Jurnal Ilmiah
jurutera
Journal of Applied Engineering
ISSN 2356-5438

# Solar Distillation Experiment Parabolic dish integrated with Spiral Copper Tube Condenser

***Wahyu Kurniawan [1], Muhammad Amin [2], Nasruddin A. Abdullah [3]***

*[1,2,3)] Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Samudra, Langsa 24416, Indonesia*

INFORMASI ARTIKEL

***Riwayat Artikel:***
Dikirim 11 Juni 2025
Direvisi dari 24 Juni 2025
Diterima 28 Juli 2025
Dipublikasi 30 Desember 2025

***Keywoard's:***
Solar distillation,
Parabolic dish,
Receiver,
Copper spiral pipe,
Water production rate.

***DOI:***
doi.org/10.55377/jurutera.vxxixx.xxxxx

A B S T R A C T

*The availability of clean water has become a major challenge due to population growth and climate change, despite 97.5% of the Earth's surface consisting of water, only 2.5% is suitable for consumption. Desalination has become an important solution to convert seawater into fresh water. One of the technologies used is the parabolic solar concentrator, which focuses sunlight to a single point to generate steam. Research using a parabola measuring 71.98 cm × 50 cm with a focal point of 62 cm produced 0.88 liters of distilled water with a cooler and 0.23 liters without a cooler. The efficiency increased from 11% to 12.5% with the use of a cooler. Spiral tubes also help to reduce the temperature of the outgoing steam, enhancing the effectiveness of the system.*

A B S T R A K

Ketersediaan air bersih menjadi tantangan utama akibat pertumbuhan penduduk dan perubahan iklim, meskipun 97,5% permukaan bumi terdiri dari air, hanya 2,5% yang layak dikonsumsi. Desalinasi menjadi solusi penting untuk mengubah air laut menjadi air tawar. Salah satu teknologi yang digunakan adalah parabolic solar concentrator, yang memfokuskan panas matahari ke satu titik untuk menghasilkan uap. Penelitian menggunakan parabola berukuran 71,98 cm × 50 cm dengan titik fokus 62 cm menghasilkan air distilat sebanyak 0,88 liter dengan pendingin dan 0,23 liter tanpa pendingin. Efisiensi meningkat dari 11% menjadi 12,5% dengan penggunaan pendingin. Pipa spiral juga membantu menurunkan suhu uap keluar, meningkatkan efektivitas sistem.

© 2025 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan sektor perikanan sebagai salah satu sumber penghasilan utama, terutama bagi masyarakat pesisir yang bergantung pada laut sebagai mata pencaharian. Pengeringan ikan merupakan salah satu metode pengolahan hasil laut yang banyak digunakan, khususnya untuk mempertahankan kualitas dan nilai gizi ikan. Keamanan air merupakan salah satu tantangan global utama bagi generasi mendatang(1). Kelangkaan air bersih telah menjadi masalah besar bagi umat manusia yang membahayakan ketahanan pangan, kesehatan manusia, dan ekosistem alam (2). Populasi dunia terus bertambah, dan air tawar selalu menjadi salah satu kebutuhan paling vital bagi kehidupan untuk terus berlanjut di bumi (3). air tawar telah mengakibatkan penggurunan eksponensial bersamaan dengan peningkatan harga air (4). Teknologi kolektor parabola surya telah mendapat perhatian signifikan di kalangan peneliti karena potensi ekonominya untuk memenuhi permintaan energi listrik dan termal (5). Kolektor parabola (PTC) merupakan salah satu teknologi tenaga surya yang paling matang yang dikembangkan secara komersial (6). pipa kondensor terhadap perpindahan panas dan koefisien perpindahan panas menyeluruh serta

**E-mail Coresponden** : muhammadamin@unsam.ac.id
© 2025 ISSN. 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

perbandingan (7). Kondensor adalah salah satu alat yang berfungsi sebagai penukar panas jenis rekuperator (8) Energi termal sinar matahari merupakan salah satu teknik yang paling menjanjikan dan berkembang pesat di dunia. Pada era sekarang, pemanfaatan energi surya meningkat seiring dengan perkembangan masyarakat serta perkembangan teknik pengumpulan energi surya (9).

Ketersediaan air minum menjadi masalah serius di banyak wilayah dunia, meskipun 97,5% permukaan bumi terdiri dari air, hanya 2,5% yang layak dikonsumsi. Pertumbuhan penduduk dan perubahan iklim memperparah krisis air bersih. Salah satu solusi yang banyak digunakan adalah desalinasi, yaitu proses menghilangkan kadar garam dari air laut agar layak dikonsumsi. Selain menghasilkan air tawar, desalinasi juga dapat menghasilkan garam sebagai produk sampingan. Namun, penggunaan energi konvensional dalam proses ini menimbulkan dampak lingkungan yang signifikan (10).

Proses desalinasi menggunakan membran, seperti reverse osmosis (RO), menjadi metode yang umum dalam pengolahan air, meskipun masih menghadapi tantangan efisiensi dan biaya. Di sisi lain, desain parabola pada sistem distilasi surya memungkinkan pemusatan energi matahari secara efisien, mempercepat proses pemanasan dan pembentukan uap, sehingga meningkatkan laju distilasi. Distilasi surya menjadi alternatif yang menjanjikan karena efisiensi termal dan keberlanjutannya. Di Indonesia, metode membran berpotensi diterapkan, terutama di daerah dengan air payau akibat intrusi air laut, seperti Jakarta dan Surabaya. Negara seperti Arab Saudi dan Amerika Serikat telah menggunakan teknologi ini secara luas di beberapa lokasi seperti Buwayb, Salbukh, Sanibel Island, dan Florida (11).

Sistem distilasi surya berbasis parabola efisien dalam menghasilkan air bersih, terutama di daerah dengan sinar matahari melimpah. Keunggulannya terletak pada biaya operasional rendah dan keberlanjutan karena menggunakan energi terbarukan. Namun, kapasitas produksi terbatas dan bergantung pada intensitas matahari. Sebaliknya, metode konvensional lebih cepat dan mampu menghasilkan air dalam jumlah besar, tetapi mahal dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Sistem surya cocok untuk skala kecil, sedangkan metode konvensional lebih tepat untuk skala besar.

Sebagian besar proses distilasi masih bergantung pada energi fosil, termasuk minyak jelantah. Namun, pemanfaatan minyak jelantah sebagai biodiesel menawarkan solusi lingkungan dan ekonomi, karena menghasilkan emisi GRK lebih rendah dan memanfaatkan limbah sebagai bahan baku. Sebagai biofuel generasi kedua, biodiesel ini mendapat insentif di negara maju. Untuk mengurangi jejak karbon, energi terbarukan seperti tenaga surya terkonsentrasi menjadi alternatif menarik dalam proses distilasi (12).

Parabola piringan adalah metode paling efisien dalam tenaga surya terkonsentrasi karena mampu memfokuskan sinar matahari secara optimal. Teknologi ini ideal untuk distilasi dan aplikasi lain yang memerlukan panas tinggi, seperti kompor surya yang menggantikan bahan bakar minyak atau kayu bakar (13). Parabolic solar concentrator bekerja dengan memfokuskan panas matahari ke satu titik untuk menghasilkan uap air bersuhu tinggi. Dalam penelitian, alat dengan ukuran 500×500 mm dan titik fokus 100 mm mampu menghasilkan suhu hingga 165,8 °C dan air destilasi sebesar 80 ml/jam. Sistem ini menggabungkan parabola piringan dan kondensor pipa tembaga spiral yang efektif mendinginkan uap. Pendekatan ini dinilai efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Penelitian terdahulu juga menunjukkan efektivitas pemanas listrik dengan suhu optimal 80–100°C untuk distilasi air laut (14). Penelitian Ahmad et al. mengevaluasi distilasi air laut dengan pemanas listrik berdaya 500W, 1000W, dan 1500W (15). Daya lebih tinggi mempercepat penguapan namun meningkatkan konsumsi energi, sehingga insulasi termal sangat penting untuk efisiensi. Sementara itu, González et al. mengembangkan sistem hybrid listrik-surya yang mampu mengurangi penggunaan energi listrik hingga 40% pada cuaca cerah, menjadikannya cocok untuk wilayah tropis.

Penelitian oleh Smith et al., Ahmad et al., dan González et al. menunjukkan bahwa distilasi air laut dengan pemanas listrik memiliki potensi efisien. Smith menekankan suhu optimal (80–100°C) untuk menghindari energi terbuang dan korosi. Ahmad menunjukkan bahwa daya tinggi mempercepat distilasi namun butuh insulasi termal untuk efisiensi. González mengusulkan sistem hybrid listrik-surya yang mengurangi konsumsi listrik hingga 40% di wilayah tropis. Secara keseluruhan, efisiensi energi dan inovasi menjadi kunci dalam pengembangan distilasi berbasis pemanas listrik.

Penelitian lain yang melibatkan teknologi PTC pada sistem MSF, seperti yang dilakukan oleh Al-Othman A. et al., fokus pada desalinasi air laut dengan kapasitas 40.000 m3/hari yang menghasilkan air tawar sebanyak 1880 $m^3$/hari16).

Sebuah penelitian yang mencoba memperkenalkan pendingin pada proses distilasi surya dilakukan oleh Shanin Shoeibi et al. Mereka menggunakan modul termoelektrik untuk memperbesar perbedaan temperatur antara kaca sebagai kondensor dan temperatur uap air umpan (17).

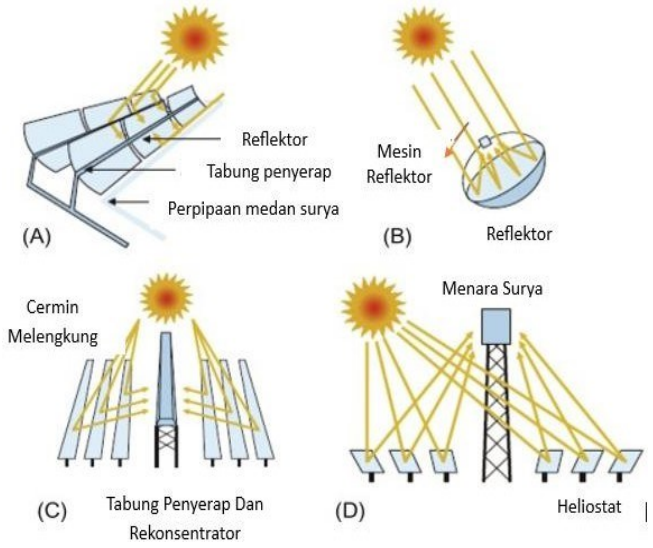
## 2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental dengan melakukan pengujian langsung untuk mengetahui hasil distilasi yang lebih cepat dengan menggunakan pantulan energi surya, Adapun proses cara kerja alat sebagai berikut:

**Proses Cara Kerja Alat**

**Gambar 1** merupakan prinsip kerja dari alat istilasi surya memanfaatkan panas dari cahaya matahari, dengan prinsip utama:

1. Pemusatan Cahaya Matahari – Menggunakan cermin/logam reflektif untuk memfokuskan sinar matahari ke satu titik, meningkatkan suhu untuk penguapan air. Efisiensi dipengaruhi oleh durasi sinar, intensitas radiasi, reflektivitas kolektor, dan desain geometris alat.
2. Konversi Cahaya Menjadi Panas – Bagian receiver berwarna hitam menyerap cahaya maksimal dan mengubahnya menjadi panas, mempercepat proses distilasi.
3. Penangkapan Panas – Bahan kaca/logam membantu menjaga panas tetap terperangkap di dalam alat, menciptakan kondisi ideal untuk penguapan




**Gambar 1.** Prinsip kerja alat

### 2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pengujian distilasi surya dimulai pada pukul 09:00 s.d 18.00 WIB. Pengambilan data/pengujian dilakukan di lingkungan Fakultas Teknik Universitas Samudra Kota Langsa, Aceh, Indonesia.

### 2.2. Metode pengujian

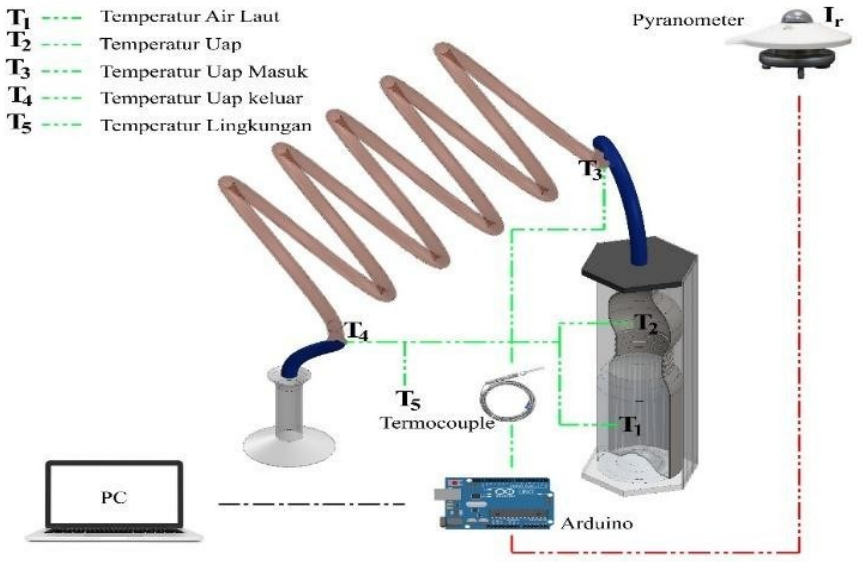
Pengujian dimulai dengan memposisikan kolektor distilasi surya parabola menghadap langsung ke arah matahari untuk memastikan penangkapan panas optimal. Setelah itu, dilakukan pengecekan menyeluruh terhadap seluruh komponen sistem untuk memastikan semuanya terpasang dengan baik dan aman. Jika semua komponen sudah siap, pengukuran suhu dilakukan menggunakan termokopel pada titik-titik tertentu, dengan suhu yang diharapkan pada titik fokus parabola mencapai minimal 100 °C.

Selama pengujian berlangsung, posisi dan kemiringan parabola perlu disesuaikan secara berkala untuk menjaga agar titik fokus tetap menerima intensitas panas maksimal. Thermocouple yang digunakan dihubungkan ke sistem Arduino yang telah dirakit dan dikoneksikan ke laptop untuk merekam data suhu secara real-time. Setelah seluruh data terkumpul, dilakukan pengolahan dan analisis data untuk mengevaluasi efisiensi sistem, dan selanjutnya disusun dalam bentuk laporan hasil penelitian.

Proses distilasi surya berlangsung dan bergantung pada intensitas cahaya matahari , setalah data berhasil didapatkan sesuai ketentuan data kemudian di olah dalam bentuk Gambar 2 sebagai berikut :

Deskripsi Skematik:

| | |
|---|---|
| T | Temperatur |
| Tu | Temperatur uap |
| Ta | Temperatur air |
| Tl | Temperatur lingkungan |
| Ir | piranometer |
| Qp | Flow meter |



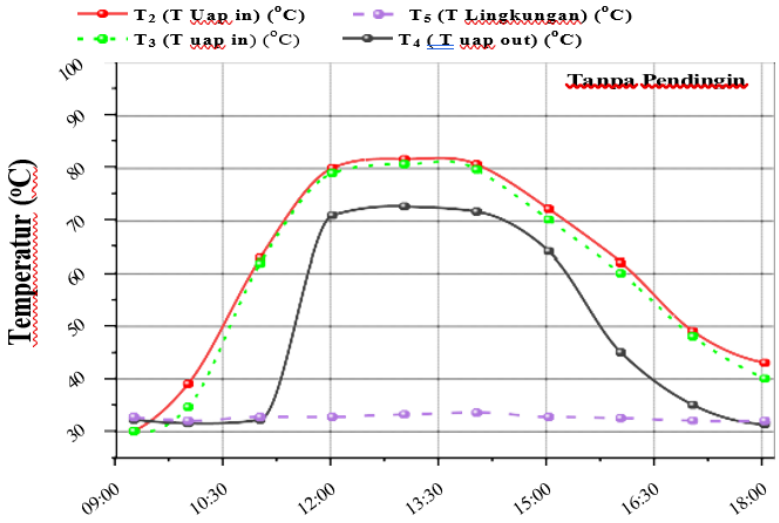

**Gambar 2.** Skemantik pengujian alat

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian ini dilakukan dengan memanfaatkan dua jenis sistem pendinginanyaitu sintem pendingin lingkunsgn dan pendingin air untuk melihat efek nya terhadap skinerja distilasi surya tersebut

### 3.1 Pengujian menggunakan pendingin lingkungan

**Gambar 3** menunjukkan pada pukul 09:15 WIB, suhu T1 awalnya bernilai 28,3 ℃. Seiring berjalannya waktu, T1 meningkat hingga mencapai sekitar 83,1℃ dengan laju pertambahan rata-rata 6℃, dimulai dari pukul 09:15 hingga 11:30 WIB. Nilai tertinggi T1 diperoleh pada pukul 14:00 WIB, sebesar 85,℃. Besarnya nilai T1 terus meningkat hingga terjadi perubahan fasa air umpan menjadi uap. Ketika air umpan telah berubah menjadi uap, uap tersebut dialirkan melalui pipa tembaga spiral (HE) yang berfungsi sebagai pendingin, sehingga menghasilkan air bersih dari air umpan yang panas.

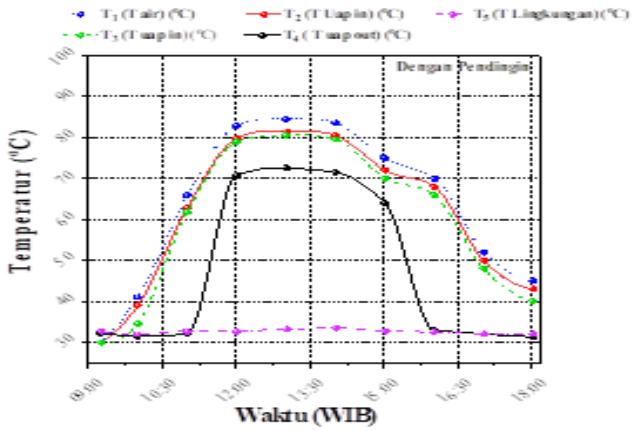



**Gambar 3**. Pengujian menggunakan pendingin lingkungan

Kemudian, pada pukul 15:00 WIB, suhu akan turun perlahan menjadi 73,3 ℃, menurun lagi menjadi 50,1 ℃ pada pukul 16:30 WIB, dan akhirnya menurun drastis menjadi 38 ℃ pada pukul 18:00 WIB karena matahari mulai terbenam.

### 3.2 Pengujian kedua menggunakan pendingin Air

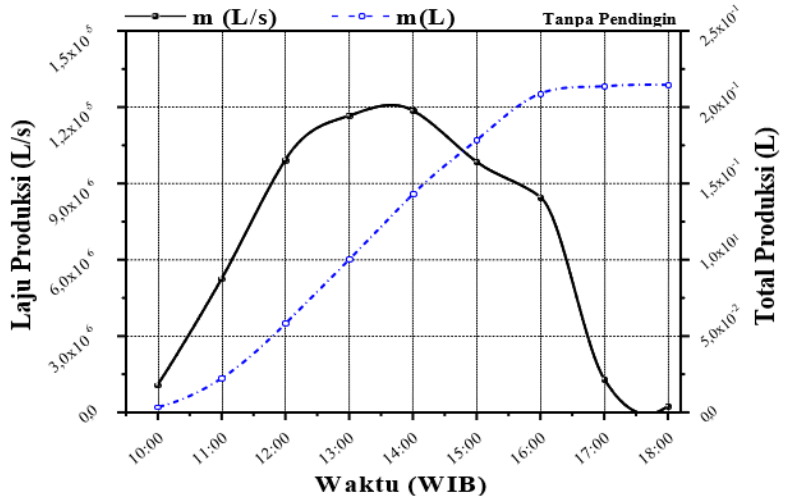
**Gambar 4** dapat dilihat bahwa pada pukul 09:15 WIB, suhu T1 awalnya bernilai 28,3℃. Seiring berjalannya waktu, T1 meningkat hingga mencapai sekitar 83,1 ℃ dengan laju pertambahan rata-rata dimulai dari pukul 09:15 hingga 11:30 WIB. Nilai tertinggi T1 diperoleh pada pukul 13:30 WIB, sebesar 85,0 ℃. Besarnya nilai T1 terus meningkat hingga terjadi perubahan fasa air umpan menjadi uap. Ketika air umpan telah berubah menjadi uap, uap tersebut dialirkan melalui pipa tembaga spiral (HE) yang berfungsi sebagai pendingin, sehingga menghasilkan air bersih dari air umpan yang panas. Kemudian, pada pukul 15:00 WIB, suhu akan turun perlahan menjadi 75,3 ℃, menurun lagi menjadi 40 ℃ pada pukul 17:00 WIB, dan akhirnya menurun drastis menjadi 38 ℃ pada pukul 18:00 WIB. Dalam pengujian kedua ini, hasil yang diuji mendekati atau tidak jauh berbeda dari pengujian yang pertama.




**Gambar 4.** Pengujian kedua menggunakan pendingin Air

### 3.3 Pengaruh laju produksi air bersih tanpa pendingin pada alat distilasi surya parabola dish

**Gambar 5** menunjukan laju produksi dan total produksi dalam sistem distilasi tanpa pendingin, dengan dua sumbu y yang menunjukkan dua metrik berbeda: laju produksi dalam liter per detik (L/s) yang diwakili oleh garis merah dan total produksi dalam liter (L) yang diwakili oleh garis biru putus-putus. Pada pukul 10:00 WIB, laju produksi berada pada nilai yang sangat rendah, mendekati nol, menunjukkan bahwa pada awal percobaan, sistem belum sepenuhnya berfungsi secara optimal.

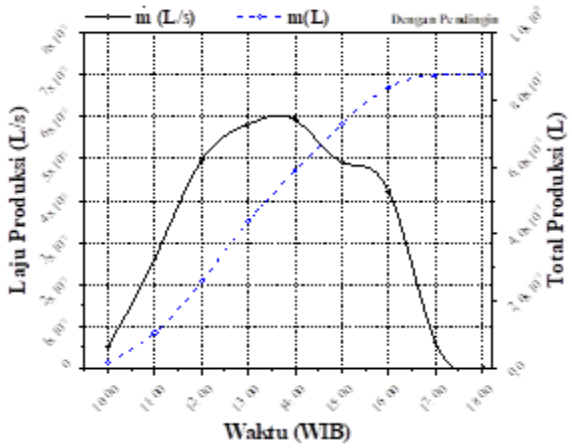



**Gambar 5.** Pengaruh laju produksi air bersih tanpa pendingin pada alat distilasi surya parabola dish.

Seiring waktu, laju produksi mulai meningkat secara bertahap hingga mencapai puncaknya pada periode antara pukul 12:00 WIB hingga 13:00 WIB, dengan nilai maksimum sekitar 12×10−5 L/s. Ini menandakan bahwa sistem bekerja pada kapasitas optimalnya pada saat tersebut, menghasilkan peningkatan signifikan dalam total produksi. Setelah puncak tercapai, laju produksi mulai menurun secara bertahap dari pukul 15:00 WIB hingga 16:00 WIB. Meskipun ada penurunan dalam laju produksi, total produksi masih terus meningkat, walaupun dengan laju yang lebih lambat dibandingkan dengan periode sebelumnya. Pada akhirnya, dari pukul 17:00 WIB hingga 18:00 WIB, laju produksi mengalami penurunan drastis hingga mendekati nol, mencerminkan bahwa sistem distilasi tidak lagi efektif dalam memproduksi air pada waktu ini. Pada saat yang sama, total produksi mulai stabil dan mendekati nilai maksimum, menandakan bahwa proses distilasi telah mencapai batas kapasitasnya.

### 3.4. Pengaruh laju produksi air bersih pendingin air pada sistem distilasi surya parabola dish

**Gambar 6** menunjukan laju produksi dan total produksi dalam sistem distilasi dengan pendingin. Terdapat dua sumbu y yang mewakili dua metrik yang berbeda: laju produksi dalam liter per detik (L/s), yang diwakili oleh garis merah, dan total produksi dalam liter (L), yang diwakili oleh garis biru putus putus. Pada pukul 10:00 WIB, laju produksi mulai dari nilai yang sangat rendah, hampir mendekati nol. Namun, seiring dengan berjalannya waktu, laju produksi mulai meningkat secara bertahap, mencapai puncaknya pada sekitar pukul 13:00 WIB dengan nilai maksimum sekitar 12×10−5 L/s. Selama periode ini, total produksi juga terus meningkat secara signifikan, mencerminkan bahwa sistem distilasi bekerja pada kapasitas optimalnya. Setelah mencapai puncak, laju produksi mulai menurun secara bertahap dari pukul 15:00 WIB hingga 16:00 WIB. Meskipun terjadi penurunan dalam laju produksi, total produksi masih meningkat, meskipun dengan laju yang lebih lambat dibandingkan dengan sebelumnya. Pada pukul 17:00 WIB hingga 18:00 WIB, laju produksi mengalami penurunan yang drastis hingga mendekati nol, yang menandakan bahwa sistem distilasi tidak lagi efektif dalam memproduksi air pada waktu tersebut. Namun, total produksi telah mendekati nilai maksimum dan mulai stabil, menunjukkan bahwa proses distilasi telah mencapai batas kapasitasnya dengan bantuan pendingin

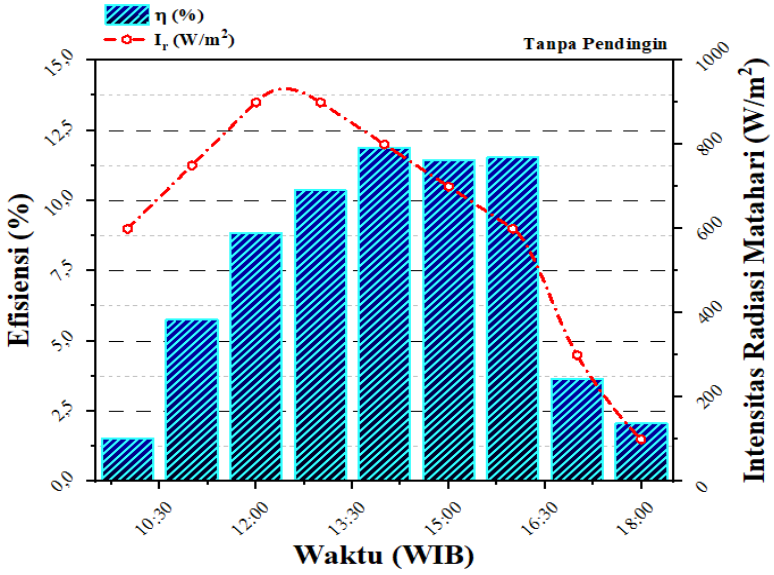



**Gambar 6.** Pengaruh laju produksi air bersih pendingin air pada sistem distilasi surya parabola

### 3.5 Efisiensi alat distilasi surya parabola dish menggunakan pendingin lingkungan

**Gambar 7** menunjukan pukul 10:00, efisiensi sistem distilasi masih berada di bawah 1%, yang mungkin menunjukkan bahwa sistem belum mencapai suhu optimal pada awal percobaan, sehingga efisiensinya masih rendah. Seiring berjalannya waktu, pada pukul 10:30 hingga 12:00, efisiensi mulai meningkat menjadi sekitar 6-8,5%, menunjukkan bahwa sistem mulai bekerja lebih baik, dan proses distilasi surya mulai berjalan dengan lebih efisien.

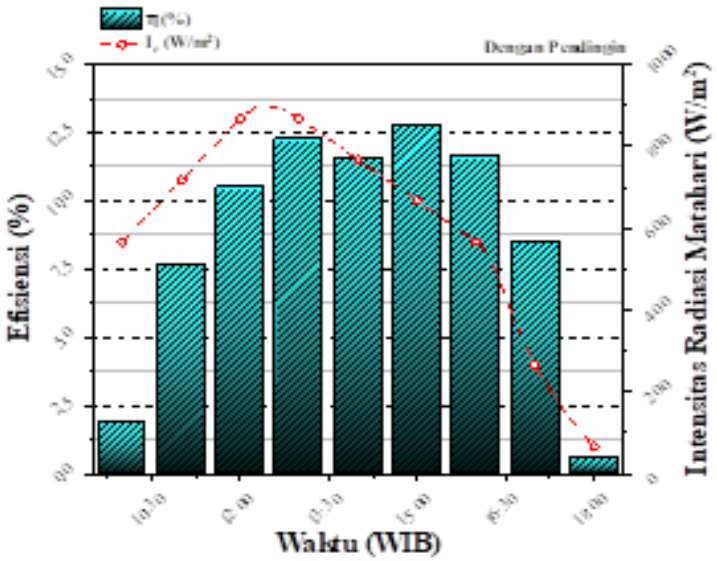
Kemudian, antara pukul 13:00 hingga 15:00, efisiensi mencapai puncaknya di sekitar 10-12%, yang menunjukkan bahwa sistem bekerja pada kapasitas optimalnya, dengan konversi energi surya menjadi air tawar mencapai tingkat tertinggi. Namun, pada pukul 16:00, efisiensi mulai menurun sedikit, meskipun tetap berada pada tingkat yang cukup tinggi, yaitu sekitar 3,5%. Selanjutnya, pada pukul 17:00, efisiensi mengalami penurunan drastis hingga sekitar 2%, kemungkinan besar disebabkan oleh berkurangnya intensitas sinar matahari. Akhirnya, pada pukul 18:00, efisiensi menurun lebih lanjut hingga mendekati 1%, saat matahari mulai terbenam, dan intensitas radiasi yang diterima oleh parabola dish berkurang secara signifikan, yang menyebabkan penurunan efisiensi sistem secara keseluruhan.




**Gambar 7.** Efisiensi alat distilasi surya parabola dish menggunakan pendingin lingkungan

### 3.6 Efisiensi alat distilasi surya parabola dish menggunakan pendingin air

**Gambar 8** menunjukan kinerja sistem distilasi melalui dua indikator utama: efisiensi sistem yang diwakili oleh batang berwarna biru dan intensitas radiasi matahari yang digambarkan dengan garis putus-putus merah. Pada pukul 10:30 WIB, efisiensi sistem tercatat berada di sekitar 7,5%, sementara intensitas radiasi matahari mulai meningkat dari sekitar 500 W/m². Seiring waktu, pada pukul 12:00 WIB, efisiensi sistem naik menjadi sekitar 10%, bertepatan dengan meningkatnya intensitas radiasi matahari mendekati 800 W/m². Puncak efisiensi sistem dicapai pada rentang waktu pukul 13:00 hingga 14:00 WIB, dengan nilai mencapai sekitar 12,5%, saat intensitas radiasi matahari juga berada pada titik tertinggi, sekitar 900 W/m², meskipun mulai menurun setelahnya. Pada pukul 15:00 hingga 16:00 WIB, efisiensi sistem mulai menunjukkan penurunan namun tetap berada pada level 12,5%, sementara intensitas radiasi matahari terus berkurang hingga di bawah 700 W/m². Pada pukul 17:00 WIB, terjadi penurunan efisiensi yang signifikan menjadi sekitar 10%, seiring dengan penurunan intensitas radiasi matahari yang drastis hingga di bawah 400 W/m². Akhirnya, pada pukul 18:00 WIB, efisiensi sistem hampir mendekati nol, mencerminkan penurunan intensitas radiasi matahari yang juga hampir nol, menandakan bahwa energi matahari yang diterima sistem sudah sangat minim untuk mempertahankan kinerja distilasi yang efektif.




**Gambar 8.** Efisiensi alat distilasi surya parabola dish menggunakan pendingin air

## 4. Kesimpulan

Penelitian ini telah menganalisis secara eksperimental pengaruh penggunaan pipa spiral sebagai kondensor dalam proses distilasi yang memanfaatkan kolektor surya berbentuk parabola. Dua skenario diuji dalam penelitian ini, yaitu penggunaan pipa spiral dengan pendingin air dan tanpa pendingin, di mana hanya temperatur lingkungan yang dimanfaatkan pada permukaan luar pipa spiral. Hasil penelitian menunjukkan total produksi air distilat yang diperoleh dengan menggunakan fluida pendingin air dan tanpa pendingin masing- masing adalah sebesar 8,8 × $10^{-1}$ liter dan 2,3 × $10^{-1}$ liter. Ketika dihitung berdasarkan luas total permukaan kondensasi, yaitu permukaan dalam pipa spiral, laju produksi air distilat dengan pendingin air dan tanpa pendingin adalah sebesar 6 × $10^{-5}$ L/m²/hari dan 1,2 × $10^{-5}$ L/m²/hari. Penambahan fluida pendingin menghasilkan peningkatan produktivitas sebesar 12,3%. Pengaruh penggunaan pipa spiral pada sistem distilasi dapat dilihat dari penurunan temperatur uap keluar T4, baik dengan fluida maupun tanpa fluida pendingin. Rata-rata selisih temperatur antara uap masuk T3 dan uap keluar T4 mencapai 10 °C. Dengan adanya fluida pendingin, lebih banyak uap yang terkondensasi, yang terlihat dari jumlah produksi dan laju produksi air distilat yang meningkat. Efisiensi sistem distilasi dengan menggunakan pendingin air lebih tinggi dibandingkan tanpa pendingin, yaitu meningkat dari 11% menjadi 12,5%. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur pada permukaan luar pipa spiral sangat berpengaruh terhadap laju kondensasi uap, yang pada akhirnya memengaruhi efisiensi keseluruhan sistem.lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

**Commented [TAR1]:** Merupakan daftar semua referensi yang dikutip dalam teks. Penulisan daftar pustaka harus mengikuti format Vancouver, yang meliputi nama pengarang, judul artikel, nama jurnal, tahun publikasi, volume, dan halaman/DOI. Contoh daftar pustaka berupa:

1. A. K. Khlief, W. A. K. Al-Maliki, H. A. Abdul Wahhab, F. Alobaid, B. Epple, and A. A. Abtan, “Parabolic Air Collectors with an Evacuated Tube Containing Copper Tube and Spiral Strip, and a New Cavity Receiver: Experimental Performance Analysis,” Sustain., vol. 15, no. 10, 2023, doi: 10.3390/su15107926.
2. M. Amin, H. Umar, F. Amir, S. F. Ginting, P. B. Sudarsana, and W. N. Septiadi, “Experimental Study of a Tubular Solar Distillation System with Heat Exchanger Using a

Parabolic Trough Collector," Sustain., vol. 14, no. 21, pp. 1–14, 2022, doi: 10.3390/su142113831.
3. Davani, M. Kashfi, and V. Mozafary, "Experimental analysis of a multistage water desalination system utilizing an evacuated parabolic solar trough with a solar tracker," arXiv, 2017.
4. M. Akrami et al., "Analysing the material suitability and concentration ratio of a solar-powered parabolic trough collector (PTC) using computational fluid dynamics," Energies, vol. 13, no. 20, pp. 1–17, 2020, doi: 10.3390/en13205479.
5. K. Mohamad and P. Ferrer, "Cavity receiver designs for parabolic trough collector," arXiv, 2019.
6. V. S. Kaluba, K. Mohamad, and P. Ferrer, "Experimental and simulated performance of hot mirror coatings in a parabolic trough receiver," Appl. Energy, vol. 257, 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2019.114020.
7. Mafruddin, U. S. Dharma, and A. Nuryanto, "Pengaruh Geometri Pipa Kondensor Terhadap," vol. 6, no. 2, pp. 193–197, 2017.
8. Y. A. Sandi, M. A. Irfa'i, and B. Basuki, "Analisis pengaruh panjang pipa tembaga kondensor terhadap volume hasil minyak pada alat pirolisis," ARMATUR Artik. Tek. Mesin Manufaktur, vol. 1, no. 2, pp. 68–74, 2020, doi: 10.24127/armatur.v1i2.336.
9. A. K. Bhakta, N. K. Panday, and S. N. Singh, "Performance study of a cylindrical parabolic concentrating solar water heater with nail type twisted tape inserts in the copper absorber tube," Energies, vol. 11, no. 1, 2018, doi: 10.3390/en11010204.
10. J. HARDING, "Apparatus for Solar Distillation.," Minutes Proc. Inst. Civ. Eng., vol. 73, no. 1883, pp. 284– 288, 1883, doi: 10.1680/imotp.1883.21702.
11. S. Redjeki, "Proses Desalinasi Dengan Membran," Proses Desalinasi Dengan Membr., pp. 1–113, 2011.
12. I. G. Wenten, "Ahli Utama :," no. August 2015, pp. 2018–2019, 2019.
13. T. A. Pratama et al., Minyak Jelantah sebagai Bahan Baku Biodiesel Generasi Kedua. 2022.
14. IESR, "Energi Terbarukan," J. Chem. Inf. Model., vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2017.
15. C. Risbandini, "Utilization of Unused Autoclaves to Produce Aquades (Aquabits) in the Laboratory of Biosciences and Plant Technology, Department of Biology, Faculty of Science ITS," J. Temapela, vol. 3, no. 1, pp. 19–24, 2020, doi: 10.25077/temapela.3.1.19-24.2020
16. A. Al-othman, M. Tawalbeh, M. El, H. Assad, T. Alkayyali, and A. Eisa, "Novel multi-stage fl ash ( MSF ) desalination plant driven by parabolic trough collectors and a solar pond : A simulation study in UAE," Desalination, vol. 443, no. June, pp. 237–244, 2018, doi: 10.1016/j.desal.2018.06.005.
17. S. Shoeibi, N. Rahbar, A. Abedini Esfahlani, and H. Kargarsharifabad, "Application of simultaneous thermoelectric cooling and heating to improve the performance of a solar still: An experimental study and exergy analysis," Appl. Energy, vol. 263, no. September 2019, p. 114581, 2020, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.114581.