

Uji Eksperimental Efisiensi Panas Alat Pengering Surya Langsung Pasif Berbiaya Murah dengan Variasi Material Penutup Transparan

Kemas Muhammad Abdul Fatah^{1*}, Indriyani², Ari Beni Santoso³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin Universitas Sang Bumi Ruwa Jurai

^{1,2,3}Jln. Imam Bonjol No.486 Langkapura Bandar Lampung, Lampung, 35118, Indonesia.

E-mail: kmsmafattah@gmail.com¹, inthannaila@gmail.com², santosoaribeni@gmail.com³

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk: 28 Maret 2022

Direvisi: 3 Juni 2022

Diterima: 15 Juni 2022

Indonesia dengan ketersediaan sinar surya hampir sepanjang tahun, dibutuhkan konstruksi alat pengering surya berbiaya murah sehingga pemanfaatannya tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Penelitian ini mengusulkan konstruksi alat pengering surya langsung pasif karena paling sederhana, dengan lembaran jaring aluminium sebagai komponen material penyerap panas, serat kaca sebagai material isolasi. Untuk komponen penutup transparan, dengan pertimbangan biaya, penelitian ini mengusulkan *polycarbonate* (PC) bening 0.8 mm, kaca bening 2 mm, dan *acrylic* bening 2 mm. Dari hasil uji eksperimental model alat pengering surya, nilai efisiensi panas material *polycarbonate* (PC) tertinggi yaitu 16%, nilai efisiensi panas material kaca dan *acrylic* masing-masing 10% dan 8%. Dengan temuan ini, konstruksi alat pengering surya yang sederhana dan berbiaya murah, isolasi menggunakan serat kaca, penyerap panas menggunakan lembaran jaring aluminium, dan penutup transparan menggunakan PC sebagai pengganti kaca yang banyak digunakan dengan ukuran lebih tipis.

Keywords:

durable;

inexpensive;

solar dryer;

transparent cover

Abstract

Indonesia should be able to provide inexpensive solar dryers due to the availability of sunlight all year round throughout the country. This study proposes a passive direct solar dryer as it is the simplest one to construct, with aluminum mesh sheets as a heat-absorbing material, and glass fiber as an insulating material. For the cost-effective transparent cover, this study proposes 0.8 mm clear polycarbonate (PC), 2 mm clear glass, and 2 mm clear acrylic. The experimental test results of the solar dryer model showed that the highest heat efficiency value for polycarbonate (PC) is 16%, whereas the heat efficiency value for glass and acrylic is 10% and 8%, respectively. Through these findings, the construction of solar dryers is simple and low cost by using glass fiber as insulation, aluminum mesh sheets as heat absorbers, and PC instead of thin glass as transparent covers.

*Penulis korespondensi:

Kemas Muhammad Abdul Fatah

E-mail: kmsmafattah@gmail.com

1. Pendahuluan

Pemanfaatan energi panas surya sebagai sumber energi yang murah dan ramah lingkungan, dapat berupa pembangkit listrik tenaga surya, dimana energi panas surya dikonversikan menjadi energi listrik dengan menggunakan panel fotovoltaik [1], dapat berupa pemanas surya dimana panas surya diaplikasikan untuk memanaskan air [2], dapat berupa alat pengering surya dimana panas surya digunakan untuk proses pengeringan [3],[4].

Alat pengering surya diaplikasikan untuk berbagai tujuan, diantaranya adalah untuk pengawetan produk hasil pertanian [5] dan pengawetan hasil perikanan [6], yang keduanya berhubungan dengan pemenuhan pangan manusia. Untuk alasan ini, banyak peneliti melakukan riset tentang alat pengering surya yang tersedia dalam literatur dengan beragam tujuan riset. Riset dengan tujuan untuk meningkatkan perpindahan panas dengan memodifikasi pelat penyerap panas, dengan menambahkan sirip [7] dan dengan menambahkan *baffle* [8]. Riset dengan tujuan mempercepat waktu pengeringan, dengan mengaplikasikan *flat plate collector* [9]. Riset dengan tujuan mengevaluasi hasil rancang bangun alat pengering surya, diantaranya adalah alat pengering surya tipe langsung [10], alat pengering surya tipe hybrid [11], modifikasi alat pengering surya langsung dengan menambahkan kipas sehingga terjadi peristiwa perpindahan panas konveksi [12], alat pengering surya diintegrasikan dengan tungku biomassa [13], alat pengering surya diintegrasikan dengan energi bahan bakar gas [14],[15], modifikasi alat pengering surya tak langsung dengan menambahkan kolektor berbentuk parabola yang dapat digerakkan secara manual mengikuti sudut deklinasi [16].

Dari beberapa penelitian yang diuraikan di atas, konstruksinya tidak sederhana dan semuanya tidak menyinggung soal biaya, padahal biaya adalah salah satu faktor yang dipertimbangkan selain efisiensi panas dan daya tahan [7]. Alat pengering surya sederhana berbiaya murah sangat dibutuhkan bagi petani dan nelayan yang tidak mampu secara finansial. Apalagi di Indonesia dengan ketersediaan sinar surya hampir sepanjang tahun di seluruh wilayah Indonesia kecuali pada musim hujan dan saat awan tebal menghalangi sinar surya [1], seharusnya pemanfaatan alat pengering surya tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Namun disayangkan, rancang bangun alat pengering hasil penelitian tidak dimanfaatkan, petani dan nelayan tetap menjemur langsung di bawah sinar surya. Sehingga, riset dengan pendekatan sederhana dan berbiaya murah menjadi sangat penting.

Terdapat beberapa tipe alat pengering surya, masing-masing berbeda secara konstruksi, dan tipe alat pengering udara langsung pasif merupakan tipe dengan konstruksi paling sederhana dimana kolektor panas sekaligus sebagai ruang pengering atau keduanya tidak terpisah, dan tidak membutuhkan energi listrik untuk menggerakkan *fan* seperti pada alat pengering surya aktif [17]. Pada konstruksi alat pengering surya langsung pasif, komponen utamanya terdiri atas: penyerap panas, insulator, penutup transparan (*cover*) [8]. Ketiga komponen ini berpengaruh terhadap energi panas di dalam ruang pengering [18]. Karena konstruksinya paling sederhana tentu biayanya paling

ekonomis [19], cocok untuk petani kecil dan di daerah pedalaman [3].

Untuk mendapatkan alat pengering berbiaya murah, pemilihan material setiap komponen menjadi sangat penting, karena dengan material berbiaya murah akan didapat alat pengering berbiaya murah. Sedikit sekali riset alat pengering yang fokus pada biaya, satu diantaranya adalah riset yang terkait dengan biaya material penyerap panas, dimana dengan variasi material yang berbeda biaya, hasilnya adalah penggunaan lembaran jaring besi (*iron mesh*) sebagai material yang lebih murah mampu meningkatkan efisiensi panas sebesar 23.08% [20].

Berbeda dengan penelitian [20] yang fokus pada material penyerap panas, penelitian ini fokus pada material komponen penutup transparan untuk mendapatkan alat pengering surya berbiaya murah melalui uji eksperimental untuk mengetahui efisiensi panas alat pengering surya.

2. Metode

Seperti tampak pada Gambar 1, tahap pertama dari penelitian ini adalah studi literatur dengan tujuan untuk mencari ide yang diperoleh dari hasil penelitian terdahulu, khususnya yang terkait dengan material komponen tutup transparan, komponen penyerap panas dan material isolasi.

Tahapan kedua adalah membuat model alat pengering surya langsung pasif dengan ukuran panjang 80 cm, tinggi 80 cm, dan lebar 60 cm, model alat pengering surya seperti terlihat pada Gambar 2. Dinding ruang pengering terdiri dari 3 (tiga) lapis, lapisan dalam adalah lembaran aluminium yang di cat hitam, lapisan tengah adalah serat kaca (*glass wool*) [18],[8],[13],[21], berwarna kuning sebagai isolasi, dan lapisan luar adalah *fiber* plastik yang biasa digunakan untuk penutup pagar. Sebagai material penyerap panas, dipilih lembaran kawat jaring aluminium [7],[8],[13],[21], yang ditekuk sehingga berbentuk trapesium untuk memperluas permukaan dan dicat hitam untuk meningkatkan penyerapan panas [23]. Material komponen penutup transparan yang divariasikan dalam uji eksperimental, sesuai dengan tujuan dari penelitian ini, masing-masing adalah *polycarbonate* (PC) bening [12],[22], *acrylic* bening [23], atau kaca, material yang paling sering digunakan pada alat pengering surya [18],[3],[7],[8],[13],[11],[10],[16],[21],[20],[24].

Berdasarkan data yang diperoleh dari *marketplace*, diketahui biaya dari masing-masing material yang digunakan, seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Daftar Biaya Material Penutup Transparan

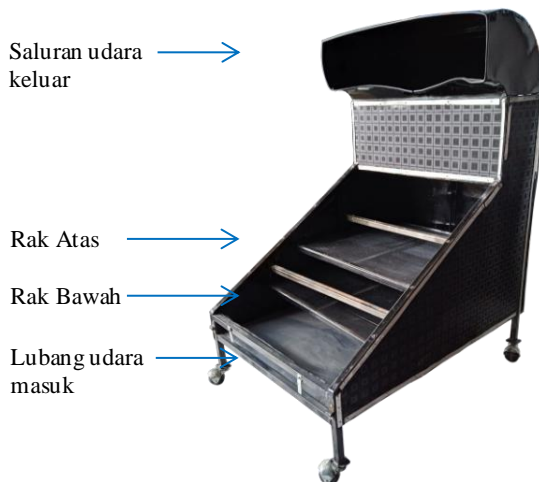
No	Material	Ukuran (m ²)	Tebal (mm)	Harga (Rp)	Biaya per cm ²
1	PC bening	1.1	0.8	99.000	9
2	Kaca bening	1	2	110.000	11
3	Acrylic bening	1	2	337.000	16.85

Tahapan ketiga dari penelitian ini adalah instalasi pengaturan pengujian yang terkait dengan parameter yang diukur. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah temperatur udara masuk ruang pengering (T_i), temperatur udara keluar ruang pengering (T_o), dan radiasi surya (I). Pengukuran temperatur menggunakan *data logger* Elitech GSP 6, dan pengukuran radiasi surya menggunakan *solar*

power meter SM206. Pada tahapan ini juga adalah pemasangan lembaran kawat jaring aluminium yang dicat hitam.



Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian



Gambar 2. Model Alat Peningkat Surya

Tahapan yang keempat adalah pelaksanaan eksperimen. Eksperimen dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali, dengan masing-masing eksperimen menggunakan material penutup transparan yang berbeda namun dengan ukuran yang sama yaitu 72 cm x 60 cm. Material *polycarbonate* (PC) bening tebal 0.8 mm pada eksperimen pertama, material kaca tebal 2 mm pada eksperimen kedua, dan material *acrylic* tebal 2 mm pada eksperimen ketiga. Pada setiap eksperimen dilakukan selama 2 jam dengan pengambilan data pada setiap 5 menit.

Tahapan kelima adalah perhitungan. Perhitungan yang pertama adalah menentukan besarnya panas surya yang diserap (Q_m), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

$$Q_i = \alpha \cdot \tau \cdot I \cdot A_k \cdot t \tag{1}$$

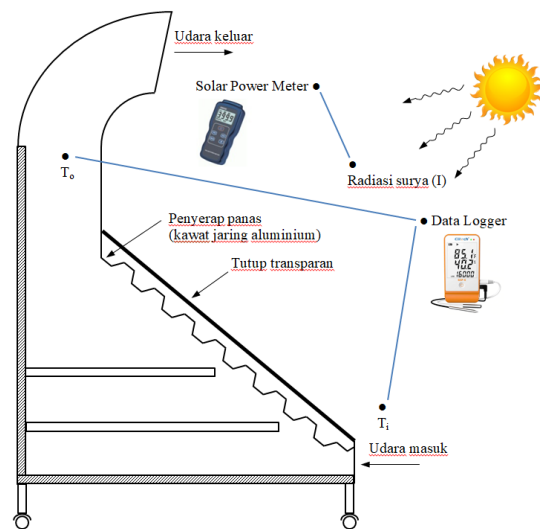
Besarnya panas yang digunakan (Q_u) sehingga terjadi perbedaan antara temperatur udara keluar (T_o) dan temperatur udara masuk (T_i), dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2).

$$Q_u = m \cdot c_p \cdot (T_i - T_o) \tag{2}$$

Untuk nilai efisiensi panas (η) pada alat pengering surya langsung pasif, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$\eta = \frac{Q_u}{Q_i} \tag{3}$$

Tahapan keenam atau tahapan terakhir dari penelitian ini adalah analisis data. Data hasil pengamatan dan perhitungan pada setiap eksperimen ditampilkan dalam bentuk grafik, selanjutnya dideskripsikan sehingga hasil penelitian mudah difahami.

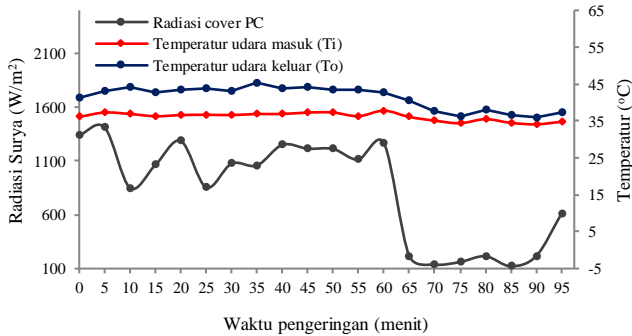


Gambar 3. Skema Pengaturan Pengujian

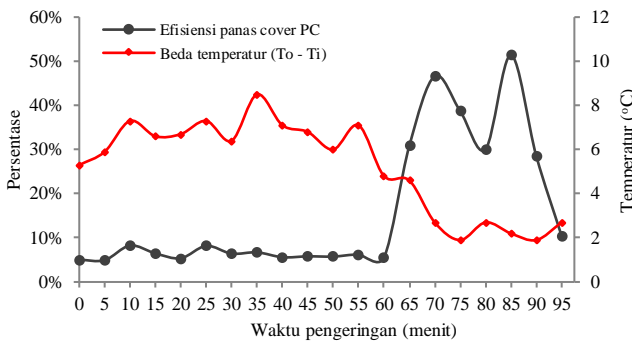
3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, eksperimen dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali dimana pada masing-masing eksperimen menggunakan tutup transparan yang berbeda. Pada eksperimen pertama dengan menggunakan material PC, hasilnya seperti terlihat pada Gambar 4. Nilai radiasi surya rata-rata adalah 833,6 W/m² dan radiasi surya sesaat maksimum tercatat 1401.7 W/m² pada menit ke-5. Nilai radiasi surya fluktuatif dari menit ke-0 sampai dengan menit ke 40, dan selanjutnya relatif stabil sampai menit ke-60. Pada menit ke-65 cuaca berawan sehingga radiasi surya menurun drastis sampai menit ke-90. Pada menit ke-95, cuaca mulai terang sehingga radiasi surya meningkat kembali. Sementara itu, nilai temperatur udara masuk rata-rata adalah 36 °C dan nilai temperatur udara keluar rata-rata adalah 41.4 °C. Temperatur udara masuk sesaat maksimum

tercatat 37.3 °C pada menit ke-5 dan ke-45, dan temperatur udara keluar sesaat maksimum tercatat 45.4 °C pada menit ke-35.



Gambar 4. Grafik Hasil Pengamatan Eksperimen Pertama



Gambar 5. Grafik Hasil Perhitungan Eksperimen Pertama

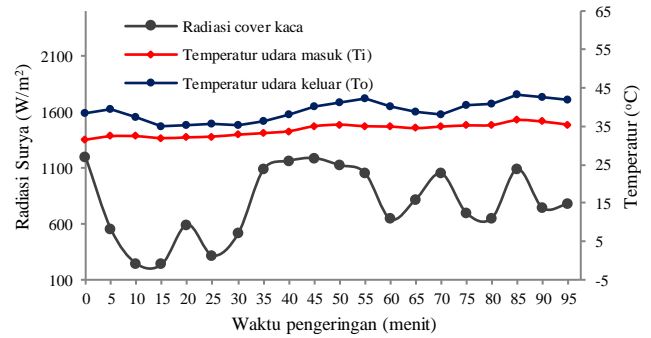
Untuk hasil perhitungan pada eksperimen pertama, seperti yang terlihat pada Gambar 5. Nilai efisiensi panas rata-rata adalah 16% dengan nilai efisiensi panas sesaat maksimum adalah 51% pada menit ke-85. Sementara itu, nilai beda temperatur rata-rata adalah 5.2 °C dan perbedaan tertinggi adalah 8.5 °C pada menit ke-35.

Pada eksperimen kedua dengan menggunakan material kaca, hasilnya seperti terlihat pada Gambar 6. Nilai radiasi surya rata-rata adalah 786.5 W/m² dan radiasi surya sesaat maksimum tercatat 1195.1 W/m² pada menit ke-0 dan terus menurun sampai menit ke-5 akibat cuaca berawan dan fluktuatif sampai menit ke-35, dan selanjutnya relatif stabil sampai menit ke-55. Pada menit ke-60 sampai menit ke-95, nilai radiasi surya fluktuatif kembali. Sementara itu, nilai temperatur udara masuk rata-rata adalah 34 °C dan nilai temperatur udara keluar rata-rata adalah 39 °C. Temperatur udara masuk sesaat maksimum tercatat 36.6 °C pada menit ke-85 dan temperatur udara keluar sesaat maksimum tercatat 43.2 °C pada menit ke-85.

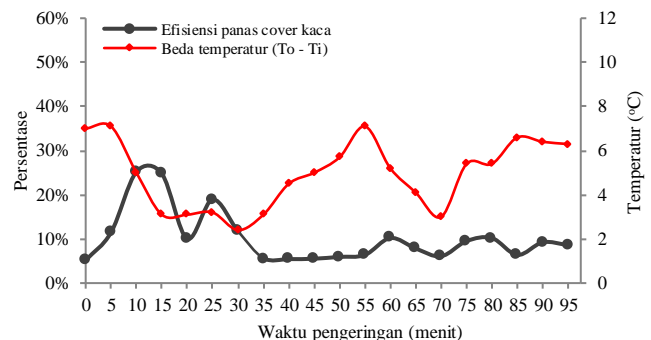
Untuk hasil perhitungan pada eksperimen kedua, seperti yang terlihat pada Gambar 7. Nilai efisiensi panas rata-rata adalah 10% dengan nilai efisiensi panas sesaat maksimum adalah 25% pada menit ke-10 dan ke-15. Sementara itu, nilai beda temperatur rata-rata adalah 4.9 °C dan perbedaan tertinggi adalah 7.1 °C pada menit ke-5 dan ke-55.

Pada eksperimen ketiga dengan menggunakan material *acrylic*, hasilnya seperti terlihat pada Gambar 8.

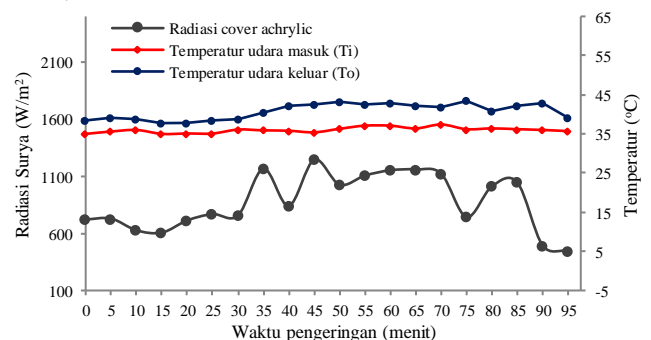
Nilai radiasi surya rata-rata adalah 874.6 W/m² dan radiasi surya sesaat maksimum tercatat 1244.7 W/m² pada menit ke-45. Nilai radiasi surya meningkat dan fluktuatif dari menit ke-0 sampai dengan menit ke-70, selanjutnya turun dan fluktuatif sampai menit ke-95 karena cuaca mulai berawan. Sementara itu, nilai temperatur udara masuk rata-rata adalah 36 °C dan nilai temperatur udara keluar rata-rata adalah 40.8 °C. Temperatur udara masuk sesaat maksimum tercatat 37.4 °C pada menit ke-70 dan temperatur udara keluar sesaat maksimum tercatat 43.4 °C pada menit ke-75.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengamatan Eksperimen Kedua



Gambar 7. Grafik Hasil Perhitungan Eksperimen Kedua

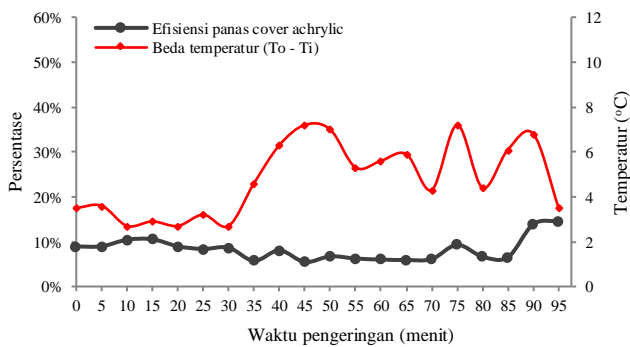


Gambar 8. Grafik Hasil Pengamatan Eksperimen Ketiga

Untuk hasil perhitungan pada eksperimen ketiga, seperti yang terlihat pada Gambar 9. Nilai efisiensi panas rata-rata adalah 8% dengan nilai efisiensi panas sesaat maksimum adalah 15% pada menit ke-95. Sementara itu, nilai beda temperatur rata-rata adalah 4.8 °C dan perbedaan tertinggi adalah 7.2 °C pada menit ke-45 dan ke-75.

Dari data yang diperoleh pada setiap eksperimen, ditemukan fenomena yang sama yaitu ketika nilai radiasi yang menurun dan/atau fluktuatif akibat cuaca berawan,

namun tidak diikuti penurunan efisiensi panas. Hal ini karena kemampuan penyerap panas yang dapat menyerap, menyimpan dan melepaskan panas kembali sehingga ketika panas surya tidak ada [15], penyerap panas masih mampu meningkatkan temperatur udara dan material isolasi mampu menahan kehilangan panas. Sementara itu, nilai efisiensi panas dari masing-masing eksperimen berturut-turut adalah 16%, 10% dan 8%, dimana penggunaan material *polycarbonate* (PC) sebagai material penutup transparan dengan efisiensi panas tertinggi (16%), ini menunjukkan bahwa material PC bisa mencapai efisiensi panas tertinggi pada model alat pengering langsung pasif.



Gambar 9. Grafik Hasil Perhitungan Eksperimen Ketiga

4. Kesimpulan

Hasil eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini menemukan bahwa nilai efisiensi panas alat pengering surya dengan komponen penutup transparan menggunakan material *polycarbonate* (PC) tebal 0.8 mm adalah lebih tinggi dibandingkan dengan 2 (dua) material yang lain yaitu 16%, sementara nilai efisiensi panas material kaca tebal 2 mm adalah 10% dan material *acrylic* tebal 2 mm adalah 8%. Sehingga dengan temuan ini, untuk konstruksi alat pengering surya langsung pasif yang sederhana dan berbiaya murah, komponen penutup transparan dapat menggunakan material *polycarbonate* (PC) dengan biaya Rp. 9/cm² sebagai pengganti material kaca yang sering digunakan dengan ukuran yang lebih tipis, komponen isolasi dapat menggunakan material serat kaca, komponen penyerap panas dapat menggunakan material lembaran jaring aluminium.

Daftar Pustaka

- [1] S. Muslim, K. Khotimah, A. Noor, and A. Azhiimah, "Analisis Kritis Terhadap Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Tipe Photovoltaic (Pv) Sebagai Energi Alternatif Masa Depan," *Rang Tek. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 119–129, 2020.
- [2] F. Firman, S. Suwasti, F. Damawan, and N. Husna, "Peningkatan Kapasitas Pemanas Air Kolektor Pemanas Air Surya Plat Datar dengan Penambahan Bahan Penyimpan Kalor," *Sinergi*, vol. 14, no. 1, pp. 45–50, 2016.
- [3] Y. B. Chauhan and P. P. Rathod, "A comprehensive review of the solar dryer," *Int. J. Ambient Energy*, vol. 41, no. 3, pp. 348–367, 2020, doi: 10.1080/01430750.2018.1456960.
- [4] M. Al-neama and I. Farkas, "Utilization of Solar Air Collectors for Product's Drying Processes," *Journal of Scientific and Engineering Research*, vol. 5, no. 2, pp. 40–56, 2018.
- [5] M. R. Nukulwar and V. B. Tungikar, "A review on performance evaluation of solar dryer and its material for drying agricultural products," *Mater. Today Proc.*, vol. 46, no. xxxx, pp. 345–349, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.08.354.
- [6] J. Sirait, "Pengering dan Mutu Ikan Kering," *J. Ris. Teknol. Ind.*, vol. 13, no. 2, p. 303, 2019, doi: 10.26578/jrti.v13i2.5735.
- [7] A. Fudholi, K. Sopian, M. H. Ruslan, and M. Y. Othman, "Performance and cost benefits analysis of double-pass solar collector with and without fins," *Energy Convers. Manag.*, vol. 76, pp. 8–19, 2013, doi: 10.1016/j.enconman.2013.07.015.
- [8] A. E. Kabeel, M. H. Hamed, Z. M. Omara, and A. W. Kandel, "On the performance of a baffled glazed-bladed entrance solar air heater," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 139, pp. 367–375, 2018, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2018.04.141.
- [9] O. A. Babar, A. Tarafdar, S. Malakar, V. K. Arora, and P. K. Nema, "Design and performance evaluation of a passive flat plate collector solar dryer for agricultural products," *J. Food Process Eng.*, vol. 43, no. 10, 2020, doi: 10.1111/jfpe.13484.
- [10] M. K. Islam, M. S. Karim, N. N. Begum, and K. Z. Uddin, "Fabrication and Performance Study of a Direct Type Solar Dryer," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, no. March, pp. 5–10, 2018.
- [11] W. B. Chaouch, A. Khellaf, A. Mediani, M. E. A. Slimani, A. Loumani, and A. Hamid, "Experimental investigation of an active direct and indirect solar dryer with sensible heat storage for camel meat drying in Saharan environment," *Sol. Energy*, vol. 174, no. April, pp. 328–341, 2018, doi: 10.1016/j.solener.2018.09.037.
- [12] S. Nabnean and P. Nimnuan, "Experimental performance of direct forced convection household solar dryer for drying banana," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 22, no. July, p. 100787, 2020, doi: 10.1016/j.csite.2020.100787.
- [13] M. Yahya, "Rancang Bangun dan Kaji Eksperimental Unjuk Kerja Pengering Surya Terintegrasi dengan Tungku Biomassa untuk Meringkakan Hasil-Hasil Pertanian," *J. Ipteks Terap.*, vol. 9, no. 1, 2015, doi: 10.22216/jit.2015.v9i1.23.
- [14] M. Hatta, A. Syuhada, and Z. Fuadi, "Sistim pengeringan ikan dengan metode hybrid," *J. Polimesin*, vol. 17, no. 1, pp. 9–18, 2019.
- [15] A. Syuhada, R. Sary, and F. Isnain, "Kaji Sistem pengering Kakao dengan Menggunakan Energi Hybrid (Energi Matahari dan Bahan Bakar Gas)," *J. Tek. Mesin Unsyiah*, vol. 6, no. 1, pp. 17–24, 2018.
- [16] J. Varghese, S. Rupesh, J. Augustine, A. Nair, and Prajith, "Design and analysis of a solar drier with a parabolic shaped dish type collector for drying peanut," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1132, no. 1, p. 012046, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1132/1/012046.
- [17] N. N. Nagwekar, V. B. Tidke, and B. N. Thorat, "Seasonal Nutritional Food Security to Indian Women through Community-level Implementation of Domestic Solar Conduction Dryer," *Ecol. Food Nutr.*, vol. 59, no. 5, pp. 525–551, 2020, doi: 10.1080/03670244.2020.1752686.
- [18] S. Hatami, G. Payganeh, and A. Mehrpanahi, "Energy and exergy analysis of an indirect solar dryer based on a dynamic model," *J. Clean. Prod.*, vol. 244, p. 118809, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118809.
- [19] O. V. Ekechukwu and B. Norton, "Review of solar-energy drying systems II: an overview of solar drying technology," *Fuel Energy Abstr.*, vol. 40, no. 3, p. 216, 1999, doi: 10.1016/s0140-6701(99)97881-5.
- [20] H. Ö. Güler *et al.*, "Experimental and CFD survey of

- indirect solar dryer modified with low-cost iron mesh,” *Sol Energy*, vol. 197, no. August 2019, pp. 371–384, 2020, doi: 10.1016/j.solener.2020.01.021.
- [21] M. Yahya, “Performance analysis of solar drying system using double pass solar air collector with finned absorber for drying copra,” *Contemp. Eng. Sci.*, vol. 11, no. 11, pp. 523–536, 2018, doi: 10.12988/ces.2018.811.
- [22] Y. Chan and A. Darius, “Analisis Pengeringan Sohun Dengan Mesin Pengering Hybrid Tipe Konvenyor Otomatis,” *J. Tek. Mesin Untirta*, vol. IV, no. 2, pp. 39–42, 2018.
- [23] C. Maraveas, “Environmental sustainability of greenhouse covering materials,” *Sustain.*, vol. 11, no. 21, 2019, doi: 10.3390/su11216129.
- [24] A. Ayensu and V. Asiedu-Bondzie, “Solar drying with convective self-flow and energy storage,” *Sol. Wind Technol.*, vol. 3, no. 4, pp. 273–279, 1986, doi: 10.1016/0741-983X(86)90006-8.