

Penerapan Teknologi Solar Dryer Dome Terintegrasi PLTS di Desa Ambesia Selatan Sebagai Sentra Produktif Hasil Laut Berkonsep Ramah Lingkungan

Implementing Integrated Solar Dryer Dome Technology with PLTS in South Ambesia Village as a Productive Center for Marine Products

Yuli Asmi Rahman^{1*}, Khairil Anwar², Ahsan Mardjudo³, Muhammad Din⁴

¹ Department of Electrical Engineering, Universitas Tadulako

² Department of Mechanical engineering, Universitas Tadulako

³ Department of Fisheries Agribusiness, Universitas Islam Al Khairat

⁴ Department of Accounting, Universitas Tadulako

*yuli.asmi@untad.ac.id

ABSTRAK

Teknologi Solar Dryer Dome terintegrasi dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan inovasi penting untuk mendukung kegiatan ekonomi nelayan di Desa Ambesia Selatan, Sulawesi Tengah. Teknologi pengeringan tradisional yang masih digunakan saat ini memiliki keterbatasan seperti ketergantungan cuaca, lama waktu pengeringan, dan risiko kontaminasi. Inovasi ini tidak hanya menawarkan solusi pengeringan hasil laut yang lebih efisien, tetapi juga menekankan pada konsep sustainable business yang ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber daya terbarukan, alat ini mampu meningkatkan kualitas dan produktivitas nelayan, sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Hasil pengujian bersama masyarakat menunjukkan bahwa alat ini mampu mengurangi waktu pengeringan ikan secara signifikan dan menawarkan solusi berkelanjutan dengan efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan pengeringan konvensional.

Kata kunci — energi matahari, efisiensi, pemanas, penukar kalor, kubah pengering

ABSTRACT

Traditional drying technology still used today in Ambesia village has limitations such as weather dependence, long drying time, and risk of contamination. Community service activities offer innovation in Solar Dryer Dome Technology integrated with Solar Power Plants. This innovation results from the dissemination of research results that provide a more efficient seafood drying solution and emphasize the concept of environmentally friendly sustainable business. This technology uses solar energy as a renewable resource to improve fishermen's quality and productivity while reducing negative impacts on the environment. The method of implementing community service is through training activities for partners. The testing results with the community during the training showed that this tool could significantly reduce fish drying time and offer a sustainable solution with higher energy efficiency than conventional drying.

Keywords — solar energy, efficiency, heater, exhaust, dryer dome

1. Pendahuluan

Teknologi pengeringan merupakan salah satu metode penting dalam pengolahan hasil pertanian dan perikanan, yang bertujuan untuk memperpanjang masa simpan produk serta menjaga kualitasnya. Pengeringan dilakukan dengan menghilangkan kadar air melalui perpindahan panas dan massa secara bersamaan (El-Sebaai dan Shalaby, 2012). Pengeringan tradisional yang memanfaatkan sinar matahari langsung masih banyak digunakan, terutama di daerah pesisir seperti di Desa Ambesia Selatan (gambar 1). Namun, metode ini memiliki kelemahan, antara lain ketergantungan pada kondisi cuaca, waktu pengeringan yang lama, dan risiko kontaminasi dari lingkungan seperti debu, serangga, dan polusi. Desa Ambesia Selatan dikenal sebagai salah satu sentra produksi ikan di Sulawesi Tengah, yang memiliki potensi besar untuk pengolahan hasil laut.



Gambar 1. Kondisi pengeringan tradisional di Desa Ambesia Selatan

Teknologi pengeringan modern berbasis energi terbarukan, memungkinkan nelayan dapat mengeringkan ikan lebih cepat, higienis, dan tanpa menggunakan listrik dari jaringan PLN. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga sejalan dengan konsep sustainable business yang mengutamakan efisiensi energi dan keberlanjutan lingkungan.

Beberapa literatur menunjukkan perkembangan signifikan dalam penerapan teknologi pengeringan surya. Udomkun, dkk (2020), mengungkapkan bahwa penggunaan pengeringan surya dapat mengurangi kehilangan hasil tangkapan ikan akibat pembusukan, terutama di daerah tropis yang sering mengalami perubahan cuaca yang tidak menentu. Selain itu, solar dryer dengan integrasi pembangkit listrik

tenaga surya (PLTS) juga semakin berkembang, memberikan pasokan energi terbarukan untuk perangkat pengeringan. PLTS dapat menyediakan pasokan energi yang stabil dan ramah lingkungan sehingga potensi besar untuk diterapkan di daerah-daerah terpencil, di mana akses ke listrik konvensional terbatas. Teknologi ini mampu meningkatkan kinerja pengeringan tanpa ketergantungan pada energi fosil, sejalan dengan upaya mitigasi perubahan iklim. Lamrani dan Draoui (2021) menyoroti penggunaan sistem penyimpanan energi termal dalam pengeringan surya, yang memungkinkan operasi pengeringan berkelanjutan bahkan saat cuaca mendung. Hal ini sangat relevan dengan kondisi di Indonesia, di mana variabilitas cuaca sering menghambat proses pengeringan konvensional. Selain itu, Akbulut dan Durmuş (2010) menunjukkan bahwa pengeringan surya dengan forced convection memberikan hasil yang lebih konsisten dibandingkan pengeringan pasif, terutama dalam menjaga kualitas produk yang dikeringkan. Bantuan sistem sirkulasi udara paksa dan heater bertenaga PLTS, tidak hanya mampu mengurangi waktu pengeringan secara signifikan, tetapi juga meningkatkan kualitas produk dan mengurangi ketergantungan pada energi konvensional, terbukti meningkatkan efisiensi energi secara signifikan. (Fudholi, dkk., 2010). Faktor yang paling mempengaruhi proses pengeringan secara keseluruhan adalah udara pengering yang panas dan memiliki lebih sedikit kelembaban. Selain itu, laju pengeringan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu dan kecepatan udara pengeringan. (Asnaz dan Dolcek, 2021), dan pada saat yang sama juga akan meningkatkan sifat fisik ikan kering. (Al- Mahruqi dan Al- Ismaili, 2021).

Pengembangan teknologi Solar Dryer Dome menggunakan prinsip jebakan energi panas dari radiasi matahari (atau sering juga disebut pengering rumah kaca atau Solar Greenhouse Dryer) menjadi pilihan terbaik untuk pengeringan (Demissie, dkk., 2024). Pengering rumah kaca dan integrasinya dengan modul fotovoltaik (PV) telah menjadi subjek banyak penelitian (Tiwari dan Tiwari, 2016). Ada berbagai manfaat untuk menggabungkan pengering rumah kaca dengan modul PV, yang dapat meningkatkan produktivitas dan

keberlanjutan proses pertanian (Tyagi et al., 2013). Dengan mengintegrasikan modul PV dengan solar greenhouse dryer, energi surya dapat digunakan untuk memberi daya pada komponen pengeringan, termasuk kipas atau blower, dan elemen pemanas di dalam pengering, yang memungkinkan pengeringan lebih cepat atau bisa dilakukan pada cuaca mendung atau malam hari, dengan menjaga suhu dan kelembaban optimal selama proses pengeringan. Selain itu, dapat meningkatkan efektivitas energi, menghemat biaya, menggunakan green energy, dan meningkatkan kontrol pengeringan dengan memasang pengering rumah kaca bersama modul PV (Tiwari dkk., 2016). Solar dryer dome, atau Solar Greenhouse dryer, akan lebih efektif dengan bentuk semi silinder atau quonset, di mana dengan bentuk ini, dapat menghasilkan suhu hingga 72 °C di dalam, yang 64% lebih tinggi daripada suhu luar (Jagadeesh dkk., 2020). Mani dan Thirumalai Natesan, (2021), menemukan bahwa kinerja termal pengering rumah kaca surya dengan atap parabola mode aktif dapat mengeringkan produk dalam waktu 28 jam. Untuk mendapatkan transmisi radiasi surya maksimum, sistem dapat ditutupi dengan material transparan yang memiliki nilai transmitansi cukup tinggi agar pengeringan rumah kaca surya sebesar efektif baik pada siang hari dan malam hari (Ssemwanga, 2020). Pengeringan menggunakan solar dome terintegrasi dengan PLTS menunjukkan hasil yang signifikan dalam penghematan energi dan peningkatan kecepatan pengeringan. dibandingkan dengan pengeringan konvensional, sistem ini juga menawarkan kebersihan yang lebih baik karena produk tidak terpapar debu atau kontaminasi dari lingkungan (Janjai dkk., 2020). Selain itu, produk yang dikeringkan dalam kondisi lingkungan yang lebih terkontrol seperti di dalam greenhouse memiliki lebih sedikit kehilangan nutrisi dan lebih higienis (Ekechukwu dan Norton, 1999). Desain sistem pengeringan rumah kaca memainkan peran penting dalam kinerjanya. Pemodelan termal akan sangat membantu dalam merancang pengering rumah kaca terbaik dengan mempertimbangkan berbagai desain yang mengatur dan parameter pengoperasian. Temperatur udara ruangan, kelembaban relatif,

laju pengeringan, kinetika pengeringan, dan potensi pengeringan dapat diperkirakan secara tepat dari pemodelan termal (Chauhan, dkk., 2017). Sehingga penggunaan greenhouse solar dryers dapat meningkatkan efisiensi pengeringan dibandingkan dengan pengeringan terbuka. Hal ini disebabkan oleh kemampuan greenhouse untuk mempertahankan suhu internal yang lebih tinggi, yang dapat mempercepat proses pengeringan, terutama pada produk ikan dan hasil laut. Dari sisi potensi ekonomi, biaya pengeringan produk dengan menggunakan pengering tenaga surya jauh lebih rendah dibandingkan jika menggunakan pengering listrik. Perhitungan mengungkapkan potensi penghematan hingga 10 kali lipat nilai investasi saat ini dalam masa pakai pengering, tergantung pada produk yang akan dikeringkan (Philip, dkk., 2022). Dengan menggunakan energi terbarukan seperti PLTS, biaya operasional dapat dikurangi secara drastis, sementara kualitas produk yang dihasilkan lebih baik dibandingkan dengan pengeringan konvensional. Hal ini memberikan keuntungan kompetitif dalam pasar global, terutama dalam konteks sustainable.

2. Metode

Perancangan dan pembuatan alat Solar Dryer dilakukan laboratorium Teknik Mesin Universitas Tadulako, dengan kolaborasi bersama laboratorium Teknik Elektro dalam pengembangan sistem PLTS. Dome memiliki dimensi 4 × 3 × 3 meter, dengan rangka besi hollow yang mudah dipasang dan dibongkar menggunakan sistem knockdown system (gambar 2) sehingga memudahkan mobilisasi atau transportasi ke lokasi pemasangan.



Gambar 2. Komponen Rangka dan Rak Sistem Knockdown Solar dryer dome

Dinding dome terbuat dari polikarbonat transparan untuk memaksimalkan masuknya sinar matahari dan memerangkap panas dengan baik, sementara bagian dalam dilengkapi dengan rak-rak pengering bertingkat (gambar 3).



Gambar 3. Solar Dryer dome dengan rak pengeringan bertingkat

Sistem pengeringan memanfaatkan energi surya yang disuplai oleh panel surya yang terhubung dengan kipas blower dan heater. Ukuran dome 4×3×3 meter memungkinkan kapasitas pengeringan yang besar, sementara desain ventilasi dan blower memastikan sirkulasi udara yang optimal. PLTS yang terpasang terdiri dari panel surya dengan kapasitas 400 WP, menggunakan baterai berkapasitas 200 Ah 24 volt, dengan kelengkapan sistem PLTS (gambar 4) yang mampu menyuplai energi untuk menggerakkan kipas blower 40 W dan heater 200 W secara berkelanjutan. Alat ini diuji dengan sampel ikan teri, dengan proses pengeringan dilakukan pada kondisi cuaca cerah dan tanpa penggunaan heater. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur efisiensi pengeringan dibandingkan dengan metode tradisional. Pengukuran dilakukan pada waktu pengeringan, tingkat kelembaban akhir produk, dan suhu di dalam dome. Dihitung juga perbandingan biaya energi antara penggunaan Solar Dryer Dome dengan metode pengeringan tradisional yang mengandalkan sinar matahari dan listrik dari jaringan. Faktor keberlanjutan dan pengurangan emisi juga dianalisis untuk mengevaluasi dampak lingkungan teknologi ini.

3. Hasil dan Pembahasan

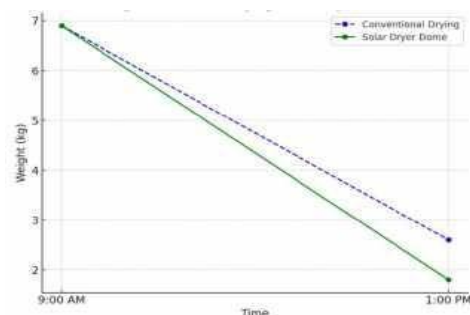
Kegiatan pengabdian dilakukan dua tahap, yaitu pengenalan alat dan demonstrasi penggunaan alat. Kegiatan ini diikuti oleh kelompok nelayan dan ibu-ibu yang biasanya membantu dalam proses penjemuran ikan. Hasil penggunaan alat juga merupakan sebagai bentuk pengujian alat di lapangan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu pengeringan menggunakan solar dryer dome jauh lebih efisien dibandingkan metode konvensional. Hasil pengujian menunjukkan bahwa waktu pengeringan menggunakan solar dryer dome jauh lebih efisien dibandingkan metode konvensional.



Gambar 4. Pengujian Solar Dryer Dom

Untuk ikan teri sebanyak 7 kg, waktu pengeringan hanya memakan waktu 4 jam pada kondisi cuaca terik tanpa heater, sementara pengeringan konvensional memerlukan waktu hingga 2 hari pada kondisi cuaca yang sama (Gambar 4). Perbandingan penurunan berat ikan teri yang dikeringkan dengan solar dryer dome dan metode konvensional menunjukkan keunggulan signifikan dari teknologi solar dryer dome. Dalam waktu 4 jam, berat ikan teri pada solar dryer dome turun hingga 1,8 kg, sementara pengeringan konvensional hanya mencapai 2,6 kg.



Gambar 6. Perbandingan waktu pengeringan menggunakan solar dryer dome dengan pengeringan konvensional pada sampel berat ikan yang sama

Hasil ini menunjukkan bahwa pengeringan dengan solar dryer dome lebih cepat dan efisien dalam menghilangkan kadar air, sesuai dengan studi sebelumnya yang mengonfirmasi keunggulan solar drying yang menggunakan kipas atau blower untuk mempercepat sirkulasi udara seperti yang ditunjukkan Gambar 5.

Hal ini sesuai dengan temuan Lamrani & Draoui (2021), yang menyatakan bahwa sistem pengeringan dengan sirkulasi udara paksa dapat mempercepat proses pengeringan secara signifikan. Solar dryer dengan teknologi kipas angin menghasilkan waktu pengeringan yang lebih cepat dan efisien dibandingkan pengeringan terbuka. Dalam pengeringan konvensional, faktor eksternal seperti kontaminasi dan kecepatan angin dapat memperlambat proses pengeringan, sedangkan solar dryer dome, dengan sistem tertutup dan ventilasi aktif, mampu menjaga kestabilan suhu dan kelembaban di dalam ruang pengering. Selain itu, solar dryer dome menghasilkan produk yang lebih higienis karena terlindung dari polutan udara luar seperti debu, serangga, dan mikroorganisme. Produk ikan yang dihasilkan dari pengeringan dengan solar dryer dome memiliki kualitas yang lebih baik, baik dari segi tekstur, warna, dan kebersihan. Tidak ada kontaminasi debu atau serangga yang biasanya ditemukan pada pengeringan konvensional. Hal ini mendukung klaim Prakash dan Kumar (2014) tentang manfaat sistem pengeringan terkontrol dalam meningkatkan higienitas produk yang dikeringkan. Penggunaan PLTS untuk menyuplai energi kipas dan heater juga terbukti mengurangi biaya operasional secara signifikan dibandingkan dengan pengeringan konvensional yang bergantung pada listrik PLN. Teknologi ini memberikan potensi penghematan energi hingga 50%, yang berdampak pada penurunan biaya produksi dan meningkatkan daya saing produk di pasar (Akbulut & Durmuş, 2010).

Penggunaan energi terbarukan dari PLTS sejalan dengan tujuan keberlanjutan lingkungan dan mitigasi perubahan iklim. Teknologi solar dryer dome juga mendukung konsep sustainable business, di mana produksi ikan yang lebih

efisien dan ramah lingkungan dapat memberikan nilai tambah pada produk hasil laut, sekaligus berkontribusi pada pengurangan pencemaran lingkungan di Desa Ambesia Selatan akibat penggunaan bahan bakar fosil. Penggunaan PLTS sebagai sumber energi juga memberikan manfaat ekonomi yang signifikan. Dengan tidak menggunakan listrik dari PLN, biaya operasional dapat ditekan secara drastis. Ini memungkinkan para nelayan untuk meningkatkan margin keuntungan atau menawarkan harga produk yang lebih rendah di pasar. Hal ini menciptakan keuntungan kompetitif bagi nelayan Desa Ambesia Selatan di tengah persaingan pasar produk hasil laut. Teknologi ini dapat membantu daerah-daerah pesisir dengan infrastruktur listrik yang terbatas untuk tetap produktif dengan cara yang berkelanjutan. Teknologi ini dapat menjadi model bagi sentra-sentra perikanan di daerah lain untuk meningkatkan daya saing sekaligus menjaga lingkungan.

4. Kesimpulan

Penerapan teknologi Solar Dryer Dome terintegrasi PLTS di Desa Ambesia Selatan menunjukkan hasil yang sangat menjanjikan dalam hal efisiensi pengeringan ikan dan pengurangan biaya operasional. Dengan teknologi ini, nelayan tidak hanya dapat meningkatkan produktivitas, tetapi juga menjaga higienitas produk dan berkontribusi pada pelestarian lingkungan dengan memanfaatkan energi terbarukan. Teknologi ini sejalan dengan konsep sustainable business, yang dapat menjadi model pengembangan industri perikanan di wilayah pesisir Indonesia. Penerapan teknologi solar dryer dome terintegrasi PLTS di Desa Ambesia Selatan memberikan solusi yang efisien dan ramah lingkungan untuk pengolahan hasil laut, dengan penghematan energi dan biaya operasional. Studi ini memberikan validasi lebih lanjut terhadap berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, serta membuka peluang untuk aplikasi lebih luas dalam konteks sustainable business. Merupakan jawaban atas tujuan pengabdian dan ringkasan hasil pengabdian.



5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, yang telah memberikan pendanaan melalui hibah Program Pemberdayaan Desa Binaan (PDB) tahun ke-2 di tahun 2024 (DRTPM nomor 0667/E5/AL.04/2024 tanggal 30 Mei 2024), LPPM Untad (sehingga kegiatan pengabdian kepada masyarakat dapat terlaksana dengan baik. No. 1771/UN28.16/AL.04/2024). Partisipasi dan kerja sama kedua institusi sangat berharga dalam pencapaian tujuan program ini.

6. Daftar Pustaka

- [1] Akbulut, A., & Durmuş, A. (2010). Energy and exergy analyses of thin layer drying of mulberry in a forced solar dryer. *Energy*, 35(4), 1754-1763.
- [2] Al-Mahruqi, N.S. dan Al-Ismaili, A. (2021). A review on solar drying of fish. *Journal of Agricultural and Marine Sciences [JAMS]*, 26(2), 1-9.
- [3] Asnaz, M. S. K., & Dolcek, A. O. (2021). Comparative performance study of different types of solar dryers towards sustainable agriculture. *Energy Reports*, 7, 6107-6118.
- [4] Chauhan, P. S., Kumar, A., & Gupta, B. (2017). A review on thermal models for greenhouse dryers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 548-558.
- [5] Demissie, Y. A., Abreham, R. E., Wassie, H. M., & Getie, M. Z. (2024). Advancements in solar greenhouse dryers for crop drying. *Energy Reports*, 11, 5046-5058.
- [6] El-Sebaei, A. A., & Shalaby, S. M. (2012). Solar drying of agricultural products: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (1), 37-43.
- [7] Ekechukwu, O. V. (1999). Review of solar-energy drying systems I: an overview of drying principles and theory. *Energy conversion and management*, 40(6), 593-613.
- [8] Fudholi, A., Sopian, K., Ruslan, M. H., Alghoul, M. A., & Sulaiman, M. Y. (2010). Review of solar dryers for agricultural and marine products. *Renewable and sustainable energy reviews*, 14(1), 1-30.
- [9] Jagadeesh, D., Vivekanandan, M., Natarajan, A., Chandrasekar, S., 2020. Experimental conditions to identify the ideal shape of dryer investigation of six shapes of solar greenhouse dryer in no load. *Mater. Today Proc.* vol. 37, 395–403. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.386>.
- [10] Janjai, S., Srisittipokakun, N., & Bala, B. K. (2008). Experimental and modelling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices. *Energy*, 33(1), 91-103.
- [11] Lamrani, B., & Draoui, A. (2021). Thermal performance and economic analysis of an indirect solar dryer of wood integrated with packed-bed thermal energy storage system: A case study of solar thermal applications. *Drying Technology*, 39(10), 1371-1388.
- [12] Mani, P., & Thirumalai Natesan, V. (2021). Experimental investigation of drying characteristics of lima beans with passive and active mode greenhouse solar dryers. *Journal of Food Process Engineering*, 44(5), e13667.
- [13] Philip, N., Duraipandi, S., & Sreekumar, A. (2022). Techno-economic analysis of greenhouse solar dryer for drying agricultural produce. *Renewable Energy*, 199, 613-627.
- [14] Prakash, O., & Kumar, A. (2014). Solar greenhouse drying: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 905-910.
- [15] Ssemwanga, M., Makule, E., & Kayondo, S. I. (2020). Performance analysis of an improved solar dryer integrated with multiple metallic solar concentrators for drying fruits. *Solar Energy*, 204, 419-428.
- [16] Tiwari, S., Tiwari, G. N., & Al-Helal, I. M. (2016). Development and recent trends in greenhouse dryer: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, 65, 1048-1064.
- Udomkun, P., Romuli, S., Schock, S., Mahayothee, B., Sartas, M., Wossen, T., & Müller, J. (2020). Review of solar dryers for agricultural products in Asia and Africa: An innovation landscape approach. *Journal of Environmental management*, 268, 110730.

