

Performance Testing Of Seawater Distillation Equipment using Solar Power to Produce Fresh Water

Sepdianto, Khaecal Rabbil Izzati Kosasih, Mohammad Samsul Bakhri

Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Purbaya.

Jl. Jl. Pancakarya No.1, Kalimati, Kajen, Kec. Talang, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah 52193

*E-mail: moh.samsulbakhri@gmail.com

Abstract

Design is a stage that involves several systematic stages, ranging from basic calculations to the performance test process. In the process of making distillation equipment, after the fabrication process, a process of testing the performance of the tool is required. Where is the performance test process to find out if the tool is in accordance with the calculations made in the previous process. This study aims to determine the quality of water resulting from distillation which includes, TDS, odor, pH, and salinity. The test method used in this study is experimental by conducting a performance test of a distillation device that utilizes sunlight for 5 days with 5 liters of water tested (1 liter per day continuously) starting from 08.00 to 17.00 by making observations every 1 hour. The results of the equipment test show that the quality of the water produced from the distillation equipment has met the standards of the Indonesian Ministry of Health. No.2 of 2023, while for the highest freshwater productivity per day of 287 ml and the lowest 204 and for the highest distillation equipment performance with an efficiency value of 94.18% and the lowest efficiency of 86.75%.

Keywords: *distillation; solar power; sea water; quality*

1. Pendahuluan

Destilasi merupakan teknologi pengolahan air untuk memperoleh air tawar dari air keruh atau air laut yang diuapkan dengan pemanasan. Uap air tersebut kemudian dikondensasi untuk menghasilkan air tawar. Panas yang digunakan berasal dari berbagai sumber energi seperti minyak, gas, kayu bakar, matahari dan sumber lainnya[1][2]. Destilasi terdiri dari serangkaian proses yaitu menguapkan cairan, kemudian mendinginkan uap yang dihasilkan, lalu mengumpulkan kondensat dalam satu tempat atau wadah. Metode memisahkan air ini cukup efektif untuk memisahkan suatu campuran yang tersusun dari senyawa atau zat yang berbeda titik didihnya atau suatu komponen yang tidak dapat diuapkan [3][4]. Proses destilasi membutuhkan energi yang dapat dioperasikan dan diperoleh dengan menggunakan sumber energi terbarukan seperti energi matahari, proses destilasi tenaga surya dapat di definisikan sebagai suatu cara untuk memisahkan dan memperoleh air bersih melalui penguapan. Ini bisa sangat berguna dalam mengubah air laut, air payau atau bahkan air yang terkontaminasi menjadi air bersih yang dapat diminum [5][6]. Salah satu sumber daya terbarukan dengan energi radiasi yang melimpah yakni matahari. Jumlah energi matahari yang sampai ke permukaan bumi dalam jumlah yang sangat besar, sebagai perbandingan, jumlah energi matahari lebih besar dari minyak, batu bara, gas alam dan sumber daya alam terbarukan lainnya [7][8]. Rancang bangun merupakan tahapan yang melibatkan beberapa tahap sistematis, mulai dari perhitungan dasar sampai proses uji kinerja[9]. Dalam proses pembuatan alat destilasi, setelah adanya proses fabrikasi diperlukan proses uji kinerja alat. Dimana proses uji kinerja untuk mengetahui apakah alat sudah sesuai dengan perhitungan yang dilakukan pada proses sebelumnya. Untuk mengetahui kinerja alat diperlukannya pengamatan secara langsung pada alat destilasi, seperti pengamatan intensitas radiasi matahari, suhu lingkungan, suhu plat, suhu ruang alat destilasi, pengukuran volume air hasil dari alat perjam sampai perhari dan kualitas air dari hasil destilasi perhari[10]. Setelah adanya proses pengamatan dan pengambilan data dilakukan analisa data untuk mendapatkan nilai kuantitas air, kualitas air yang sudah memenuhi standar air dan nilai efisiensi alat destilasi, agar dapat menyimpulkan apakah alat yang telah dirancang mulai dari proses perhitungan dasar sampai proses uji kinerja bekerja dengan baik sesuai dengan

perhitungan[11]. Proses uji kinerja ini dilakukan untuk mengetahui kinerja alat destilasi air laut dengan melakukan modifikasi ruang evaporasi dengan menggunakan plat alumunium sebagai plat penyerap panas. salah satu manfaat dari sinar matahari adalah menguapkan air (destilasi). Untuk prinsip kerja alat adalah radiasi matahari menembus *glass cover* dan mengenai permukaan *absorber*, sehingga berubah menjadi energi panas. Energi panas dari absorber diserap plat dan air laut pada wadah penampung (basin) pada alat destilasi menyebabkan terjadi penguapan. Uap air yang dihasilkan akan bergerak ke atas dan menempel pada permukaan bawah *glass cover*. Temperature jenuh mengembun, embun yang menempel pada permukaan *glass cover* bagian dalam akan turun secara grafitas mengikuti kemiringan *glass cover* pada pipa keluar[12]. Dalam penelitian ini Teknologi penyulingan air atau destilasi untuk mendapatkan air tawar dari air laut telah lama dikenal. Konsepnya sederhana dan serupa dengan siklus hidrologi yaitu menguapkan air laut dengan cara dipanaskan kemudian uap air tersebut diembunkan dan dikumpulkan ke dalam suatu wadah penampung sehingga didapat air tawar. Sumber panas yang digunakan berasal dari energi yang beragam, seperti minyak, gas, listrik, tenaga matahari dan lainnya. Untuk tujuan penelitian membandingkan variasi sudut kemiringan atap 20°, 30° dan 50°. Sudut kemiringan atap yang divariasikan pada alat destilasi air laut untuk mengetahui sudut kemiringan yang paling baik menghasilkan volume air dan hasil kondensat selama tiga hari yaitu sudut kemiringan atap 30° [13][14].

2. Material dan metodologi

2.1. Metodologi Penelitian

Dalam pengujian ini menggunakan metode pengujian eksperimental dengan melakukan uji kinerja alat destilasi dan air laut yang digunakan sebanyak 5000 ml selama pengujian 5 hari (1 liter perhari secara berkelanjutan) dengan melakukan pengamatan setiap 1 jam dari pukul 08.00 sampai 17.00 dengan menggunakan sumber tenaga matahari. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Uji kinerja dilaksanakan di lapangan Desa Pepedan, Kec. Dukuhturi, Kab. Tegal, Jawa Tengah. Alat dan Bahan yang digunakan adalah 1. satu set alat destilasi dengan dimensi alat destilasi terdiri dari panjang 30 cm dan lebar 30 cm, tinggi 15 cm, panjang sisi miring 25 cm dengan kemiringan 45 derajat serta tinggi rangka 60 tinggi cm. Seperti yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Destilasi

Air laut Air laut dengan kapasitas 5000 ml yang diambil pada pantai Desa larangan, Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal. 3. Digital Thermokopel TM902C Alat ini digunakan untuk mengukur suhu plat dan suhu ruang. 4. Lux meter

AS803, alat ini digunakan mengukur intensitas cahaya dalam satuan lux. Lux adalah satuan yang menggambarkan jumlah lumen per meter persegi atau beberapa banyak cahaya yang mengenai permukaan tertentu. 5. pH meter, alat ini digunakan untuk mengukur tingkat keasaman atau kebasaan dalam suatu larutan. Nilai pH berkisar dari 0 sampai 14, dengan nilai 7 dianggap netral, nilai dibawah 6,5 dianggap asam dan nilai diatas 8,5 dianggap basa tidak dapat dikonsumsi oleh manusia. 6. TDS meter G004, alat ini digunakan untuk mengukur jumlah partikel yang terlarut pada air. Satuan yang digunakan TDS Meter adalah ppm (part per million) atau seperjuta bagian. 7. Salinity refraktometer, alat ini digunakan untuk mengukur konsentrasi cairan atau kadar padatan yang terlarut dalam cairan. Alat ini digunakan untuk mengukur konsentrasi garam, gula dan lainnya[15]. 7. Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume air yang didapat dari hasil destilasi. 8. Thermometer TP 101, alat ini digunakan untuk mengukur suhu air sebelum dan sesudah dari hasil destilasi [13].

2.2. Parameter Pengujian

Parameter yang diamati pada penelitian ini : 1. Suhu evaporator Untuk mengambil data suhu evaporator diletakan sensor termokopel untuk mencatat suhu plat dan suhu dalam ruang alat. 2. Suhu lingkungan Untuk mengambil data suhu lingkungan diletakan Lux Meter disekitar alat destilasi. 3. Intensitas cahaya matahari Untuk mengambil data intensitas cahaya matahari diletakan Lux Meter disekitar alat destilasi. 4. Kualitas air hasil destilasi (pH, TDS, Salinitas, dan bau) Untuk mengambil data kualitas air dilakukan pengujian air tawar pada setiap pengamatan perhari dengan menggunakan alat pH, TDS, Refraktometer. 5. Suhu air hasil destilasi Untuk mengambil data suhu air hasil destilasi diletakan sensor Thermometer TP101 didalam air. 6. Volume air hasil destilasi Untuk mengambil data volume air tawar digunakan gelas ukur setiap pengamatan perhari.

2.3. Parameter Perhitungan

1. Energi radiasi yang diserap plat [6]

Energi radiasi merupakan energi panas yang dihasilkan plat penyerap radiasi untuk memanaskan air laut yang berada diatasnya selama proses. Untuk perhitungan energi yang diserap plat, menurut. Persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$Q_{in} = \epsilon \times IT \times AC \quad (1)$$

Keterangan:

IT : Intensitas surya (W/m^2)

AC : Luas permukaan penyerap (m^2)

ϵ : Emisifitas plat penyerap (1)

Q_{in} : Energi radiasi yang sampai ke plat (watt)

2. Energi yang hilang dari kolektor

Berikut persamaan yang digunakan untuk mencari energi yang hilang dari kolektor :

$$Q_{loss} = \epsilon \cdot IT \cdot AC - m \cdot CP \cdot \Delta T + m \cdot hfg \quad (2)$$

Keterangan:

IT : Intensitas surya (W/m^2)

ϵ : Emisifitas plat penyerap (1)

CP : Panas spesifik zat ($J/kg \text{ } ^\circ C$)

ΔT : Perbedaan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

m : Massa zat yang diuapkan (kg)

hfg : Panas laten penguapan ($22,6 \times 105 \text{ J/kg}$)

TP : Temperatur plat penyerap ($^{\circ}\text{C}$)

Ta : Temperatur lingkungan ($^{\circ}\text{C}$)

AC : Luas plat penyerap (m^2)

3. Energi yang berguna pada destilasi

Energi yang berguna merupakan energi yang dibutuhkan untuk menguapkan air laut selama proses destilasi. persamaan untuk mengetahui energi yang berguna pada alat destilasi :

$$Qu = (m \cdot CP \cdot \Delta T + m \cdot hfg) / t \quad (3)$$

Keterangan:

Qu : Energi yang berguna bagi kolektor (watt)

m : Massa zat yang diuapkan (liter atau kg)

CP : Panas spesifik zat ($\text{J/kg} \cdot ^{\circ}\text{C}$)

ΔT : Perbedaan temperature ($^{\circ}\text{C}$)

hfg : Panas laten penguapan (J/kg)

t : Total waktu pengujian (s)

4. Efisiensi alat destilasi

Efisiensi alat destilasi adalah perbandingan antara energi yang digunakan untuk menguapkan air dengan energi energi matahari yang diterima oleh plat. Berikut persamaan perhitungannya :

$$\eta_c = Q_{out} / Q_{in} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

η_c : Efisiensi alat destilasi air laut;

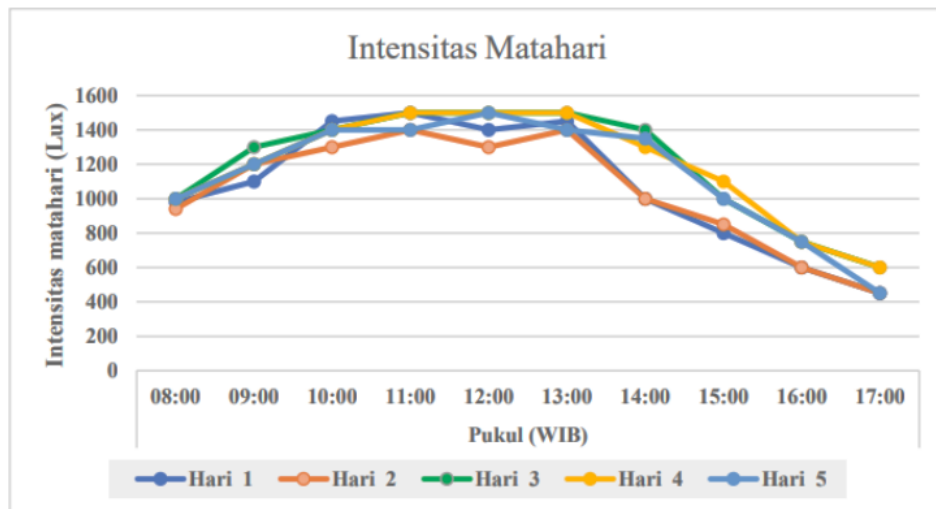
Q_{in} : Energi radiasi matahari yang diserap plat (Watt)

Q_{out} : Energi yang berguna dari kolektor (Watt)

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Hasil Pengamatan Intensitas Matahari

Data intensitas matahari selama 5 hari penelitian dapat dilihat pada gambar 3. Pada grafik tersebut terlihat bahwa intensitas matahari yang didapat mengalami lonjakan dan penurunan yang tidak pasti setiap harinya. Intensitas matahari secara umum akan meningkat pada pagi hari menuju siang hari dan menurun setelah siang hari menuju sore hari. Hal ini disebabkan karena gerak semu harian matahari dari timur ke barat yang menyebabkan sudut datang sinar matahari yang mempengaruhi jumlah energi yang diterima oleh permukaan bumi. Semakin tegak posisi matahari dengan bumi, semakin besar energi yang diterima, sehingga umumnya intensitas sinar matahari yang terukur pada siang hari adalah paling tinggi dibandingkan waktu lainnya.



Gambar 2. Grafik Intensitas Cahaya Matahari

Pada gambar 2 terlihat bahwa nilai intensitas sinar matahari pada hari kedua saat pukul 10.00 dan 12.00 adalah yang terendah dibandingkan hari lainnya. Sementara pada hari pertama dan kedua terjadi penurunan drastis intensitas matahari pada pukul 13.00. penurunan nilai intensitas ini dapat disebabkan karena adanya penghalang berupa yang menaungi lokasi pengamatan pada waktu pengambilan data.

3.2. Hasil Rata-Rata Suhu Pengamatan Lapangan

Data rata-rata pengamatan lapangan selama 5 hari penelitian yang dapat dilihat pada Tabel.1

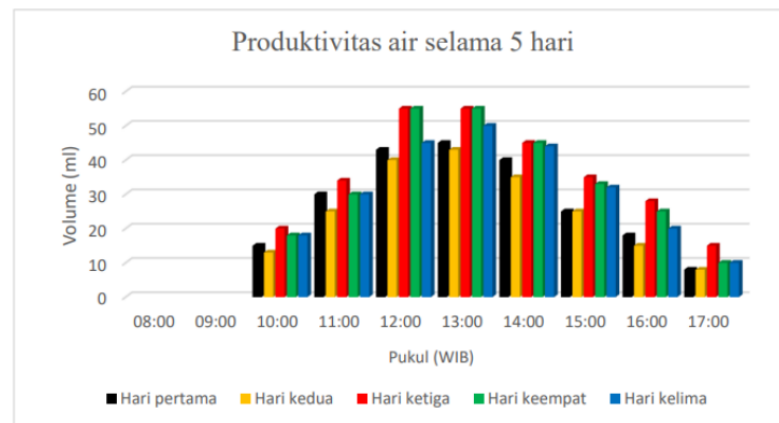
Tabel 1. Rata-rata suhu pengamatan lapangan

temperature lingkungan (T_l)	temperature plat (T_p)	temperature ruang alat (T_r)	intensitas matahari (lux)	volume air hasil (ml)
33,5	43,22	43,5	1073	224
32,2	42,3	42,33	1044	204
35,2	45,33	48,8	1195	287
35,22	45	46,4	1185	271
33,87	43,33	45,3	1145	249

Dari hasil pengamatan selama 5 hari mulai dari pukul 08.00 sampai 17.00 didapat rata-rata pengamatan perhari. Terlihat bahwa nilai tertinggi pada hari ketiga dengan nilai temperature lingkungan 35,2°C, temperature plat 45,33°C, temperature ruang 48,8°C, dan intensitas matahari 1195 lux dengan air yang didapat 287 ml, sedangkan nilai terendah pada hari kedua dengan nilai temperature 32,2°C, temperature plat 42,3°C, temperature ruang 42,33°C dan intensitas matahari 1044 lux dengan air yang didapat 204 ml. Dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai intensitas matahari, semakin besar pula nilai temperature dan semakin banyak air yang didapat dari alat destilasi.

3.3. Hasil Produktivitas Air Dari Alat Destilasi

Produktivitas air hasil yang dihasilkan pada alat penelitian ini mulai dari pukul 08.00 sampai pukul 17.00 selama 5 hari dapat dilihat pada tabel dan sebagainya yang dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Diagram Produktivitas Air

Pada gambar 3 menunjukkan produktivitas (volume) air yang dihasilkan terhadap waktu. Pada grafik tersebut terlihat bahwa terjadi peningkatan volume air secara konsisten sejak pukul 10.00-12.00 WIB. Peristiwa ini terjadi karena semakin siang proses destilasi dilakukan, temperature evaporasi meningkat sehingga produktivitas (volume) air yang dihasilkan dari proses avaporasi juga semakin meningkat. Sementara nilai produktivitas air mulai menurun seiring dengan menurunnya intensitas sinar matahari (Gambar 4). Setelah pukul 14.00 posisi matahari sudah mulai bergerak ke arah barat, sehingga nilai intensitas matahari yang diterima semakin berkurang menjelang matahari terbenam. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi laju produktivitas air hasil destilasi diantaranya adalah naik turunnya temperature yang cukup signifikan seperti cuaca, kelembapan udara, intensitas cahaya dan suhu lingkungan. Pada gambar 4 terlihat bahwa titik maksimum pembentukan air akibat proses evaporasi terjadi sekitar pukul 12.00-13.00 WIB. Air yang dihasilkan pada waktu tersebut mencapai 40-55 ml, sedangkan produktivitas paling sedikit terdapat pada pukul 08.00 dan pukul 17.00 WIB sebesar 8-15 ml. hal ini disebabkan oleh intensitas sinar matahari pada jam 08.00 dan pukul 17.00 WIB rendah dan pada pukul 12.00-14.00 WIB intensitas sinar matahari tinggi. Produktivitas air paling banyak dihasilkan adalah pada hari ketiga sebesar 287 ml, sedangkan produktivitas paling sedikit pada hari kedua sebesar 204 ml.

3.4. Hasil Uji Kualitas Air Destilasi

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini bahwa kualitas air tawar yang dihasilkan oleh alat destilasi telah memenuhi syarat ketentuan peraturan Menteri Kesehatan R.I No. 2 Tahun 2023 tentang standar kualitas air minum. Untuk parameter Total Disolved Solids (TDS), bau, pH dan Salinitas. Seperti yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kualitas Air Hasil Destilasi.

No	Parameter	satuan	Hari					standar (Max)
			I	II	III	IV	V	
1	TDS	mg/L	265	265	281	113	216	<300
2	Bau	-	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau	tidak berbau
3	pH	-	7,4	7,3	7,5	7,5	7,4	6,5-8,5
4	Salinitas	ppt	0	0	0	0	0	<0,5 ppt

3.5. Efisiensi alat destilasi tenaga matahari

Hasil Efisiensi alat destilasi tenaga matahari dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Efisiensi alat destilasi surya.

Hari ke-	Energi Masuk (<i>W</i>)	Energi Berguna (<i>W</i>)	Efisiensi (%)
1	74,16	66,26	89,34
2	75,98	65,92	86,75
3	76,51	72,08	94,18
4	76,36	71,50	93,18
5	76,36	69,76	91,62

Pada tabel 3 memperlihatkan bahwa nilai efisiensi yang dihitung perhari dari kemampuan alat destilasi untuk menghasilkan air tawar. berdasarkan pengujian dan pengamatan alat destilasi selama lima hari, didapatkan nilai efisiensi tertinggi pada hari ketiga dengan nilai 94,18% sedangkan efisiensi terendah pada hari kedua dengan nilai 86,75%. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi antara lain kondisi cuaca, intensitas matahari, suhu lingkungan, laju perpindahan panas dan lainnya

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil peneliiian, telah didapat beberapa kesimpulan sebagai berikut: 1. Dari hasil penelitian ini bahwa kualitas air hasil alat destilasi telah memenuhi memenuhi standar KEMENKES RI No. 2 Tahun 2023, sehingga air destilasi dapat konsumsi dan untuk hasil pengukuran kadar garam yang terlarut pada air destilasi dapat digolongkan sebagai air tawar. 2. Alat destilasi pada penelitian ini mampu bekerja dengan cukup baik dengan nilai produktivitas air tawar tertinggi perhari 287 ml dan terendah sebesar 204 ml. Efisiensi kinerja alat destilasi tertinggi dengan nilai efisiensi sebesar 94,18% dan efisiensi terendah sebesar 86,75%. Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa performa alat destilasi menggunakan tenaga matahari sudah cukup baik.

Daftar Pustaka

- [1] N. A. Uwar and E. R. Soselissa, "Pengaruh penggunaan air pendingin kondensor terhadap hasil destilasi sampah plastik kapasitas 3 kg," vol. 3, no. 1, pp. 11–18, 2022.
- [2] P. D. I. Laboratorium, "ASSEMBLE A SIMPLE DISTILLATION APPARATUS FOR PROXIMATE," vol. 6, no. 1, pp. 43–46.
- [3] A. Khan, N. Shahzad, A. Waqas, M. Mahmood, M. Ali, and S. Umar, "Unlocking the potential of passive cooling : A comprehensive experimental study of PV / PCM / TEC hybrid system for enhanced photovoltaic performance," *J. Energy Storage*, vol. 80, no. August 2023, p. 110277, 2024, doi: 10.1016/j.est.2023.110277.
- [4] A. M. Obalalu *et al.*, "Thermal performance of Oldroyd-B hybrid nanofluid in solar energy-based water pumping systems and entropy generation minimization," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 51, no. September, p. 103476, 2023, doi: 10.1016/j.csite.2023.103476.
- [5] J. Pratilastiarso, L. Diana, E. Tridianto, and A. G. Safitra, "Pemasangan Smart Solar Water Pump Sebagai Alat Irigasi Sawah Di Desa Gayam Kabupaten Bojonegoro," *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 27, no. 1, p. 21, 2021, doi: 10.24114/jpkm.v27i1.20801.
- [6] H. Riupassa, T. T. Rumengan, S. Pengajar, P. Studi, and T. Mesin, "Analisis kinerja destilator air laut tenaga surya".
- [7] D. Gaib, A. Arbie, D. Gede, and E. Setiawan, "RANCANG BANGUN ALAT DESTILASI AIR LAUT

MENGGUNAKAN TENAGA MATAHARI SEBAGAI ALTERNATIF PENYEDIAAN AIR,” vol. 8, no. 1, 2023.

- [8] N. R. Alham, F. H. Rumawan, M. Muslimin, R. M. Utomo, and A. Maulana, “Aplikasi Photovoltaic Cell (Pv) Terhadap Variasi Beban Elektrik Sebagai Energi Alternatif,” *J. Tek. Elektro Uniba (JTE UNIBA)*, vol. 5, no. 2, pp. 123–129, 2021, doi: 10.36277/jteuniba.v5i2.92.
- [9] Sularso., “DASAR PERENCANAAN DAN PEMILIHAN ELEMEN by sularso,” *Kiyokatsu Suga*, pp. 1–23, 2002.
- [10] R. Darpono and B. Niam, “PROSES MENGUBAH AIR LAUT MENJADI AIR TAWAR MENGGUNAKAN SOLAR CELL DENGAN,” vol. 13, no. 1, pp. 64–67, 2024.
- [11] R. A. Putra, G. A. Pauzi, and A. Surtono, “Rancang Bangun Alat Destilasi Air Laut dengan Metode Ketinggian Permukaan Air Selalu Sama Menggunakan Energi Matahari,” vol. 06, no. 01, pp. 101–108, 2018.
- [12] H. Ambarita, “Study on the performance of natural vacuum desalination system using low grade heat source,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 8, no. July, pp. 346–358, 2016, doi: 10.1016/j.csite.2016.09.005.
- [13] P. Studi, T. Pertanian, F. Teknologi, and U. Mataram, “ANALISIS KINERJA ALAT DESALINASI AIR LAUT PENGHASIL AIR TAWAR DAN GARAM DENGAN,” vol. 6, no. 1, pp. 29–34, 2019.
- [14] I. G. B. Wiradhi Yogathama, I. W. Arta Wijaya, and I. N. Budiastra, “Desain.Pembangkit.Listrik.Tenaga Surya.(Plts).Mengikuti.Pola.Atap Wantilan.Desa.Antosari.Untuk Memenuhi.Daya.3600.Watt,” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 2, p. 83, 2021, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i02.p10.
- [15] A. Fairuz, M. Faeshol Umam, M. Hasanuzzaman, N. A. Rahim, and I. M. Mujtaba, “Modeling and analysis of hybrid solar water desalination system for different scenarios in Indonesia,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 276, no. November 2022, p. 116475, 2023, doi: 10.1016/j.enconman.2022.116475.