

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang Diimplementasikan pada Pengering Kopra

Muhammad Rafli¹⁾, Rahmatullah. H^{2,*)}, Suryanto³⁾ dan Muhammad Ruswandi Djalal⁴⁾

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia

*E-mail korespondensi: rahmatthuz10@gmail.com

Abstract: This study aims to design a Solar Power Plant system capable of meeting the energy needs of a rack-type copra dryer and to implement an automatic temperature control system to improve energy efficiency. The system consists of one 370 Wp solar panel, a 30A PWM solar charge controller, a 100 Ah lead-acid battery, and a 310W heater and fan load. The temperature control system uses an STC-1000 digital thermostat to regulate the drying chamber temperature to 58–62 °C, ensuring a stable drying process. Test results show that the solar power system can supply energy constantly and operate the dryer without relying on PLN electricity. Copra with an initial weight of 3.19 kg before drying became 1.63 kg after drying for 19 hours, resulting in a final moisture content of around 6–7%, in accordance with the standard for good quality dried copra, with a total energy value of 10345 kJ. The use of automatic control proved capable of maintaining temperature stability, accelerating the drying process, and saving electricity from the PLTS. Thus, the combination of PLTS and automatic control systems can be an efficient, environmentally friendly, and sustainable drying solution for the copra industry.

Keywords: Solar Power System (PLTS); Dryer; Copra; Moisture content; Efficiency.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang mampu memenuhi kebutuhan energi pada alat pengering kopra tipe rak, serta menerapkan sistem kontrol suhu otomatis untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Sistem terdiri dari 1 panel surya sebesar 370 Wp, Solar charge controller tipe PWM 30A, Baterai Lead 100ah, serta beban heater dan fan sebesar 310W. Sistem kontrol suhu menggunakan termostat digital STC-1000 yang mengatur suhu ruang pengering pada kisaran 58–62 °C agar proses pengeringan berlangsung stabil. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem PLTS dapat menyuplai energi secara konstan dan mampu mengoperasikan pengering tanpa ketergantungan pada listrik PLN. Kopra dengan berat awal sebelum dikeringkan 3,19 kg menjadi 1,63 kg setelah dikeringkan selama 19 jam menghasilkan kadar air akhir sekitar 6–7% , sesuai dengan standar kopra kering berkualitas baik, dengan nilai total energi yang digunakan mencapai 10345 kJ. Penggunaan kontrol otomatis terbukti mampu menjaga kestabilan suhu, mempercepat proses pengeringan, serta menghemat energi listrik dari PLTS. Dengan demikian, kombinasi PLTS dan sistem kontrol otomatis dapat menjadi solusi pengeringan yang efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan bagi industri kopra.

Kata kunci : PLTS; Pengering; Kopra; Kadar air; Efisiensi.

I. PENDAHULUAN

Kopra merupakan salah satu hasil utama dari tanaman kelapa yang memiliki peran penting dalam sektor perkebunan di Indonesia. Industri kopra memiliki peran penting dalam perekonomian negara-negara tropis, khususnya di kawasan Asia Tenggara dan Pasifik . Di Indonesia sendiri, kopra menjadi salah satu komoditas ekspor unggulan, dan banyak petani kelapa yang menggantungkan sumber penghidupannya pada produksi kopra [1].

Pemerintah Indonesia berupaya memperkuat industri kelapa melalui berbagai kebijakan strategis. Salah satu landasan pentingnya adalah Instruksi Presiden Nomor 6 Tahun 2007 tentang Kebijakan Industri Nasional, yang menekankan perlunya pengembangan industri berbasis sumber daya alam, termasuk kelapa. Melalui kebijakan ini, pemerintah berorientasi pada hilirisasi, yaitu mendorong pengolahan kopra menjadi berbagai produk turunan bernilai ekonomi tinggi seperti minyak kelapa, minyak kelapa murni (VCO), briket arang tempurung, kosmetik, hingga bioenergi [2].

Metode pengeringan kopra dapat dilakukan dengan penjemuran di bawah sinar matahari, pengasapan, maupun menggunakan pengering modern. Penjemuran matahari membutuhkan waktu lama sekitar 5 hingga 7 hari serta sangat bergantung pada cuaca, sehingga panas yang tidak merata

sering menurunkan kualitas dan meningkatkan risiko jamur [3]. Pengeringan kopra dengan metode pengasapan biasanya memakan waktu 2–4 hari, tergantung intensitas api, jenis bahan bakar, dan kondisi lingkungan. Karena suhu dan aliran udara tidak terkontrol, pengeringan sering tidak merata dan mutu kopra menjadi kurang konsisten [4].

Pada penelitian ini, daging kelapa segar dengan kadar air awal $\pm 52\%$ dikeringkan menggunakan oven suhu 65°C selama 16 jam. Hasilnya menunjukkan bahwa kadar air akhir turun hingga 7%, sesuai standar mutu kopra kering. Sebagai pembanding, proses penjemuran matahari pada musim cerah membutuhkan lebih dari dua hari, dengan hasil kadar air akhir yang kurang seragam dan berisiko kontaminasi mikroba [5]. Pengeringan menggunakan energi surya dapat mempercepat proses hingga setengah dari waktu pengeringan alami. Pada pengering surya tabung hampa, kadar air setimbang dicapai dalam 22 jam, sedangkan pengeringan alami memerlukan 40 jam. Secara umum, proses pengeringan kopra membutuhkan dua hari satu malam untuk mencapai pengeringan kontinu sesuai standar. [6].

Selain itu, mutu minyak yang dihasilkan dari kopra oven menunjukkan warna lebih bening, aroma lebih netral, dan kadar peroksida lebih rendah dibandingkan hasil dari pengeringan tradisional. Stabilitas mutu minyak selama penyimpanan juga meningkat, memperlihatkan keuntungan signifikan dalam penerapan metode oven.

Energi surya dimanfaatkan untuk diubah menjadi energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang digunakan untuk menyuplai energi pada sistem pengering kopra sebagai pengganti energi matahari langsung [7]. Dengan penggunaan PLTS, proses pengeringan kopra dapat tetap berlangsung secara optimal meskipun intensitas sinar matahari berkurang atau kondisi cuaca kurang mendukung. Teknologi ini memungkinkan pengeringan yang lebih konsisten dan efisien, sehingga kualitas Kopra yang dihasilkan tetap terjaga dengan baik. Selain itu, penggunaan PLTS sebagai sumber daya memberikan keuntungan berupa efisiensi energi dan keberlanjutan, sejalan dengan tren global menuju energi terbarukan [8].

II. METODE PENELITIAN

A. Survei Lapangan

Pada tahap awal dilakukan survei lapangan untuk mengetahui kondisi nyata lokasi pengujian, seperti intensitas cahaya matahari, suhu lingkungan, serta ruang instalasi untuk panel surya dan pengering kopra. Pengukuran awal meliputi tegangan dan arus panel surya, kadar air awal kopra, serta kebutuhan daya beban seperti heater dan fan. Observasi di Gedung TRET Politeknik Negeri Ujung Pandang menunjukkan bahwa intensitas matahari cukup baik sehingga mendukung penggunaan PLTS. Secara keseluruhan, survei lapangan menjadi dasar penting dalam menentukan kapasitas panel surya, baterai, serta pengaturan suhu pengering agar alat dapat bekerja optimal sesuai kondisi lapangan.

B. Tahap Perencanaan

Tahap perancangan digunakan sebagai peninjau untuk memilih komponen–komponen apa saja yang akan digunakan. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai alat yang akan dikembangkan, dengan mempertimbangkan berbagai parameter yang diperoleh dari hasil studi awal.

1. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya :

Tahap perancangan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dilakukan melalui beberapa langkah perhitungan untuk menentukan kapasitas komponen utama.

a) Menentukan Kebutuhan Daya (Wh)

Menghitung total kebutuhan daya listrik (E_{total}) berdasarkan daya total beban (P_{total}) dan lama waktu pemakaian (t), diperoleh persamaan 1:

Tabel 1 Total penggunaan energi harian

No	Beban	Daya (Watt)	Jumlah	Total daya	Waktu (Jam)	Konsumsi Energi (Wh)
1	Heater	300	1	300	5	1500
2	Fan ac	10	3	30	5	150
Total		310	4	330	5	1650

$$E_{total} = P_{total} \times t \dots \dots \dots (1)$$

dimana P_{total} merupakan daya tota beban (watt) dan t Adalah waktu operasi (jam).

b) Menentukan Kapasitas Panel Surya (Wp)

Menghitung kebutuhan panel surya yang digunakan dengan menggunakan persamaan 2:

$$P_{panel} = \frac{E_{total}}{ESH} \dots \dots \dots (2)$$

dimana ESH merupakan waktu penyinaran efektif matahari berapa pada 4-5 jam (jam puncak penyinaran).

c) Menentukan Kapasitas Solar Charge Controller (A)

SCC berfungsi mengatur pengisian arus baterai agar tetap stabil. Dengan menggunakan persamaan 3:

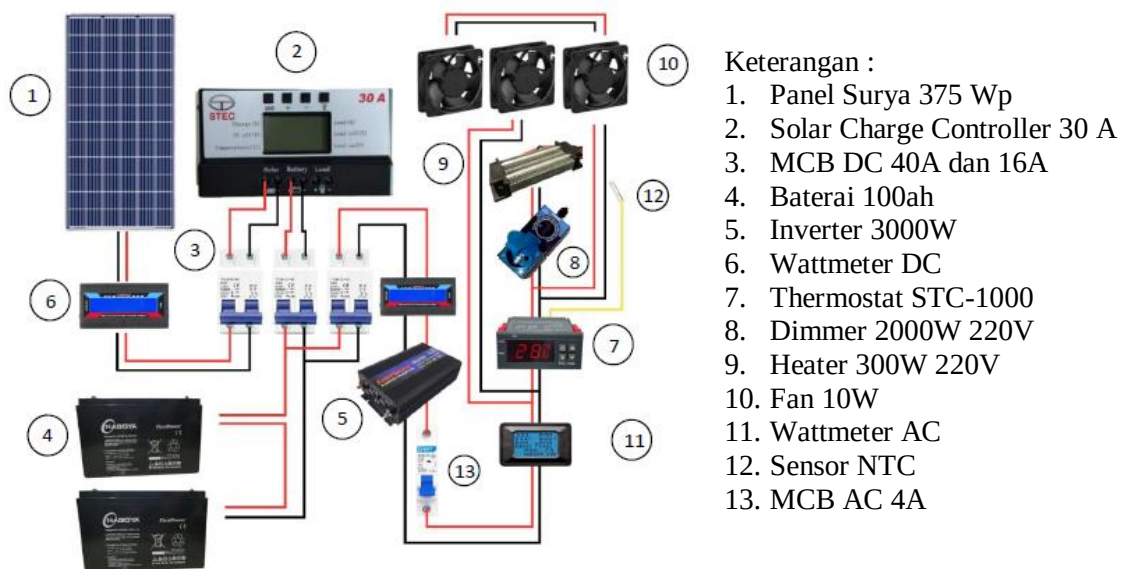
$$SCC = I_{sc} (A) \times \text{Jumlah Panel} \dots \dots \dots (3)$$

dimana I_{sc} merupakan short circuit current pada modul panel.

d) Menentukan Kapasitas Inverter

Pada pemilihan inverter, disesuaikan dengan kapasitas kerjanya mendekati kapasitas daya yang dilayani agar efisiensi inverter bekerja optimal.

2. Perancangan Rangkaian Sistem Kerja Pengering



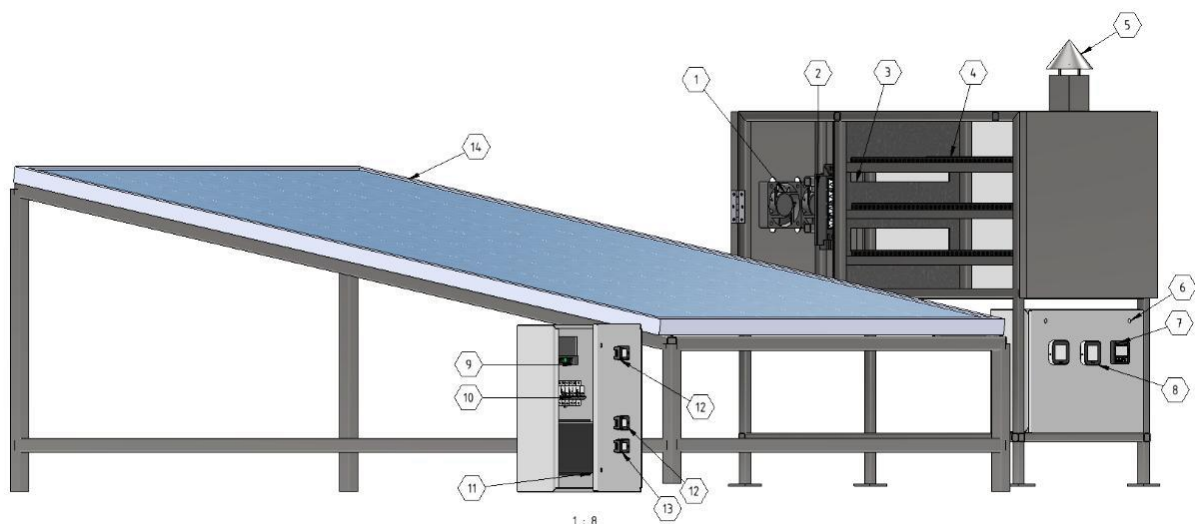
Gambar 1 Rangkaian Sistem

Sistem ini bekerja dengan mengubah energi matahari menjadi listrik melalui PV, yang kemudian disalurkan ke SCC untuk mengatur pengisian daya ke baterai. Energi listrik yang

tersimpan dalam baterai digunakan untuk memasok daya ke berbagai komponen melalui inverter yang mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Adapun kami menggunakan dimmer untuk mencegah arus lonjakan pada heater. Termostat STC-1000 berfungsi sebagai pengontrol utama suhu dalam sistem pengeringan Kopra, dengan menerima data suhu dari sensor NTC. Sistem kerja pengontrolan ini dimulai ketika thermostat membaca suhu di dalam ruang pengering. Saat suhu lebih rendah dari suhu yang telah ditetapkan yaitu 60 °C, STC-1000 akan mengaktifkan relai pemanas sehingga pemanas menyala untuk meningkatkan suhu. Jika suhu turun hingga di bawah 58 °C, pemanas kembali menyala untuk menjaga suhu tetap naik hingga mencapai 60 °C. Ketika suhu mencapai 60 °C, pemanas akan otomatis mati untuk mencegah suhu berlebih. Jika suhu meningkat hingga 62 °C, fan pendingin akan menyala. Fan pendingin akan tetap menyala selama suhu berada di atas 60 °C, dan baru akan mati ketika suhu turun kembali ke 60 °C. Apabila suhu kembali turun hingga di bawah 58 °C, pemanas aktif kembali. Proses ini berlangsung secara berulang, menjaga suhu tetap stabil di sekitar 60 °C sehingga proses pengeringan berlangsung efisien tanpa merusak bahan yang dikeringkan. Selain itu, thermometer digital digunakan untuk memantau suhu lingkungan secara real-time mengenai kondisi ruang pengeringan. Adapun fungsi dimmer pada sistem kontrol pengering adalah sebagai mengontrol arus yang masuk pada pemanas pada saat pertama kali dinyalakan dan komponen sistem dapat bekerja lebih stabil. Dengan sistem ini, proses pengeringan kopra menjadi lebih efisien, otomatis, dan memanfaatkan energi terbarukan dari tenaga surya.

C. Tahap pembuatan dan perakitan

Pekerjaan dimulai dengan pembuatan rangka pengering, besi yang digunakan dalam pembuatan rangka yaitu besi hollow 3 cm x 3 cm. Rangka Penyangga terbuat dari besi siku 2 cm. Pada dinding terdapat 3 lapisan yaitu plat seng tebal 0,2 mm kemudian dilapisi dengan alumium foil sebagai penahan panas pada ruang pengering dan plat galvanis pada dinding luar memiliki ketebalan 1 mm. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang akan digunakan sebagai sumber pada listrik pada pengering, dan pembuatan panel box kontrol untuk mengatur suhu yang akan diset pada pengering. Setelah seluruh komponen selesai dibuat, dilakukan perakitan secara keseluruhan sesuai desain agar sistem dapat berfungsi dengan baik dan optimal.



Gambar 2 Desain Keseluruhan PLTS dan Pengering

Keterangan:

- | | |
|----------------------|------------------------|
| 1. Fan | 8. Thermometer digital |
| 2. Heater | 9. SCC |
| 3. Plat sekat | 10. MCB |
| 4. Rak | 11. Inverter |
| 5. Cerobong | 12. Wattmeter DC |
| 6. Panel box kontrol | 13. Wattmeter AC |
| 7. Thermostat | 14. Panel Surya |

D. Tahap Pengujian dan Pengambilan Data

Tahap ini bertujuan untuk memperoleh data mengenai performa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) serta efisiensi pengering. Proses pengujian dilaksanakan selama tiga hari berturut-turut melalui dua kegiatan utama:

1. Pengujian Panel Surya

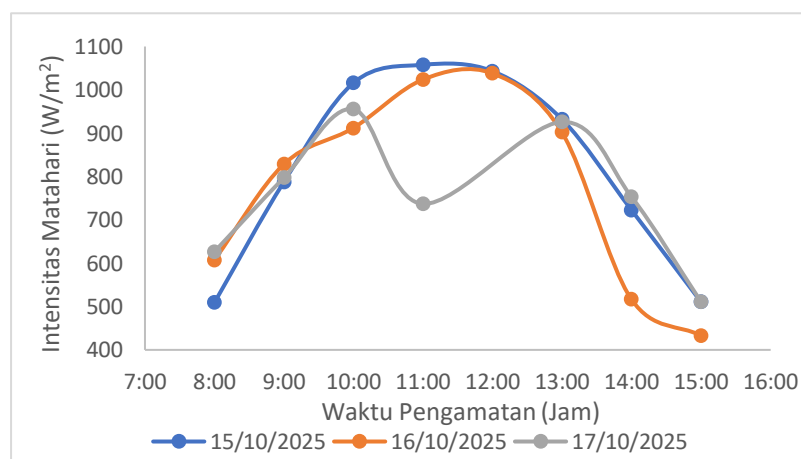
Pengambilan data dilakukan dengan mengukur intensitas cahaya matahari, serta tegangan dan arus keluaran dari panel surya 370 Wp selama 3 hari pada rentang waktu 08.00 hingga 16.00 WITA. Kegiatan ini bertujuan untuk mengamati variasi energi surya yang diterima sepanjang hari dan menilai kemampuan panel surya dalam mengonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Selain itu, pengujian ini juga dilakukan untuk menentukan efisiensi fotovoltaik (PV) berdasarkan perbandingan antara energi listrik yang dihasilkan dengan energi radiasi matahari yang diterima panel.

2. Pengujian Alat Pengering

Setelah melakukan pengujian panel surya dilakukan pengujian pada pengering dimana pengujian ini dilakukan 19 jam selama 3 hari. Tahap awal pengujian menimbang kelapa sebelum dan sesudah dikeringkan. Lalu mencatat tegangan dan arus yang digunakan. Selanjutnya mencatat suhu didalam ruang pengering untuk mengetahui performa pada ruang pengering. Sehingga diperoleh efisiensi pengering.

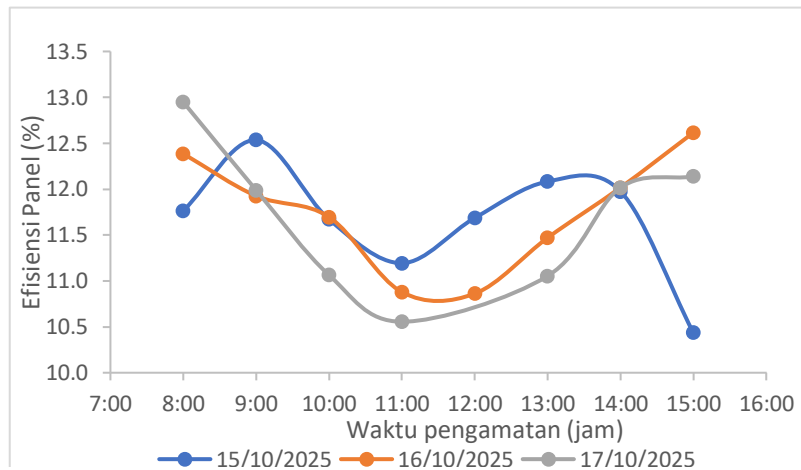
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengujian Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya yang Diimplementasikan pada Pengering Kopra selama tiga hari di Gedung Energi Terbarukan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, diperoleh hasil pengukuran yang kemudian disajikan dalam bentuk grafik seperti pada gambar berikut.



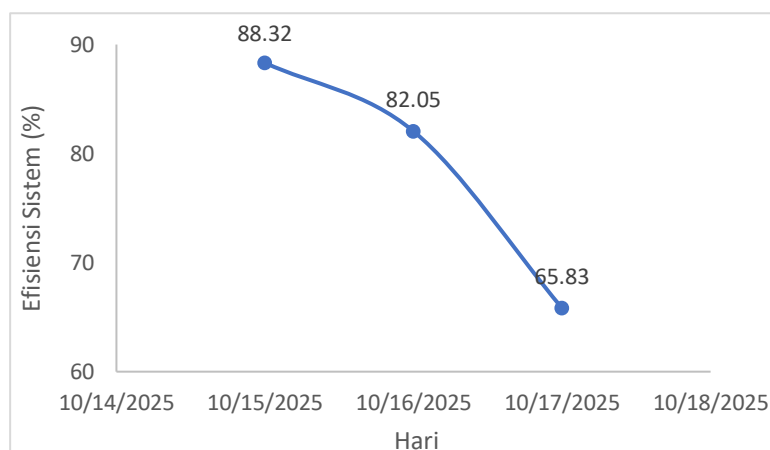
Gambar 3 Grafik Hubungan Intensitas Matahari (W/m^2) dengan Waktu pengamatan (Jam)

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan pola peningkatan intensitas matahari dari pagi hingga mencapai puncak sekitar pukul 10.00–12.00, kemudian menurun pada sore hari. Pada tgl 15 intensitas tertinggi mencapai sekitar 1050 W/m², menunjukkan cuaca sangat cerah. pada tgl 16 memiliki pola serupa dengan puncak sekitar 1030 W/m², menandakan cuaca cerah. Sedangkan tgl 17 menunjukkan penurunan signifikan dengan puncak hanya 750 W/m² akibat kondisi berawan. Perbedaan nilai tersebut membuktikan bahwa kondisi cuaca sangat memengaruhi intensitas radiasi matahari, yang berdampak langsung terhadap kinerja sistem PLTS dalam menghasilkan daya listrik.



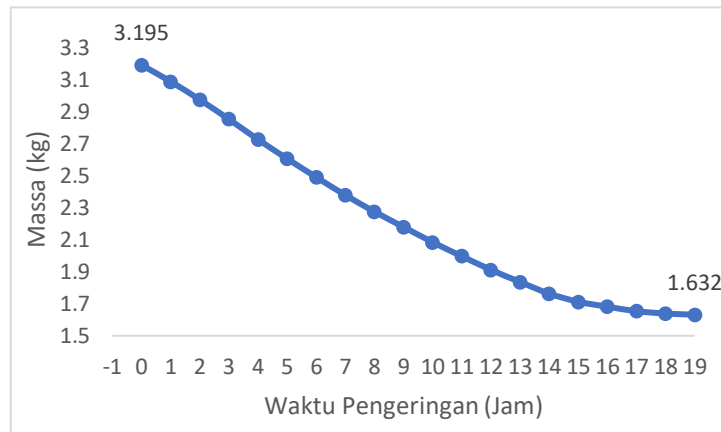
Gambar 4 Grafik Hubungan Efisiensi Panel (%) dengan Waktu pengamatan (Jam)

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan hubungan antara efisiensi panel surya (%) terhadap waktu pengamatan (jam) pada tanggal 15, 16, dan 17. Secara umum, terlihat bahwa efisiensi panel berfluktuasi sepanjang hari, dengan kecenderungan menurun saat intensitas matahari meningkat dan meningkat kembali saat intensitas menurun. Pada tgl 15, efisiensi tertinggi tercatat sekitar 12,5% pada pagi hari, kemudian menurun hingga sekitar 11% saat tengah hari, dan kembali naik menjelang sore. Pola serupa terlihat pada tgl 16, di mana efisiensi awal 12,4% turun menjadi 10,5–11% pada Tengah hari, lalu naik kembali hingga 12,6% pada sore hari. Sedangkan tgl 17 menunjukkan fluktuasi yang lebih stabil di kisaran 11–12,5%. Pola ini menunjukkan bahwa kenaikan suhu panel akibat radiasi tinggi di siang hari menyebabkan penurunan efisiensi konversi energi. Dengan demikian, efisiensi panel surya tidak hanya bergantung pada intensitas radiasi matahari, tetapi juga pada suhu panel surya.



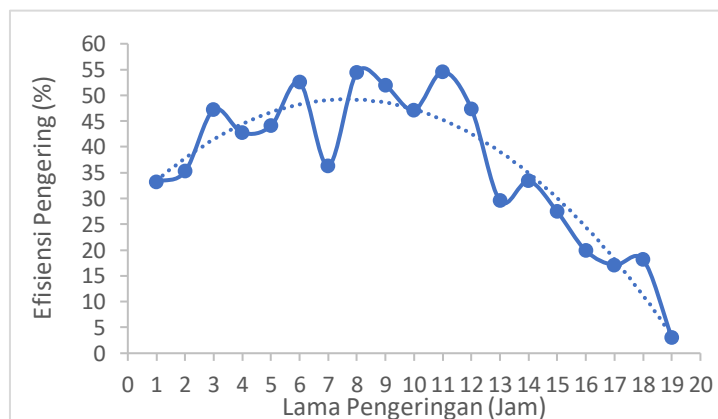
Gambar 5 Grafik Hubungan Efisiensi Sistem (%) dengan Hari pengujian

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan perubahan efisiensi sistem (%) dari tanggal 15 hingga 17. Terlihat bahwa efisiensi sistem mengalami penurunan dari 88,32% pada tgl 15, menjadi 82,05% pada tgl 16, dan turun signifikan hingga 65,83% pada tgl 17. Penurunan efisiensi ini disebabkan oleh perbedaan antara daya input panel surya dan daya output baterai. Pada hari-hari dengan efisiensi rendah, seperti tgl 17, daya input dari panel masih tinggi akibat radiasi matahari yang cukup, namun daya keluaran baterai lebih kecil karena penggunaan energi oleh beban relatif rendah. Akibatnya, sebagian energi tidak tersalurkan secara optimal dan menyebabkan efisiensi sistem menurun. Secara umum, grafik ini menunjukkan bahwa efisiensi sistem PLTS sangat bergantung pada keseimbangan antara daya input panel dan konsumsi energi harian.



Gambar 6 Grafik Hubungan Efisiensi Sistem (%) dengan Hari pengujian

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan hubungan antara massa kopra (kg) dengan waktu pengeringan (jam). Terlihat bahwa massa kopra mengalami penurunan secara bertahap dari 3,195 kg pada awal pengeringan menjadi 1,632 kg setelah 19 jam. Penurunan massa ini disebabkan oleh berkurangnya kadar air dalam daging kelapa selama proses pengeringan. Pada tahap awal, terjadi penurunan massa yang cukup cepat, menunjukkan fase penguapan air dari permukaan kopra. Setelah itu, penurunan massa berlangsung lebih lambat, menandakan fase penguapan air dalam daging kopra yang membutuhkan waktu lebih lama untuk keluar. Pola ini menunjukkan bahwa proses pengeringan berlangsung efektif di jam-jam awal, kemudian mencapai kondisi mendekati kadar air yang diinginkan. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa lama waktu pengeringan berbanding terbalik dengan kadar air kopra semakin lama waktu pengeringan, semakin kecil kadar air yang tersisa, hingga diperoleh kopra dengan tingkat kekeringan optimal untuk penyimpanan dan proses lanjutan.



Gambar 7 Grafik Hubungan Efisiensi Pengering (%) dengan Lama Pengeringan (Jam)

Berdasarkan Gambar 7 menunjukkan hubungan antara lama waktu pengeringan (jam) dengan efisiensi proses pengeringan (%). Pada proses awal efisiensi pengeringan masih relatif rendah, berada di kisaran 33–42%. Hal ini disebabkan karena tingginya kadar air pada kopra, sehingga energi yang digunakan untuk menguapkan air pada permukaan kopra. Efisiensi meningkat hingga mencapai puncak sekitar 52–55% pada jam ke-6 hingga jam ke-10 menunjukkan bahwa pengeringan berada pada tahap paling efektif dimanfaatkan secara maksimal untuk mengeringkan. Setelah beberapa jam efisiensi pengeringan mulai menurun secara bertahap hingga mencapai nilai terendah sekitar 3%. Penurunan ini disebabkan oleh semakin sedikitnya kadar air yang tersisa di dalam bahan, sehingga energi panas dari heater tidak lagi sepenuhnya digunakan untuk penguapan air, melainkan sebagian besar menjadi kehilangan panas ke lingkungan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pembuatan dan pengujian alat, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dibuat mampu menyuplai kebutuhan daya alat pengering dengan panel 370 Wp. Dengan efisiensi sistem tertinggi mencapai 88,3% dan efisiensi panel surya sebesar 11,8%. Desain alat pengering tipe rak dilengkapi dengan sistem ventilasi dan lapisan isolasi panas yang efektif, sehingga mampu menjaga distribusi panas di ruang pengering dan mempercepat proses pengeringan kopra secara merata.
2. Pengendalian suhu otomatis menggunakan thermostat STC-1000 mampu menjaga suhu ruang pengering pada kisaran 58°C–62°C, yang merupakan suhu ideal untuk proses pengeringan. Sistem ini menghasilkan efisiensi pengeringan dengan nilai tertinggi mencapai 52,51%, menunjukkan bahwa pengaturan suhu yang stabil dan sistem kontrol yang tepat mampu mengoptimalkan penggunaan energi serta meningkatkan kualitas hasil kopra kering yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian, *Statistik Perkebunan Indonesia: Komoditas Kelapa 2020–2022*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2022.
- [2] Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, *Roadmap Industri Berbasis Kelapa*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2020.
- [3] P. Fatmawati and S. Tini, “Evaluasi Efektivitas Penjemuran Tradisional Kopra pada Berbagai Kondisi Cuaca,” 2021.
- [4] S. Amperawati, P. Darmadji, and U. Santoso, “Daya hambat asap cair tempurung kelapa terhadap pertumbuhan jamur pada kopra selama penjemuran dan kualitas minyak yang dihasilkan,” *Agritech*, vol. 32, no. 2, pp. 150–158, 2012.
- [5] A. Fahmi, D. Devianti, and R. Agustina, “Kajian kualitas kopra dan minyak kelapa pada proses pengeringan dengan variasi sumber energi,” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 2019.
- [6] N. Venkatesan and T. V. Arjunan, “Solar cabinet drying of copra using flat aluminium sheet reflector assisted evacuated tube solar air collector,” *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 10, no. 12, pp. 30541–30555, 2015.
- [7] R. F. Ass Wasri Hasanah, “Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid 6,4 kWp untuk 1 Unit Rumah Tinggal,” *Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, pp. 20–25, 2021.
- [8] A. S. Ulinuha, “Pembangkit Listrik Tenaga Surya Off Grid Untuk Supply Charge Station” *Transmisi: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, pp. 23–28, 2022.