

## Experimental Study on the Use of Solar Collector in Drying Fish Using Sand Media

Muhammad Fadil Al Rahman \*, Yolli Fernanda, Primawati, Andre Kurniawan

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, INDONESIA

\*Corresponding author: [mfadilalrahman@gmail.com](mailto:mfadilalrahman@gmail.com)

Received Oktober 10<sup>th</sup> 2024; Revised Oktober 10<sup>th</sup> 2024; Accepted Oktober 21<sup>th</sup> 2024

### Abstract

Fish drying using a solar collector with heat storage is hot air taken directly from solar energy channeled into the solar collector which can store heat energy from the sun with sand media in the solar collector. The research method involves drying fish at different temperature and time variations, and comparing the results with conventional drying methods. The parameters measured include the moisture content and the dried fish produced. In addition, the dried fish produced from this process had better texture and flavor, thus improving the quality of the final product. The purpose of this research is to dry fish using a solar collector by using solar energy media to absorb heat energy. The test results of the fish dryer using sand media showed the highest temperature on the inside of the oven with a temperature of 41 ° C at 11:00 WIB with a solar intensity of 499 W/m<sup>2</sup>. Drying on fish occurs a reduction in fish content, namely 49.25% to 64.70% for 8 hours of drying using a solar collector. The drying rate of the fish drying process is 0.091 g/min to 0.061 g/min with a collector efficiency level of 15.04% on the first day of testing and 16.52% on the second day of testing. In the process of drying fish for two days, there is a reduction in fish mass from 67 grams to 12 grams with a mass reduction of about 55 grams.

**Keywords:** fish; drying; solar collector; energy; solar

## Studi Eksperimental Penggunaan *Solar Collector* dalam Pengeringan Ikan Menggunakan Media Pasir

### Abstrak

Pengeringan ikan menggunakan *solar collector* dengan penyimpanan panas yaitu udara panas yang diambil secara langsung dari energi matahari yang disalurkan ke *solar collector* yang dapat disimpan energi panas dari matahari dengan media pasir di dalam *solar collector*. Metode penelitian melibatkan pengeringan ikan pada variasi suhu dan waktu yang berbeda, serta membandingkan hasilnya dengan metode pengeringan konvensional. Parameter yang diukur meliputi kadar air dan ikan kering yang dihasilkan. Selain itu, ikan kering yang dihasilkan dari proses ini memiliki tekstur dan rasa yang lebih baik, sehingga meningkatkan kualitas produk akhir. Tujuan Penelitian ini untuk mengeringkan ikan menggunakan solar collector dengan menggunakan media energi matahari untuk menyerap energi panas. Hasil pengujian alat pengering ikan dengan menggunakan media pasir menunjukkan temperatur tertinggi pada sisi dalam oven dengan suhu 41°C pada pukul 11.00 WIB dengan intensitas matahari 499 W/m<sup>2</sup>. Pengeringan pada ikan terjadi pengurangan kadar ikan yaitu 49,25 % sampai 64,70 % selama 8 jam pengeringan dengan menggunakan solar collector. Untuk laju pengeringan dari proses pengeringan ikan yaitu 0,091 g/menit sampai 0,061 g/menit dengan tingkat efisiensi kolektor yaitu 15,04 % pada hari pertama pengujian dan 16,52 % pada hari kedua pengujian. Pada proses pengeringan ikan selama dua hari, terjadi pengurangan massa ikan dari 67 gram ke 12 gram dengan terjadi pengurangan massa sekitar 55 gram.

**Kata kunci:** ikan; pengeringan; solar collector; energi; matahari

### I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang terletak di garis khatulistiwa dan memiliki iklim tropis, yang berarti matahari bersinar sepanjang tahun (Dzulfikar & Broto, 2016). Situasi ini memposisikan matahari sebagai sumber energi masa depan yang potensial yang dapat memenuhi kebutuhan manusia, karena energinya dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga surya dan digunakan dalam kegiatan sehari-hari seperti pengeringan dan pemanasan (Yuliananda et al., 2015). Indonesia adalah negara kepulauan yang kaya akan sumber daya, salah satunya adalah ikan, yang banyak dijumpai di laut dan air tawar. Namun kebanyakan ikan mudah membusuk karena adanya bakteri dan enzim. Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah melalui pengawetan (Mareta & Awami, 2011). Metode umum untuk mengawetkan ikan meliputi penggaraman, pengeringan, pemanggangan, pengasapan, dan pendinginan. Di antara semua metode tersebut, pengeringan ikan merupakan teknik pengawetan yang paling tua (Irawan et al., 2021).

Pengeringan adalah teknik pengawetan ikan dengan cara mengurangi kandungan air dalam tubuh ikan, yang menghambat aktivitas bakteri dan dapat menghilangkan bakteri tersebut. Jika distribusi panas dan aliran udara tidak merata, maka akan menyebabkan tingkat pengeringan bahan yang tidak konsisten (Rendi, 2016). Di daerah tropis, jika ikan hanya dikeringkan di bawah sinar matahari, kemungkinan besar akan terjadi pembusukan. Untuk menghindari hal ini, disarankan untuk menggunakan pengeringan buatan (pengering matahari) untuk mempercepat prosesnya (Berhimpon et al., 1990).

Masyarakat Indonesia mengeringkan ikan secara manual dengan menggunakan rak atau papan yang dipasang di ruang terbuka. Namun, pendekatan ini memiliki keterbatasan, karena bergantung pada tenaga manusia dan memakan waktu. Selain itu, ketika hujan mulai turun, mereka kesusahan untuk mengangkat dan membawa rak-rak ikan ke tempat yang terlindung. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah alat yang dapat membantu para nelayan untuk meningkatkan kualitas ikan mereka (Pruengam et al., 2021).

Untuk mengeringkan ikan membutuhkan energi matahari yang cukup besar supaya bisa mengeringkan ikan dengan optimal. *Solar collector* dibutuhkan dalam pengeringan ikan supaya dapat memaksimalkan energi matahari yang dapat mengurangi kelembaban pada ikan (Struchalin et al., 2024). *solar collector* adalah salah satu komponen kunci dalam sistem pemanas udara. Kolektor memiliki peran yang sangat penting sebagai pengumpul panas dari sinar matahari (Idris et al., 2005). Sinar matahari adalah sumber panas utama, sehingga keberadaan kolektor ini sangat penting dan dapat dimanfaatkan untuk proses pengeringan (Bintang et al., 2013).

## 1. Energi Matahari

Energi surya adalah energi yang diekstrak dari panas radiasi sinar matahari. (Hermawan, 2018). Energi matahari dapat dimanfaatkan dengan berbagai cara. Minyak tanah merupakan hasil fotosintesis, tenaga air merupakan hasil sirkulasi air hujan, tenaga angin merupakan hasil perbedaan suhu antar wilayah, dan sel surya (solar cell) menjanjikan masa depan cerah sebagai sumber tenaga listrik (Manan, 2009). Sebagai salah satu sumber energi terbesar di dunia, sinar matahari dapat mendukung kelangsungan hidup semua makhluk hidup. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa energi panas matahari memiliki banyak manfaat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari, baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang, sebagai salah satu alternatif energi. Sekitar 74% massa matahari adalah hidrogen, 25% adalah helium, dan sisanya terdiri dari sejumlah kecil unsur yang lebih berat. Matahari memiliki suhu permukaan sekitar 5500 K (Kalogirou, 2009).

## 2. Pengeringan

Pengeringan adalah proses pemindahan massa air atau pelarut lainnya dari zat padat atau semi padat melalui penguapan (Afrizal & Aziz, 2016). Menurut (Winarno et al., 2023), Pengeringan adalah proses di mana kadar air bahan dikurangi hingga kadar air tertentu. Ini menghentikan kerusakan bahan oleh aktivitas biologis dan kimia. Pengeringan dapat diukur dengan mengamati hilangnya kadar air seiring waktu. Metode yang digunakan mencakup perbedaan kelembaban, penimbangan kontinu, dan penimbangan periodik. Karena kedalaman rata-rata tingkat kelembaban meningkat secara progresif dan konduktivitas panas dari zona eksternal yang kering sangat kecil, laju pengeringan semakin dipengaruhi oleh konduksi panas (Mujumdar, 2006). Menurut (Chan et al., 2018), Untuk mencari Laju pengeringan dapat dihitung dengan persamaan 1 :

$$\text{Laju pengeringan} = \frac{m_{awal} - m_{akhir}}{t} \quad (1)$$

Dimana :

$m_{awal}$  = massa bahan sebelum proses pengeringan (g)

$m_{akhir}$  = massa bahan setelah proses pengeringan (g)

t = durasi pengeringan (menit)

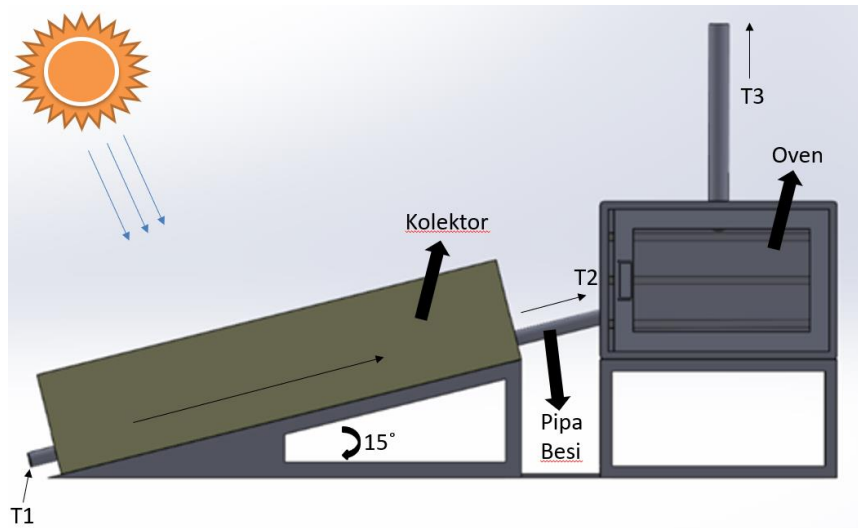
## II. METODE PENELITIAN

Penelitian pada pengeringan ikan ini menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif adalah salah satu pendekatan penelitian yang bertujuan untuk memahami realitas melalui proses berpikir induktif, dengan cara mengumpulkan data yang diperlukan menggunakan data primer (Nina Adlini et al., 2022). Jenis metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yang dilakukan dengan

mengumpulkan data secara langsung dari alat yang telah dirancang untuk menurunkan kadar air pada ikan.

### 1. Skema Uji Eksperimental

*Solar Collector* yang digunakan sekarang untuk mengeringkan ikan dengan cara diletakkan di tempat yang terkena sinar matahari dengan menyerap panas dari sinar matahari untuk dialirkan dari *solar collector* ke oven. *Solar Collector* disusun di dalam boks dan ditutupi dengan pasir dan terdiri dari plat aluminium dengan dimensi 1200cm x 800cm x 200cm yang nantinya akan menerima panas matahari serta ditutupi dengan kaca dengan ketebalan 4 mm.



Gambar 1. Skema Alat Pengering Ikan

Alat pengering ini menggunakan material penyimpan panas yaitu pasir, yang dapat melepaskan panas disaat kurang adanya energi matahari. Untuk mengalirkan panas dari *solar collector* ke alat pengering digunakan pipa besi dengan diameter 3 cm dan panjang 150 cm. Untuk membuat cerobong pada oven, terdapat pipa di belakang oven dengan diameter 1,5 cm dengan panjang 40 cm.

Prosedur pengambilan data pada alat pengering dilakukan pengujian temperatur pada 4 titik yaitu pada sisi masuk kolektor, sisi keluar kolektor dan sisi keluar oven digunakan 2 termokopel untuk mengukur temperatur kering dan temperatur basahnya lalu pada sisi dalam kolektor untuk temperatur kolektor dan sisi luar kolektor untuk temperatur lingkungan. Pengujian alat pengering ikan dilakukan selama dua hari yang dimulai pada pukul 9.00 - 17.00 WIB. Untuk jenis ikan yang digunakan pada pengujian ikan laut.



Gambar 2. Alat Pengering Ikan



Gambar 3. Sampel Pengujian Ikan

### III. HASIL PENELITIAN

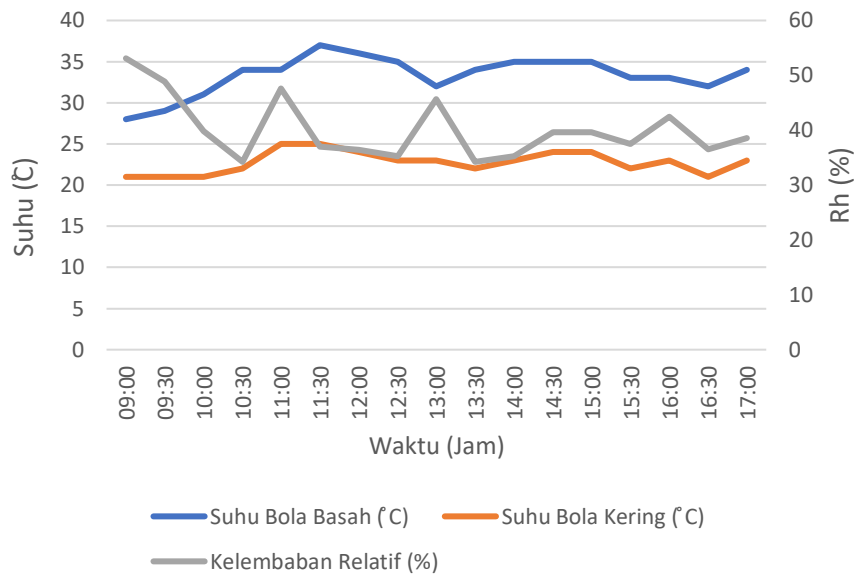
Tabel 1. Pengujian Alat Pengering Ikan selama 8 Jam.

Hari	Waktu (Jam)	Intensitas Matahari ( $\text{watt/m}^2$ )	Massa Awal Ikan (gram)	Massa Akhir Ikan (gram)
1	8	503	67	34
2	8	499	34	12

#### 1. Temperatur sisi masuk *Solar Collector*

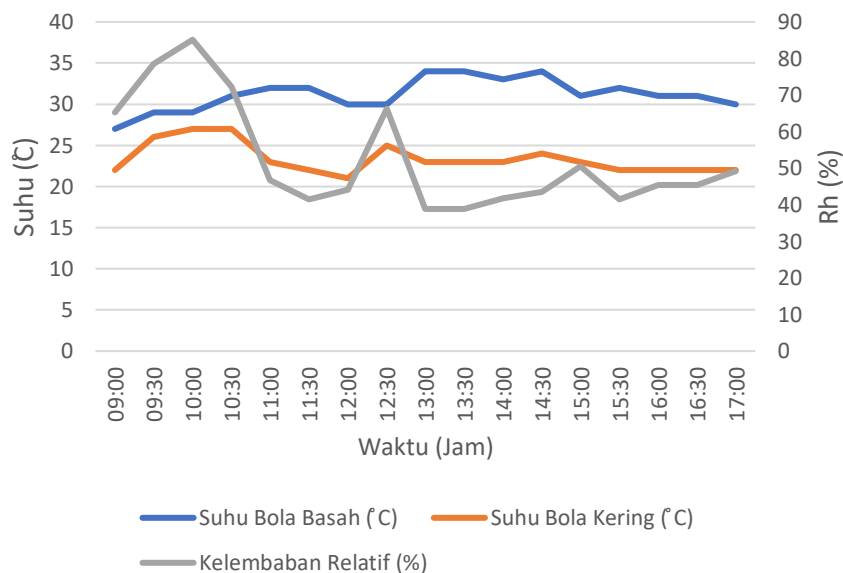
Data diambil selama 2 hari namun hasil analisis yang digunakan adalah delapan jam, yaitu dari jam 9.00 – 17.00 WIB. *Solar collector* diletakkan menghadap ke utara dengan sudut kemiringan  $15^\circ$ . Pengujian dilakukan di depan Laboratorium Thermal dan Termodinamika Teknik Mesin Universitas Negeri Padang.

Data hasil pengujian temperatur alat pengering ikan pada hari pertama temperatur dan kelembaban pada sisi masuk kolektor sebagai berikut :



Gambar 4. Grafik dan temperatur sisi masuk kolektor pada hari pertama

Pada grafik dibawah merupakan data hasil pengujian temperatur alat pengering ikan pada hari kedua dan kelembaban sisi masuk kolektor sebagai berikut :



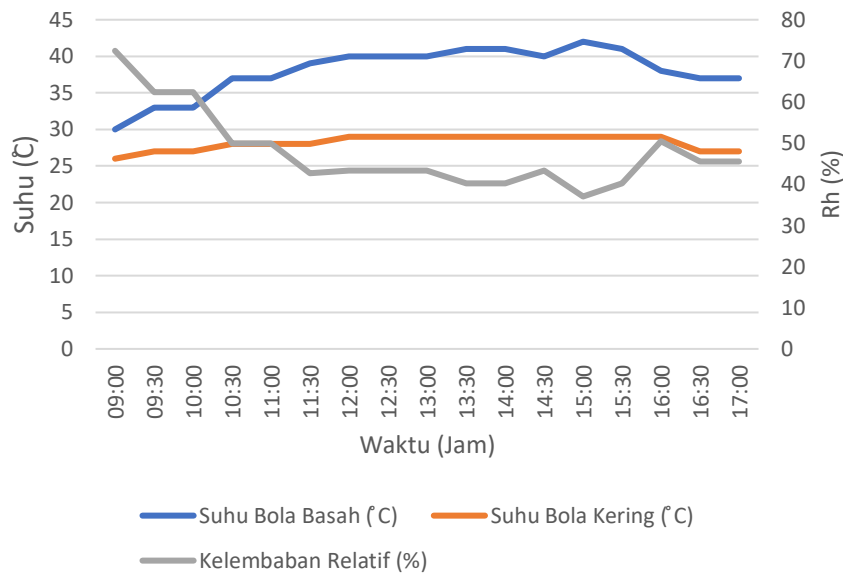
Gambar 5. Grafik dan temperatur sisi masuk kolektor pada hari kedua

Pada temperatur masuk dapat dilihat pada gambar diatas. Hari pertama pengujian dari jam 9.00 - 17.00 WIB didapatkan kelembaban dari 53,1% sampai dengan 38,56% dimana kelembaban tertinggi pada pukul 09.00 WIB yaitu 53,1%, nilai kelembaban terendah jam 10.30 WIB dan 13.30 WIB dengan nilai kelembaban 34,23%. Pada hari kedua, nilai kelembaban didapatkan dari 65,2% sampai dengan 49,28 % dimana nilai kelembaban tertinggi pada pukul 10.00 WIB yaitu 85,14% dan kelembaban terendah jam 13.00 WIB dan 13.30 WIB yaitu 47%.



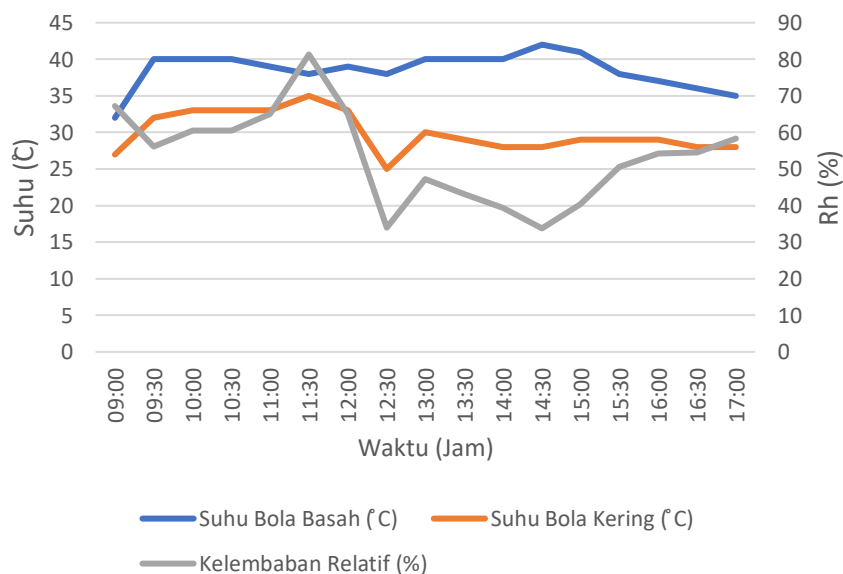
## 2. Temperatur sisi keluar *Solar Collector*

Data hasil pengujian temperatur alat pengering ikan pada hari pertama temperatur dan kelembaban pada sisi masuk kolektor terdapat grafik pada gambar 6 sebagai berikut :



Gambar 6. Grafik dan temperatur sisi keluar kolektor pada hari pertama

Pada grafik dibawah merupakan data hasil pengujian temperatur alat pengering ikan pada hari kedua dan kelembaban sisi keluar kolektor sebagai berikut :

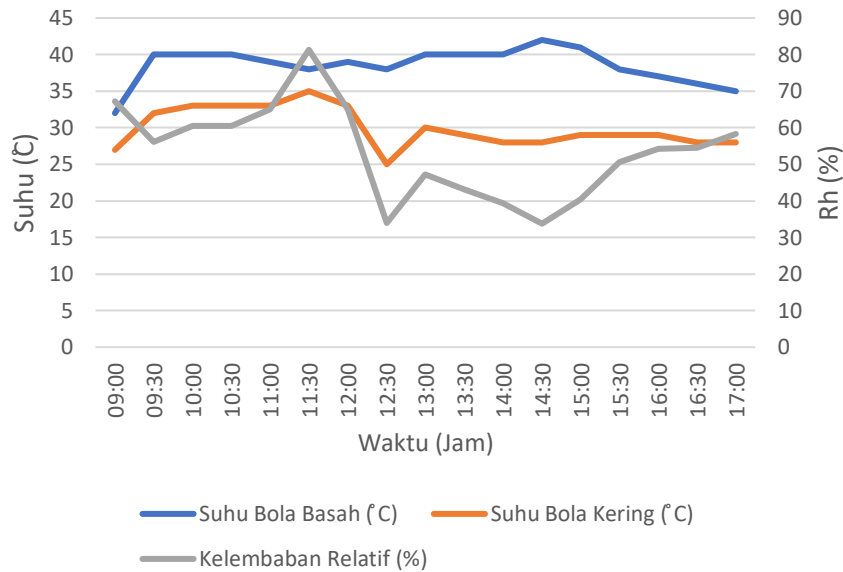


Gambar 7. Grafik dan temperatur sisi keluar kolektor pada hari kedua

Pada titik suhu keluar dapat ditunjukkan pada gambar 6 dan gambar 7. Pada hari pertama pengujian dari jam 9.00 - 17.00 WIB didapatkan nilai kelembaban dari 72,45% sampai dengan 45,52% dimana tingkat kelembaban tertinggi pada pukul 09.00 WIB yaitu 72,45% dan tingkat kelembaban terendah pada jam 15.00 WIB yaitu 37,04%. Kemudian hari kedua, pengujian didapatkan nilai kelembaban dari 67,24% sampai dengan 58,76%. Dimana nilai tertinggi kelembaban pada pukul 11.30 WIB yaitu 81,31%, nilai kelembaban terendah pada pukul 14.30 WIB yaitu 33,76%.

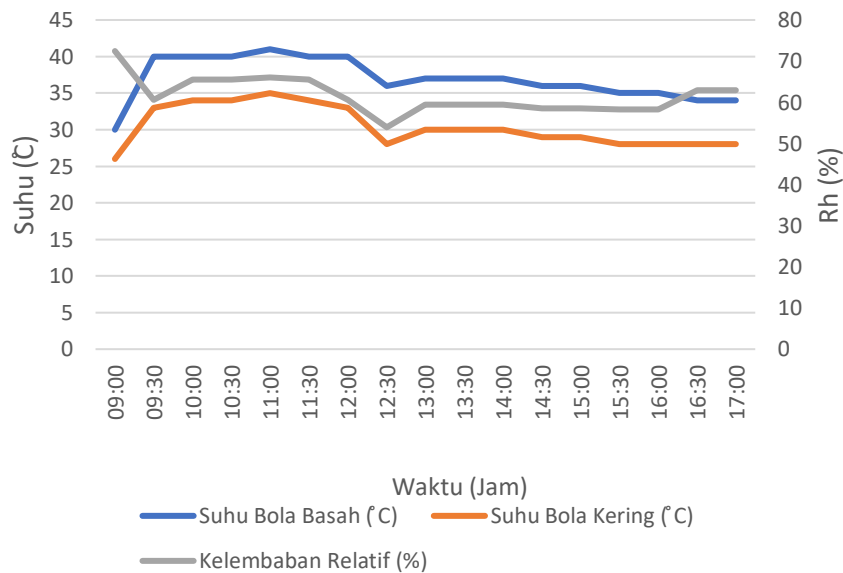
### 3. Temperatur Oven Solar Collector

Data hasil pengujian temperatur alat pengering ikan pada hari pertama temperatur dan kelembaban pada Oven kolektor terdapat grafik pada gambar 8 sebagai berikut :



Gambar 8. Grafik dan temperatur sisi oven kolektor pada hari pertama

Pada grafik dibawah merupakan data hasil pengujian temperatur alat pengering ikan pada hari kedua dan kelembaban sisi oven kolektor sebagai berikut :



Gambar 9. Grafik dan temperatur sisi oven kolektor pada hari kedua

Pada titik temperatur ruang pengering dapat dilihat diatas. Pada hari pertama dilakukan pengujian dari jam 9.00 - 17.00 WIB didapatkan nilai kelembaban dari 66,86% sampai dengan 63,46%. Dimana nilai kelembaban tertinggi pada pukul 09.30 WIB yaitu 67,57% dan nilai kelembaban terendah jam 15.00 WIB yaitu 43,18%. Pada hari kedua didapatkan nilai kelembaban dari 72,45% sampai 62,94%, dimana nilai kelembaban tertinggi jam 09.00 WIB dengan nilai kelembaban 72,45% dan nilai kelembaban terendah pada pukul 12.30 WIB dengan nilai kelembaban 53,92%.



#### IV. PEMBAHASAN

Berikut adalah langkah-langkah perhitungan dengan menggunakan data dari hasil percobaan pada alat pengering ikan::

##### 1. Kadar Air

- a. Kadar air ikan selama proses pengeringan menggunakan alat pengering penyimpanan panas pasir pada hari pertama adalah :

$$X = \frac{w_0 - w_b}{w_0} \times 100\%$$
$$\text{Kadar air ikan \%} = \frac{67g - 34g}{67g} \times 100\%$$
$$= 49,25\%$$

Massa ikan yang akan dikerigkan 67 gram setelah dilakukan proses pengeringan dari jam 9.00 - 17.00 WIB menjadi 34 gram.

- b. Kadar air ikan selama proses pengeringan menggunakan alat pengering penyimpanan panas batu split hari kedua adalah :

$$\text{Kadar air ikan \%} = \frac{34g - 12g}{34g} \times 100\%$$
$$= 64,70\%$$

Massa ikan yang akan dikerigkan 34 gram setelah dilakukan proses pengeringan dari jam 9.00 - 17.00 WIB menjadi 12 gram.

##### 2. Laju Pengeringan

- a. Laju pengeringan ikan selama proses pengeringan menggunakan alat pengering penyimpanan pasir hari pertama adalah:

$$\text{laju pengering} = \frac{67g - 34g}{360 \text{ menit}}$$
$$= 0,091 \text{ g/menit}$$

- b. Laju pengeringan ikan selama proses pengeringan menggunakan alat pengering penyimpanan pasir hari kedua adalah :

$$\text{laju pengering} = \frac{34g - 12g}{360 \text{ menit}}$$
$$= 0,061 \text{ g/menit}$$

##### 3. Efisiensi kolektor

- a. Efisiensi kolektor pada alat pengering ikan hari pertama adalah :

$$Q_u = m \times c_p \times (T_0 - T_i)$$

$$m = \rho \cdot A_k \cdot V$$

$$= 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,7228 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m/s}$$

$$= 5,16 \text{ kg/s}$$

$$Q_u = 5,16 \text{ kg/s} \times 1,0035 \text{ j/kg.C} \times (61,29 \text{ C} + 273) \text{ K} - (36,11 \text{ C} + 273) \text{ K}$$

$$\begin{aligned} &= 1303,83 \text{ kj} \\ Q_{in} &= 503 \text{ w/m}^2 \times 1,7228 \text{ m}^2 \\ &= 866,56 \text{ kj} \\ \eta_c &= Q_u / Q_{in} \times 100\% \\ &= (1303,83) / (866,56 \text{ kj}) \times 100\% \\ &= 15,04\%. \end{aligned}$$

Jadi efisiensi pada kolektor surya alat pengering ikan media penyimpan panas pasir hari pertama adalah 15,04 %

b. Efisiensi kolektor pada alat pengering ikan hari kedua adalah :

$$\begin{aligned} Q_u &= m \times c_p \times (T_0 - T_i) \\ m &= \rho \cdot A_k \cdot V \\ &= 1,2 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,7228 \text{ m}^2 \cdot 2,5 \text{ m/s} \\ &= 5,16 \text{ kg/s} \\ Q_u &= 5,16 \text{ kg/s} \times 1,0035 \text{ j/kg} \cdot C \times (58,70 \text{ C} + 273) \text{ K} - (31,05 \text{ C} + 273) \text{ K} \\ &= 1431,73 \text{ kj} \\ Q_{in} &= 503 \text{ w/m}^2 \times 1,7228 \text{ m}^2 \\ &= 866,56 \text{ kj} \\ \eta_c &= Q_u / Q_{in} \times 100\% \\ &= (1431,73) / (866,56 \text{ kj}) \times 100\% \\ &= 16,52\%. \end{aligned}$$

Jadi pada hari kedua efisiensi kolektor surya alat pengering ikan media penyimpan panas pasir lebih tinggi daripada hari pertama yaitu 16,52%.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan mengenai pengeringan ikan menggunakan alat dengan menggunakan *solar collector* dengan menggunakan media pasir dapat disimpulkan bahwa terjadinya pengurangan kadar air pada ikan yaitu pada hari pertama terjadi pengurangan sekitar 49,25% dan pada hari kedua terjadi pengurangan sekitar 64,70%. Selain itu, pada proses laju pengeringan selama proses pengeringan ikan didapatkan pada hari pertama sekitar 0,091 g/menit dan pada hari kedua didapatkan laju pengeringan sekitar 0,061 g/menit. Nilai efisiensi kolektor yang didapat pada hari pertama dan kedua yaitu 15,04% dan 16,52%. Pada proses pengeringan selama dua hari, terjadi pengurangan massa ikan dari 67 gram ke 12 gram. Ini dapat disimpulkan terjadi pengurangan massa sekitar 55 gram. Dengan demikian, penggunaan *solar collector* dalam pengeringan ikan tidak hanya mempercepat proses pengawetan, tetapi juga meningkatkan kualitas produk, memberikan solusi yang berkelanjutan bagi masyarakat di Indonesia.

## REFERENSI

- Afrizal, E., & Aziz, A. (2016). Pengembangan Perangkat Pengering Surya (Solar Dryer) Jenis Pemanasan Langsung Dengan Penyimpan Panas Berubah Fasa Menggunakan Rak Bertingkat Pengembangan Perangkat Pengering Surya (Solar Dryer) Jenis Pemanasan Langsung Dengan Penyimpan Panas Berubah. *Lembaga Penelitian Universitas Riau*, 355–362.
- Berhimpon, S., Souness, R. A., Bucklet, K. A., & Edwards, R. A. (1990). Salting and drying of yellowtail (*Trachurus mccullochi* Nichols). In *International Journal of Food Science and Technology* (Vol. 25).
- Bintang, Y. M., Pongoh, J., & Onibala, H. (2013). Konstruksi dan Kapasitas Alat Pengering Ikan Tenaga Surya Sistem Bongkar-Pasang. In *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan* (Vol. 1, Issue 2).
- Chan, Y., Darius, A., Diterima, N., & Direvisi, N. (2018). Analisis Pengeringan Sohun Dengan Mesin Pengering Hybrid Tipe Konveyor Otomatis Informasi Artikel Abstrak. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, IV(2), 39–42. <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl>
- Dzulfikar, D., & Broto, W. (2016). Optimalisasi pemanfaatan energi listrik tenaga surya skala rumah tangga. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 5.
- Hermawan, V. (2018). *Desain Analisis Alat Pengering Ikan Tipe Parabola Dengan Menggunakan Metode Taguchi*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- Idris, R., Zuhaimi, Z., & Hasrin, H. (2005). Alat Pengering Ikan Teri dengan Intensitas Tenaga Matahari (Solar Energy). *Jurnal Polimesin*, 3(2), 203–208.
- Irawan, A., Nuryadin, M. T., Anwar, H., Khalid, A., Fauzi, Y. R., & Risa, M. (2021). Pemanfaatan Alat Pengering Ikan Laut Menggunakan Tenaga Surya Di Desa Pejala Kabupaten Tanah Bumbu. *Indonesian Journal of Fisheries Community Empowerment*, 1(1), 13–20. <https://doi.org/10.29303/jppi.v1i1.38>
- Kalogirou, S. (2009). *Solar Energy : Engineering Processes and Systems* (1st ed., Vol. 1). Elsevier.
- Manan, S. (2009). Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif yang Efisien, Handal Dan Ramah Lingkungan di Indonesia. *Gema Teknologi*.
- Mareta, D. T., & Awami, S. N. (2011). Pengawetan Ikan Bawal dengan Pengasapan dan Pemanggangan. *Mediargo*, 7(2), 33–47.
- Mujumdar, A. S. (2006). *Handbook of Industrial Drying* (Third Edition). Taylor & Francis Group, LLC.
- Nina Adlini, M., Hanifa Dinda, A., Yulinda, S., Chotimah, O., & Julia Merliyana, S. (2022). Metode Penelitian Kualitatif Studi Pustaka. *Edumaspul : Jurnal Pendidikan*, 6(1), 974–980.
- Pruengam, P., Pathaveerat, S., & Pukdeewong, P. (2021). Fabrication and testing of double-sided solar collector dryer for drying banana. *Case Studies in Thermal Engineering*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101335>
- Rendi, R. (2016). Optimasi Perancangan Alat Pengering Ikan Air Tawar Kapasitas 50 Kg Memanfaatkan Tenaga Surya. *INFO TEKNIK*, 17(1), 111–126.
- Struchalin, P. G., Zhao, Y., & Balakin, B. V. (2024). Field study of a direct absorption solar collector with eco-friendly nanofluid. *Applied Thermal Engineering*, 243. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2024.122652>

- Winarno, J., Sri, D., & Hutomo, G. (2023). Investigasi Kinerja Energi dan Eksergi Peningkat Surya Konveksi Alami Terdistribusi dengan Media Penyimpan Panas Pasir. In *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 18, Issue 2). <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- Yuliananda, S., Sarya, G., & Retno Hastijanti, R. (2015). Pengaruh Perubahan Intensitas Matahari Terhadap Daya Keluaran Panel Surya. In *Jurnal Pengabdian LPPM Untag Surabaya Nopember* (Vol. 01, Issue 02).