. Nandy, S. Saha, S. Ganguly, and S. Chattopadhyay, "A Project on Atmospheric Water Generator with the Concept of Peltier Effect," *International Journal of Advanced Computer Research*, no. 2, pp. 2277–7970, 2014.
- [12]. R. Kulkarni and B. Maniam, "Corporate Governance — Indian Perspective," *International Journal of Trade, Economics and Finance*, vol. 5, no. 4, pp. 364–368, Aug. 2014, doi: 10.7763/ijtef.2014.v5.399.
- [13]. Y. A. Çengel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 5th ed. Michigan: McGraw-Hill Higher Education, 2007.
- [14]. M. E. GmbH, "<https://www.meerstetter.ch/customer-center/compendium/70-peltier-elements#COP>."