

IMPLEMENTASI SISTEM PLTS HYBRID PLN SEBAGAI SUMBER ENERGI PADA PENGERING BIJI KOPI SOLAR DRYER DOME

Rini Astuti¹, Ojak Abdul Rozak^{1*}, Edwar Muallima¹, Ahmad Arif Falah Rhomadon¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspitek, Buaran, Kec. Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia.

Keywords:

Hybrid; PLTS; PLN; solar dryer dome; coffee.

Correspondent Email:

dosen01314@unpam.ac.id

Abstrak. Implementasi desain sistem hibrid pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai sumber energi utama dalam pengeringan biji kopi (solar dryer dome). Pengeringan biji kopi yang efisien dan berkelanjutan merupakan tantangan bagi banyak petani kopi, terutama di daerah-daerah terpencil dengan akses terbatas ke sumber energi konvensional. Dengan sistem PLTS hibrid, diharapkan dapat tercipta solusi yang ramah lingkungan dan hemat biaya energi listrik. PLTS hibrid ini menggabungkan teknologi surya dengan sumber energi PLN atau baterai sebagai media penyimpanan energi listrik. *Solar dryer dome* merupakan rumah kaca khusus untuk proses pengeringan biji kopi, memungkinkan kontrol iklim mikro yang optimal, sehingga proses pengeringan biji kopi dapat berjalan lebih cepat dan merata tanpa tergantung pada kondisi cuaca. Proses perencanaan, desain, perakitan, test komisioning, implementasi, pengujian dan analisis telah dilakukan dengan baik dari awal hingga akhir. Sistem PLTS Hibrid dapat mensuplai baterai untuk charging selama 4 jam dengan intensitas cahaya matahari diangka 415lux dan temperatur maksimum diangka 50.5°C. Baterai dapat digunakan discharging selama 1.5 jam dengan beban 0.5 ampere dengan penurunan tegangan 0.01 volt. Dengan adanya PLTS Hibrid ini, maka sistem solar dryer dome dapat di suplai energi secara kontinyu sesuai kebutuhan operasionalnya.



Copyright © [JITET](http://www.jitet.org) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Implementation of the design of a hybrid solar power plant (PLTS) system as the main energy source in drying coffee beans (solar dryer dome). Efficient and sustainable drying of coffee beans is a challenge for many coffee farmers, especially in remote areas with limited access to conventional energy sources. With a hybrid solar power system, it is hoped that environmentally friendly and cost-effective solutions can be created with electrical energy. This hybrid solar power plant combines solar technology with PLN energy sources or batteries as a storage medium for electrical energy. The solar dryer dome is a special greenhouse for the coffee bean drying process, allowing optimal microclimate control, so that the coffee bean drying process can run faster and more evenly without depending on weather conditions. The planning, design, assembly, commissioning, implementation, testing, and analysis process has been well done from start to finish. The Hybrid Solar Power System can supply batteries for charging for 4 hours with a sunlight intensity of 415 lux and a maximum temperature of 50.5°C. The battery can be used discharging for 1.5 hours with a load of 0.5 amperes with a voltage drop of 0.01 volts. With this Hybrid Solar Power Plant, the solar dryer dome system can be supplied with energy continuously according to its operational needs.

1. PENDAHULUAN

Pengeringan biji kopi merupakan salah satu tahap penting dalam proses pasca panen yang menentukan kualitas akhir produk [1]. Metode pengeringan tradisional yang mengandalkan sinar matahari langsung sering kali menghadapi kendala cuaca yang tidak menentu, sehingga mengakibatkan proses pengeringan yang tidak merata dan kualitas biji kopi yang menurun [2]. Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam metode pengeringan yang lebih efisien dan dapat diandalkan [3].

Sistem Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) menawarkan solusi yang menjanjikan untuk mengatasi masalah ini [4]. Dengan memanfaatkan energi surya sebagai sumber utama dan mengkombinasikannya dengan sumber energi lain seperti biomassa, sistem ini dapat menyediakan energi yang stabil dan berkelanjutan untuk proses pengeringan biji kopi [5]. Solar Dryer Dome, sebagai salah satu teknologi pengeringan modern, memungkinkan pengeringan biji kopi yang lebih cepat dan merata, serta menjaga kualitas biji kopi tetap optimal [2].

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kopi terbesar di dunia, dengan berbagai jenis kopi yang memiliki cita rasa khas dan diakui secara global. Namun, tantangan dalam proses pasca panen, khususnya pengeringan biji kopi, masih menjadi kendala utama bagi para petani kopi [6]. Pengeringan yang tidak merata dan kualitas biji kopi yang menurun sering kali disebabkan oleh ketergantungan pada metode pengeringan tradisional yang sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca [7].

Penerapan teknologi pengeringan modern seperti Solar Dryer Dome yang menggunakan sistem Hibrid PLTS dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pengeringan biji kopi [2]. Teknologi ini tidak hanya mengurangi ketergantungan pada kondisi cuaca, tetapi juga memanfaatkan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan [8]. Dengan demikian, penerapan sistem ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas dan kualitas biji kopi, serta memberikan dampak positif bagi kesejahteraan petani kopi di Indonesia [9].

Beberapa penelitian telah menunjukkan efektivitas penggunaan sistem pengeringan hibrid dalam meningkatkan kualitas biji kopi.

Misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Universitas Bengkulu menunjukkan bahwa pengeringan dengan sistem hibrid dapat meningkatkan suhu udara di dalam ruang pengering hingga 19,25°C lebih tinggi dibandingkan suhu udara luar dan mengurangi kelembaban relatif hingga 46,02% lebih rendah [10]. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa penggunaan rak pengering bertingkat dapat meningkatkan kapasitas pengeringan dan menghasilkan biji kopi dengan kualitas yang lebih baik [11].

Dengan latar belakang tersebut, program penelitian ini bertujuan untuk menerapkan sistem Hibrid PLTS sebagai sumber energi pengering biji kopi pada Solar Dryer Dome di komunitas petani kopi. Diharapkan, program ini dapat memberikan solusi praktis dan berkelanjutan bagi para petani kopi dalam meningkatkan kualitas dan produktivitas biji kopi mereka.

2. TINJAUAN PUSTAKA

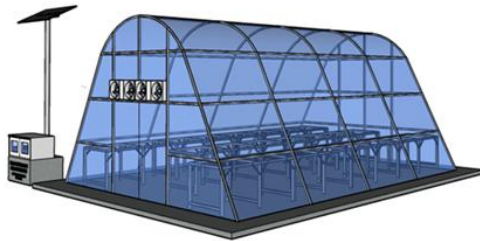
Daerah penghasil kopi di Indonesia yang memiliki potensi besar dalam pengembangan komoditas ini. Namun, petani di kampung ini masih menghadapi berbagai tantangan dalam proses pasca panen, khususnya dalam hal pengeringan biji kopi [12]. Metode pengeringan tradisional yang mengandalkan sinar matahari sering kali tidak optimal karena kondisi cuaca yang tidak menentu dan terbatasnya lahan untuk penjemuran. Hal ini menyebabkan kualitas biji kopi yang bervariasi dan menurunkan nilai jual [2].

Untuk mengatasi tantangan ini, penerapan sistem hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi untuk pengeringan biji kopi pada Solar Dryer Dome di Kampung Paseban menawarkan solusi yang inovatif dan berkelanjutan. Sistem hibrid PLTS menggabungkan teknologi tenaga surya dengan sumber energi cadangan, seperti baterai penyimpanan energi atau generator berbahan bakar biodiesel. Hal ini memungkinkan penyediaan energi yang stabil dan kontinu, yang tidak bergantung pada kondisi cuaca [2].

Implementasi sistem hibrid PLTS di Kampung Paseban diharapkan dapat menjadi model percontohan bagi daerah-daerah penghasil kopi lainnya di Indonesia. Melalui program penelitian ini, diharapkan dapat terjalin kerja sama antara petani, pemerintah,

dan pihak swasta dalam mendukung pengembangan teknologi energi terbarukan dan meningkatkan kualitas serta daya saing kopi Indonesia di pasar global [13].

Solar dryer dome merupakan hasil penelitian Dr. Serm Janjai, peneliti dari Silpakorn University – Thailand. Solar dryer dome ini merupakan kubah dengan inkubator ruangan tertutup seperti green house, dan sekilas mirip dengan solar tunnel. Bedanya adalah, greenhouse dan solar tunnel biasanya masih menggunakan bahan PET untuk cover bangunan. Sementara solar dryer dome menggunakan bahan polycarbonate. Ketahanan polycarbonate yang mampu bertahan hingga 10 tahun menjadi pilihan yang menarik ketimbang bahan PET yang mudah sekali rusak [14].



Gambar 1. Solar Dome Dryer.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan pembangkit energi listrik dengan cara menyerap sinar matahari menggunakan perangkat sel surya (fotovoltaik) dan mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik [4]. Sel surya merupakan lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni, atau bahan semikonduktor lainnya, yang kemudian menjadi modul surya [15]. Secara umum PLTS terdiri dari beberapa komponen utama yaitu fotovoltaik yang merupakan komponen semikonduktor yang mengubah energi dan sinar matahari langsung menjadi arus listrik searah (DC). Solar Charge Controller (SCC) berfungsi mengatur pengisian dan pengosongan baterai dengan cara mengatur energi yang dibebankan ke baterai setelah dihasilkan oleh panel surya dan pelepasan energi tersebut ke beban. Fungsi inverter adalah mengubah arus DC menjadi arus AC baik untuk sistem satu fasa maupun tiga fasa untuk kapasitas besar, dan baterai untuk PLTS dengan sistem penyimpanan, serta sistem kendali dan monitoring operasional PLTS [16].

PLTS secara garis besar dikelompokkan menjadi dua sistem, yaitu sistem yang tidak terhubung ke jaringan listrik (*off-grid PV Plant*)

dan terhubung ke jaringan (*on-grid PV Plant*), serta sistem PLTS yang terhubung ke jaringan listrik (*grid-connected*). Dalam penggunaannya PLTS dipadukan dengan pembangkit listrik jenis lain yang disebut dengan sistem hybrid [17].

Fotovoltaik (sel surya) adalah perangkat semikonduktor yang mengubah cahaya menjadi arus listrik searah (DC) menggunakan kristal silikon tipis (Si) [18].

Kristal silinder (Si) diperoleh dengan memanaskan Si di bawah tekanan terkendali hingga Si menjadi konduktor. Jika kristal berbentuk silinder dipotong setebal 0.3 mm, akan terbentuk sel silikon tipis yang disebut juga sel surya [19].

Sinar matahari mencapai permukaan dalam bentuk radiasi. Radiasi merupakan suatu bentuk energi yang dipancarkan oleh setiap benda yang mempunyai suhu di atas nol mutlak dan merupakan satu-satunya bentuk energi yang dapat merambat di ruang hampa luar angkasa, sedangkan radiasi matahari merupakan radiasi elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik dan medan magnet [20]. Letak wilayah Indonesia mempunyai kebiasaan yang luar biasa yaitu mempunyai inti panas yang menjadi acuan terkait dasar energi larutan dimana pantulan panas ini didapat karena Indonesia dilintasi garis khatulistiwa [21].

Solar charge controller (SCC) merupakan komponen tambahan yang mengontrol pengisian dan pengosongan baterai dengan cara mengontrol energi yang dapat diisi ke dalam baterai setelah dihasilkan oleh panel surya dan berapa besar pelepasan energi yang dikirimkan ke beban [22].

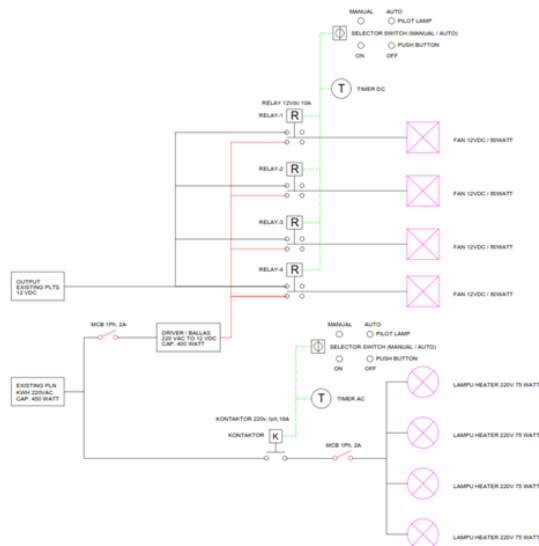
Baterai merupakan komponen pendukung yang berfungsi sebagai penyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya [23]. Baterai merupakan unsur elektrokimia yang dapat mempengaruhi reaktan yang disebut unsur sekunder. Kutub positif baterai menggunakan pelat oksida dan kutub negatif menggunakan pelat timbal, sedangkan larutan elektrolitnya berupa larutan asam sulfat.

ATS DC Control, singkatan dari Automatic Transfer Switch DC Control, adalah sistem kontrol yang bertugas untuk mengarahkan arus listrik dari sumber utama (seperti PLN) ke sumber cadangan (misalnya generator diesel atau inverter) secara otomatis ketika terjadi gangguan pada sumber utama [24].

Sistem ini dirancang untuk manghandel arus listrik DC (*Direct Current*), yang umum digunakan dalam aplikasi seperti penyimpanan energi battery, sistem pendinginan. Ketika PLN padam, sensor tegangan AC detektor gangguan akan mengirimkan signal ke Relai ATS. Relai ATS akan menghubungkan sumber cadangan (seperti genset diesel atau power inverter). Sistem akan mentransfer daya listrik DC dari sumber cadangan ke beban dengan delay waktu tertentu untuk memastikan transisi yang stabil. Saat PLN kembali menyala, sistem akan otomatis memindahkan daya listrik kembali ke sumber utama.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Rencana penerapan PLTS Hibrid



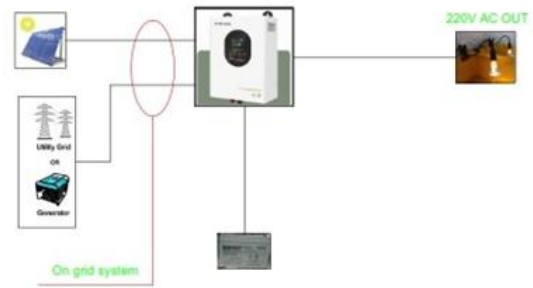
Gambar 2. Desain Sistem PLTS Hibrid.

3.2. Perbandingan Sistem

Perbandingan sistem ini bertujuan untuk memperlihatkan perbedaan sistem, modifikasi yang dilakukan terhadap sistem PLTS *Off-Grid* menjadi Hibrid dengan menambahkan sistem kontrol ATS agar suplai energi pada sistem *solar dryer dome* dapat kontinyu dan handal.



Gambar 3. Rangkaian PLTS Sebelum.

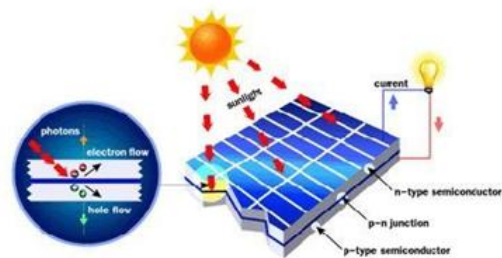


Gambar 4. Rangkaian PLTS Hibrid.

3.3. Pengukuran Sistem

Lux meter digital merupakan alat ukur yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya dengan prinsip kerja mengubah intensitas cahaya yang masuk menjadi arus listrik. Fotodioda yang digunakan akan menangkap setiap sinyal cahaya yang diterima. Selanjutnya detektor cahaya akan menghasilkan keluaran arus yang besarnya sesuai dengan intensitas cahaya yang diukur [25].

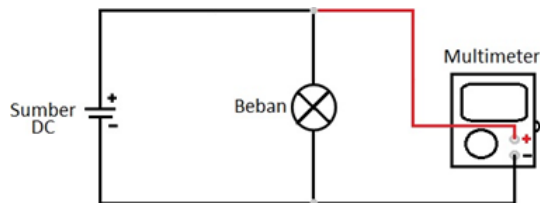
Radiasi merupakan proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik tanpa memerlukan perantara. Energi matahari dapat mencapai permukaan bumi melalui radiasi, karena antara Bumi dan Matahari terdapat ruang hampa. Gelombang elektromagnetik merupakan salah satu bentuk gelombang yang merambat dalam bentuk komponen medan listrik dan medan magnet, sehingga dapat merambat dengan kecepatan yang sangat tinggi dan tanpa memerlukan perantara zat atau media [26].



Gambar 5. Ilustrasi Efek Photovoltaik.

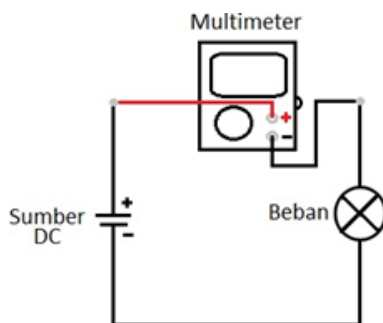
Panel surya bekerja paling baik jika suhu yang diterima tetap pada 25°C. Jika suhu naik lebih tinggi dari suhu normal maka tegangan (Voc) yang dihasilkan akan lemah. Setiap peningkatan suhu modul surya sebesar 1°C (di atas 25°C) mengurangi total produksi energi sekitar 0,5% [27].

Tegangan merupakan hasil kali arus dan hambatan. Pengukuran tegangan DC dilakukan dengan cara menyambungkan probe positif pada kabel atau ujung alat yang akan diukur ke catu daya positif dan probe negatif pada kabel atau ujung perangkat yang akan diukur ke catu daya negatif.



Gambar 6. Rangkaian Pengukuran Tegangan.

Arus dapat mengalir jika suatu rangkaian bertegangan terjadi dalam siklus tertutup atau berada di bawah beban. Arus dapat berubah jika beban diganti. Saat mengukur arus, umumnya menggunakan amperemeter digital. Arus terbagi menjadi dua yaitu arus DC dan AC. Pengukuran dengan menjepit klem amperemeter pada kabel positif arus DC dan kabel fasa arus AC.

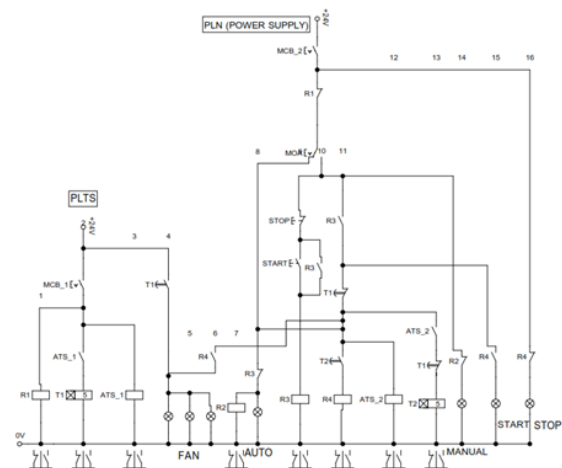


Gambar 7. Rangkaian Pengukuran Arus.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Desain Sistem PLTS Hibrid

Hasil desain sistem PLTS hibrid ini merupakan modifikasi sistem kendali yang sebelumnya PLTS dalam bentuk Off-Grid, dilakukan modifikasi dengan menambahkan sistem kontrol ATS untuk dapat menggunakan suplai tambahan dari PLN, sehingga sistem kontrol pada solar dome memiliki suplai energi yang kontinyu. Hal ini menyelesaikan masalah sebelumnya yang dialami yaitu hanya memiliki maksimal 4 jam operasi yang bersumber hanya dari PLTS.



Gambar 8. Single Line ATS PLTS Hibrid.

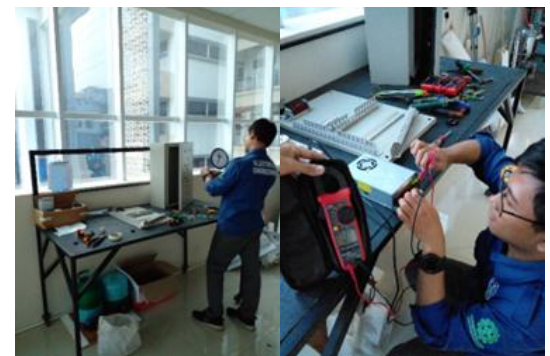
4.2. Perakitan Sistem PLTS Hibrid

Proses perakitan Panel ATS PLTS Hibrid ini dilakukan di Lab. Energi Baru Terbarukan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Pamulang.



Gambar 9. Perakitan Panel.

Hasil perakitan sangat perlu dipastikan bahwa setiap komponen yang akan dipasang harus dalam keadaan baik, sehingga dilakukan pengecekan setiap komponen yang dipasang.



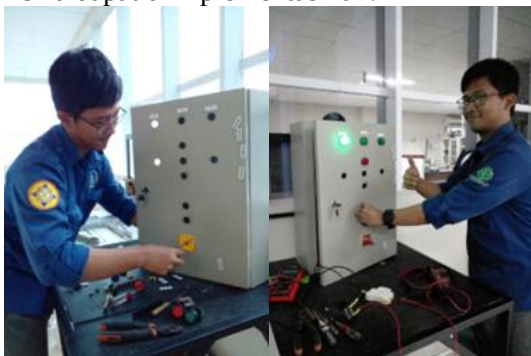
Gambar 10. Pengujian Komponen.

Hasil pemasangan seluruh komponen panel ATS PLTS Hibrid dan *wiring* kabel perlu dilanjutkan dengan pengujian kontinuitas untuk memastikan jalur kabel sudah terhubung sesuai kebutuhan kendali dan pemantauannya.



Gambar 11. Pengujian Kontinuitas Kabel.

Setelah selesai seluruh pemasangan dan perakitan serta instalasi *wiring* kabel panel ATS PLTS Hibrid, maka perlu dilakukan *test* komisioning sistem secara keseluruhan untuk memastikan bahwa sistem panel ATS PLTS Hibrid dapat diimplementasikan.



Gambar 12. Pengujian Komisioning.

4.3. Pemasangan Sistem PLTS Hibrid

Implementasi pemasangan Panel ATS PLTS Hibrid ini dilakukan di lokasi tepat penelitian ini yaitu di Jl. Tegal Luhur, RT. 004, RW. 005, Desa Megamendung, Kec. Megamendung, Kabupaten Bogor-Jawa Barat.



Gambar 13. Pemasangan Panel.

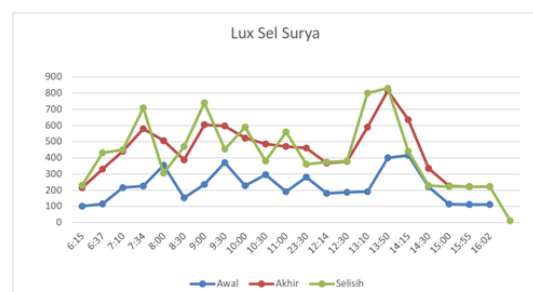
4.4. Pengujian Sistem PLTS Hibrid

Pengujian intensitas cahaya matahari (lux) bertujuan untuk mengetahui nilai intensitas cahaya matahari yang dapat diserap oleh panel surya yang akan berdampak terhadap nilai tegangan, arus dan daya keluaran panel surya itu sendiri. Pengujian ini menggunakan alat ukur intensitas cahaya (lux meter).



Gambar 14. Pengujian Intensitas Cahaya.

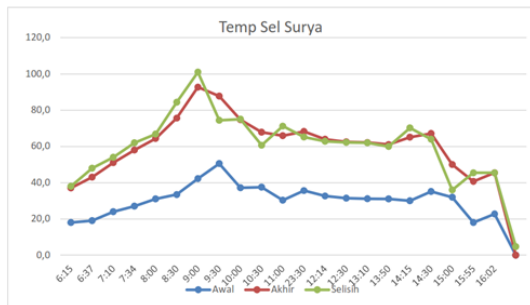
Intensitas cahaya matahari yang terukur menggunakan alat ukur lux meter memiliki nilai terendah diangka 100lux sementara nilai tertinggi diangka 415lux.



Gambar 15. Intensitas Cahaya Matahari.

Dengan variasi nilai intensitas cahaya matahari yang dapat diserap oleh panel surya berdampak terhadap variasi kenaikan suhu panel

surya, suhu tertinggi diangka 50.5°C sementara suhu terendah diangka 18°C.



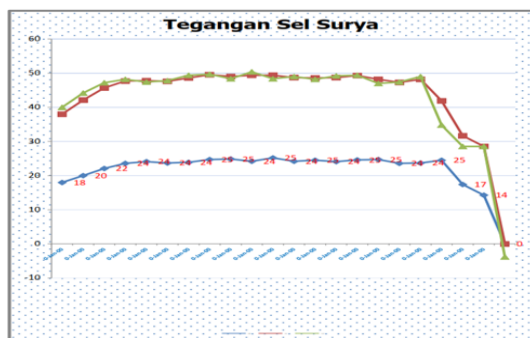
Gambar 16. Suhu Panel Surya.

Pengujian tegangan keluaran panel surya bertujuan untuk mengetahui nilai intensitas cahaya matahari yang dapat diserap oleh panel surya terhadap nilai tegangan keluaran panel surya itu sendiri. Pengujian ini menggunakan alat ukur tegangan (multimeter).



Gambar 17. Pengujian Tegangan Keluaran.

Nilai tegangan yang terukur menggunakan alat ukur tegangan (multimeter) memiliki nilai terendah diangka 14-volt dan nilai tertinggi diangka 25-volt.



Gambar 18. Tegangan Keluaran Panel Surya.

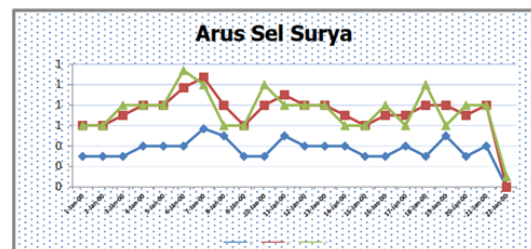
Pengujian nilai arus keluaran panel surya bertujuan untuk mengetahui nilai intensitas

cahaya matahari yang dapat diserap oleh panel surya terhadap nilai arus keluaran panel surya itu sendiri dengan beban baterai. Pengujian ini menggunakan alat ukur arus (amperemeter).



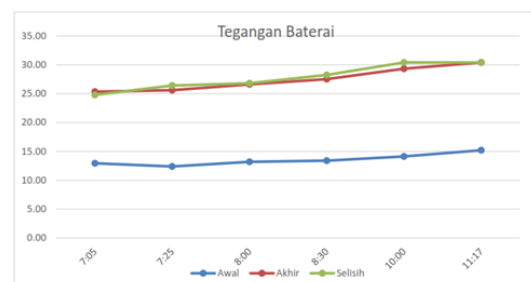
Gambar 19. Pengujian Arus Keluaran.

Nilai arus yang terukur menggunakan alat ukur arus (amperemeter) memiliki nilai terendah diangka 0 ampere dan nilai tertinggi diangka 1 ampere.



Gambar 20. Arus Keluaran Panel Surya.

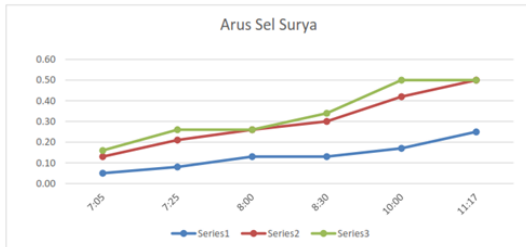
Proses *charging* baterai menggunakan sumber PLTS dilakukan mulai dari jam 7.05 sama dengan jam 11.17 dengan diawali nilai tegangan baterai diangka 12.95-volt hingga mendekati *full charging* baterai diangka 15.20-volt. Hal ini menunjukkan bahwa panel surya layak digunakan untuk sistem suplai energi khususnya dalam mengisi baterai.



Gambar 21. Tegangan Charging Baterai.

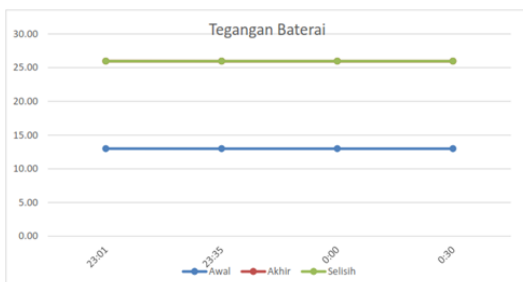
Proses *charging* baterai menggunakan sumber PLTS dilakukan mulai dari jam 7.05

WIB sampai dengan jam 11.17 WIB dengan diawali nilai arus baterai diangka 0.05 ampere hingga mendekati *full charging* baterai diangka 0.25 ampere. Hal ini menunjukkan bahwa panel surya layak digunakan untuk sistem suplai energi khususnya dalam mengisi baterai.



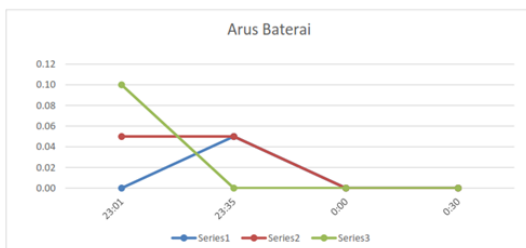
Gambar 22. Arus Charging Baterai.

Proses *discharging* baterai menggunakan sumber Baterai dilakukan mulai dari jam 23.01 WIB sampai dengan jam 00.30 dengan diawali nilai tegangan baterai diangka 12.99-volt hingga mendekati baterai diangka 12.98-volt. Hal ini menunjukkan bahwa baterai layak digunakan untuk sistem suplai energi beban.



Gambar 23. Tegangan Discharging Baterai

Proses *discharging* baterai menggunakan sumber Baterai dilakukan mulai dari jam 23.01 WIB sampai dengan jam 00.30 dengan diawali nilai arus baterai diangka 0.00 ampere hingga mendekati baterai diangka 0.05 ampere. Hal ini menunjukkan bahwa baterai layak digunakan untuk sistem suplai energi beban.



Gambar 24. Arus Discharging Baterai.

Setelah diketahui nilai tegangan dan arus yang dapat dihasilkan oleh panel surya, selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap tegangan sumber tegangan PLN. Pengujian ini menggunakan alat ukur tegangan (multimeter).



Gambar 25. Pengujian Tegangan PLN.

Setelah diketahui nilai tegangan dan arus yang dapat dihasilkan oleh panel surya, selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap arus sumber tegangan PLN menggunakan alat ukur tegangan (amperemeter).



Gambar 26. Pengujian Arus PLN.

Setelah diketahui tegangan dan arus baik yang bersumber dari PLTS maupun bersumber dari PLN, maka kita dapat mengetahui berapa besar daya yang dihasilkan untuk dapat mensuplai sistem *solar drayer dome*.



Gambar 27. Pengujian Daya Keluaran.

5. KESIMPULAN

- Proses perencanaan, desain, perakitan, *test* komisioning, implementasi, pengujian dan analisis telah dilakukan dengan baik dari awal hingga akhir.
- Sistem PLTS Hibrid dapat mensuplai baterai untuk *charging* selama 4 jam dengan intensitas cahaya matahari diangka 415lux dan temperatur maksimum diangka 50.5°C.
- Baterai dapat digunakan *discharging* selama 1.5 jam dengan beban 0.5 ampere dengan penurunan tegangan 0.01 volt.
- Dengan adanya PLTS Hibrid ini, maka sistem *solar dryer dome* dapat di suplai energi secara kontinyu sesuai kebutuhan operasionalnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini:

- Bapak Ir. Ariyawan Sunardi, S.Si., M.T.
- Bapak Ir. Seflahir Dinata, S.T., M.Pd.T.
- Bapak Ir. Aripin Tryyanto, S.T., M.T.
- Bapak Angga Septian MN, S.Pd., M.Pd.T.
- Bapak Nurul huluq, S.T., M.T.

DAFTAR PUSTAKA

- Maulana Tedy Kuswoyo and Bambang Kholiq Mutaqin, "Edukasi Penanganan Pasca Panen Kopi Terhadap Daya Jual Kopi di Petani Duplak, Dusun Tempur, Keling Jepara," *JASc (Journal of Agribusiness Sciences)*, vol. 7, no. 2, pp. 144–152, Oct. 2023, doi: 10.30596/jasc.v7i2.15676.
- I. Yusman *et al.*, "Rekayasa Pengering Biji Kopi Menggunakan Lampu Sebagai Pemanas Pada Solar Dryer Dome," *Journal Of Community Development and Disaster Management*, vol. 7, no. 1, pp. 155–166, 2025, doi: 10.37680/jcd.v7i1.6726.
- G. Suprianto, "Pemanfaatan Internet of Things (IoT) Dalam Proses Pengeringan Rimpang Dengan Menggunakan Platform Node-Red," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 11, no. 6, pp. 1303–1312, Dec. 2024, doi: 10.25126/jtiik.2024118684.
- H. B. Nurjaman and T. Purnama, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Solusi Energi Terbarukan Rumah Tangga," *Jurnal Edukasi Elektro*, vol. 6, no. 2, pp. 136–142, 2022, [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/jee>
- E. Tarigan, "Pengering Tenaga Surya dengan Sistem Bekap Tenaga Biomassa untuk Pengeringan Hasil Pertanian," *Jurnal Teknotan*, vol. 14, no. 1, p. 31, Oct. 2020, doi: 10.24198/jt.vol14n1.5.
- Anita Christine Sembiring, Jusra Tmpubolon, and Nina Purnasari, "Peningkatan Pengetahuan Petani Kopi Karo dalam Pengolahan Pasca Panen Buah Kopi di Desa Buluhnaman Sumatera Utara," *Jurnal Mitra Prima (JMP)*, vol. 5, no. 2, pp. 1–4, 2023.
- T. N. Sandeep, B. B. Channabasamma, T. N. Gopinandhan, and J. S. Nagaraja, "The effect of drying temperature on cup quality of coffee subjected to mechanical drying," *Journal of Plantation Crops*, vol. 49, no. 1, pp. 35–41, May 2021, doi: 10.25081/jpc.2021.v49.i1.7059.
- Fidelchristo Pijoh, "Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Energi Ramah Lingkungan yang Berkelanjutan," *Industrial & System Engineering Journals*, vol. 2, no. 2, pp. 201–207, 2024.
- S. Sunanto and Abdul Wahid Rauf, "Analisis Kesepakatan Peningkatan Produktivitas Kopi Arabika pada Pengembangan Kawasan di Kabupaten Toraja Utara," *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, vol. 15, no. 1, pp. 42–22, 2019.
- A. Abdillah Wijaya Putri, F. Shahira, T. Dwi Riskiyanti, Sudarti, and T. Prihandono, "Analisis Pengaruh Kalor Terhadap Mutu Kopi pada Penggunaan Alat Pengering Hybrid Kopi," *Agroradix*, vol. 6, no. 2, pp. 19–26, 2023.
- I. Mawardi, Hanif, Jannifar, Safaruddin, and Z. Abidin, "Inovasi Rak Pengering Sistem Knockdown dalam Upaya Penguatan Kualitas Kopi Gayo Sebagai Produk Unggulan Daerah," *CARADDE: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 3, no. 2, pp. 204–211, 2020, doi: 10.31960/caradde.
- P. Putri Salsabila, E. Anis Saati, I. Y. Prayogi, and A. Husna, "Pemberdayaan Petani Kopi Melalui Sortasi Untuk Meningkatkan Kualitas Hasil Panen di Desa Harjokuncaran, Malang, Jawa Timur," *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 31, no. 02, pp. 141–150, 2025.
- R. Zacharie and S. Denny, "Analisis Daya Saing Biji Kopi Indonesia di Pasar Internasional," *Jurnal Informatika Ekonomi Bisnis*, vol. 6, no. 4, pp. 690–696, Sep. 2024, doi: 10.37034/infeb.v6i4.907.
- Darwison *et al.*, "Inovasi Solar Dryer Dome pada Usaha Budidaya Multiguna untuk Mendukung Urban Farming di Ekowisata Sungkai Green Park Lambung Bukit Pauh Kota Padang," *Jurnal Andalas: Rekayasa dan*

- Penerapan Teknologi*, vol. 4, no. 1, pp. 10–15, Jun. 2024, doi: 10.25077/jarpet.v4i1.96.
- [15] R. Maulana and I. Abdi Bangsa, “Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) pada Gedung UPHB PT Pembangkit Jawa Bali Unit Muara Karang,” *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 67–75, 2023, [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [16] V. Prames Wara Laksono Putra, Cornelius Sarri, and Toyib, “Analisis Pemanfaatan PLTS Pada Mesin Penanam Padi,” *PoliGrid*, vol. 5, no. 2, pp. 81–89, Dec. 2024, doi: 10.46964/poligrid.v5i2.48.
- [17] H. Gusmedi, R. P. Putra, and A. S. Samosir, “Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On-Grid 60 kWp,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 1, pp. 129–137, Jan. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i1.5537.
- [18] Juan Bagus Saleh and Nurhayati, “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga,” Tugas Akhir, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar, 2023.
- [19] S. Prayogi, *Aplikasi Kristal Silikon dan Modul-Modulnya Penerbit CV. Eureka Media Aksara*, 1st ed., vol. 1. Jakarta: EUREKA MEDIA AKSARA, 2023.
- [20] C A Siregar, Affandi, AM Siregar, Muhammad Daud, and M D Nasution, “Pemetaan Potensi Radiasi Matahari Di Sumatera Utara Berdasarkan Perhitungan Matematika,” in *Seminar Nasional Teknologi Edukasi dan Humaniora 2021, ke-1*, 2021, pp. 72–78.
- [21] Nya Daniaty Malau, “Buku Pegangan hanya untuk Kalangan Internal - Modul Fisika Lingkungan,” Jakarta, 2019.
- [22] Bakhtiar and Tadjuddin, “Pemilihan Solar Charge Controller (SCC) Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” in *Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2020*, 2020, p. 168.
- [23] A. N. Afandi et al., “Rancang Bangun Off-Grid System Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Modul Pembelajaran Bagi Mahasiswa Universidade Oriental De Timor Lorosa’e (UNITAL),” in *Prosiding Webinar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Tahun 2021*, 2021, pp. 349–359. [Online]. Available: www.researchgate.net
- [24] M. Sitanggang and L. Siregar, “Automatic Transfer Switch Menggunakan PLC Pengaplikasian di PT RHB,” *Telecommunications & Control System-ELPOTECs Jurnal ELPOTECs* |, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2021.
- [25] I. M. S. Wibawa and I. K. Putra, “Perancangan Dan Pembuatan Lux Meter Digital Berbasis Sensor Cahaya EL7900,” *Jurnal Ilmiah ILMU KOMPUTER Universitas Udayana*, vol. XI, no. 1, pp. 45–58, 2018.
- [26] M. Khumaidi Usman, “Analisis Intensitas Cahaya Terhadap Energi Listrik Yang Dihasilkan Panel Surya,” *Jurnal POLEKTRO: Jurnal Power Elektronik*, vol. 9, no. 2, pp. 52–58, 2020, [Online]. Available: <http://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/powerelektro>
- [27] Gusto Arif Tansah, Rifky, and Yos Nofendri, “Pengaruh Sudut Antara Dua Panel Sel Surya Terhadap Kinerja Photovoltaics,” *Metalik: Jurnal Manufaktur, Energi, Material Teknik*, vol. 1, no. 2, pp. 46–54, 2022.