

ANALISIS OPERASIONAL DAN SISTEM PEMELIHARAAN PENGUNAAN PANEL SOLAR SEL PADA USAHA AYAM POTONG

OPERATIONAL ANALYSIS AND MAINTENANCE SYSTEM USING SOLAR CELL PANELS IN SLAPPING CHICKEN BUSINESS

Sri Kurniati, Sudirman Syam, Nursalim dan Wellem F. Galla

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
e-mail: sri_kurniati@staf.undana.ac.id, sudirman_s@staf.undana.ac.id, nursalim@staf.undana.ac.id dan
wfridzg@staf.undana.ac.id

Abstrak

Kegiatan ini bertujuan untuk menganalisis sistem operasional dan pemeliharaan panel solar sel pada usaha ayam potong. Lokasi kegiatan dilaksanakan di usaha ayam potong Kampung Daun di Desa Baumata Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. Metode yang digunakan adalah melakukan pengukuran komponen peralatan yang digunakan pada panel surya dan menganalisis sistem instalasi yang digunakan. Hasil kegiatan ini ditemukan bahwa kerusakan utama yang terjadi dalam penggunaan instalasi panel surya adalah sistem pengisian aki. Dalam sistem pengisian panel surya ini digunakan aki basah. Sementara itu, mitra pengguna tidak pernah memperhatikan kesehatan aki seperti menambah air aki ketika air aki berkurang. Pemanfaatan sumber energi matahari di usaha ayam potong ini hanya digunakan untuk lampu penerangan DC 12 Volt sebanyak 5 buah. Artinya keluaran dari tegangan dari panel surya dilakukan untuk mengisi aki kemudian disalurkan ke beban tanpa mengubah menjadi tegangan AC (tanpa inverter).

Kata Kunci: *PLTS, Off-grid, Energi Matahari*

Abstract

This activity aims to analyze the operating system and maintenance of solar cell panels in the broiler business. The activity was conducted at the Kampung Daun beef chicken business in Baumata Village, Kupang Regency, East Nusa Tenggara. The method measures the equipment components used in solar panels and analyzes the installation system used. This activity found that the battery charging system was major damaged during solar panel installations. This solar panel charging system uses wet batteries. Meanwhile, user partners have never paid attention to battery health, such as adding battery water when battery water is low. Utilization of solar energy sources in the broiler business is only used for 12 Volt DC lighting, as many as five pieces. That means that the voltage from the solar panel is output to charge the battery, then channeled to the load without converting it into AC voltage (without an inverter).

Keywords: *PLTS, Off-grid, Solar Energy*

1. PENDAHULUAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebuah pembangkit listrik yang menggunakan panel surya dimana memanfaatkan energi dari sinar matahari dengan cara merubah (konversi) radiasi sinar foton dari matahari menjadi energi listrik melalui media sel surya (*photovoltaic*). Berdasarkan aplikasi dan konfigurasinya, secara garis besar sistem PLTS dibagi menjadi dua jenis sistem PLTS, yakni *off-grid* dan *on-grid*. Sistem PLTS *off-grid* adalah sistem PLTS yang tidak terhubung dengan sistem pembangkit listrik lainnya dan hanya mengandalkan satu-satunya sumber pembangkit listrik yaitu hanya menggunakan radiasi dari sinar matahari dengan bantuan panel surya untuk dapat menghasilkan energi listrik. Jenis sistem pembangkit PLTS *Off-Grid* ini biasanya dipakai pada daerah-daerah pelosok yang tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN (Hasanah et al., 2019) (Ramadhanti, 2019) (Syafii et al., 2020). Sementara sistem PLTS *on-grid* adalah sistem PLTS yang terhubung jaringan listrik PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari melalui modul surya yang menghasilkan listrik semaksimal mungkin. Sistem PLTS ini biasanya digunakan di daerah perkotaan yang sudah menggunakan jaringan listrik PLN dengan tujuan penghematan penggunaan daya listrik PLN sehingga memperkecil biaya tagihan listrik PLN (Sari et al., 2018) (Hutajulu et al., 2020) (Haerurrozi, Abdul Natsir, 2019).

Secara ekonomi pemanfaatan listrik solar sel di Indonesia dewasa ini lebih sesuai untuk kebutuhan energi yang kecil pada daerah terpencil dan terisolasi (Fa Bate & Martono, 2019) (Satriawan, 2018). Akan tetapi, saat ini penggunaan solar sel sudah banyak dimanfaatkan oleh UKM skala kecil dan menengah untuk mengurangi biaya operasional energi listrik. Salah satunya adalah

UKM Kampung Daun yang bergerak di bidang usaha pemeliharaan ayam potong. Hasil analisis (Wahid et al., 2017) melaporkan penghematan penggunaan energi listrik yang berdampak pada efisiensi pembayaran listrik di UKM Kampung Daun. Penggunaan 3 bola lampu pijar dengan daya masing-masing 100 Watt pada 1 kandang ayam selama 12 jam dapat menghemat pembayaran listrik Rp5.282,21/malam atau 158.466/bulan.

Berkaitan dengan penggunaan PLTS, salah satu kendala yang terjadi pada pengguna adalah masalah keberlangsungan operasional dan pemeliharaan PLTS. Hal ini diakibatkan tidak adanya tindak lanjut pemeliharaan yang berkelanjutan dari pihak pemasang PLTS dengan pihak pengguna (user). Selain itu tidak adanya skill bagi pengguna dalam menangani kerusakan pada sistem instalasi PLTS. Dengan demikian keberlangsungan dari operasional PLTS menjadi terhambat dan akibatnya pemanfaatan energi listrik PLTS tidak dapat digunakan oleh pihak user.

Demikian halnya dengan pemasangan PLTS pada usaha ayam potong Kampung Daun yang mengalami kerusakan sehingga tidak dapat berfungsi seperti yang diinginkan. Tidak ada listrik yang keluar dari *control charger* sehingga tidak dapat melakukan pengisian aki/baterai. Oleh karena itu, tujuan paper ini adalah melakukan perbaikan dan pemeliharaan sistem PLTS usaha kandang ayam Kampung Daun-Baumata.

2. METODOLOGI

Adapun metodologi yang digunakan dalam kegiatan ini adalah:

1. Pemeriksaan dan pengujian tegangan output panel solar sel dan kontrol charger seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 1. Sebelum dilakukan perbaikan dan instalasi maka terlebih dahulu dilakukan pengukuran sesuai dengan fungsi dari komponen yang digunakan dalam sistem PLTS di mitra UKM. Kegiatan ini berlangsung hingga listrik bisa berfungsi kembali dan dimanfaatkan oleh mitra kerja.
2. Melakukan penggantian, perawatan dan pemeliharaan PLTS skala kecil di lokasi mitra UKM. Pengembangan PLTS adalah tergolong praktis dan mudah dilaksanakan namun masyarakat pengguna seperti UKM Ayam potong tidak memiliki skill dan pengetahuan tentang pemeliharaan PLTS. Perbaikan/pemasangan adalah dimaksudkan untuk memperbaiki semua komponen yang tidak berfungsi hingga siap untuk digunakan. Untuk komponen pembangkit yang tidak bisa diperbaiki maka dilakukan penggantian komponen baru.
3. Melakukan analisis komponen dan sistem kerja instalasi dan pemanfaatan energi solar sel.
4. Melakukan penyuluhan dan pelatihan bagi UKM tentang pemeliharaan dan perawatan sistem operasional PLTS. Metode penyuluhan ini dilakukan dengan maksud untuk memberikan pengetahuan dan tata cara perawatan PLTS kepada mitra agar mampu menangani kerusakan yang terjadi pada PLTS ketika terjadi gangguan. Dengan demikian perawatan keberlangsungan pelayanan listrik dari PLTS dapat terjaga.



Gambar 1. Pemeriksaan Tegangan Keluaran Solar Sel

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Kegiatan

3.1.1 Sistem Kerja PLTS

PLTS atau dikenal dengan sistem fotovoltaik atau secara baku dinyatakan sebagai Sistem Energi Surya Fotovoltaik (SESF) adalah suatu sistem yang memanfaatkan energi surya sebagai sumber energinya. Konsep perancangan SESF dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan tergantung pada kebutuhannya, misalnya untuk:

- Catu daya langsung ke beban
- Sistem DC dengan baterai
- Sistem arus bolak-balik (AC) tanpa baterai
- Sistem AC dengan baterai

Secara umum SESF terdiri dari subsistem sebagai berikut:

- Sub sistem pembangkit yakni Merupakan bagian utama pembangkit listrik yang terdiri dari satu atau lebih rangkaian modul fotovoltaik
- Sub sistem Penyimpanan/Baterai yakni, merupakan bagian SESF yang berfungsi sebagai penyimpan listrik (baterai/accu). Subsistem penyimpanan listrik pada dasarnya diperlukan untuk SESF yang dirancang untuk operasi malam hari atau SESF yang harus memiliki kehandalan tertentu.

SESF terpusat terdiri atas 4 komponen utama yaitu meliputi: modul surya, Baterai Control Unit (BCU), baterai, dan inverter.

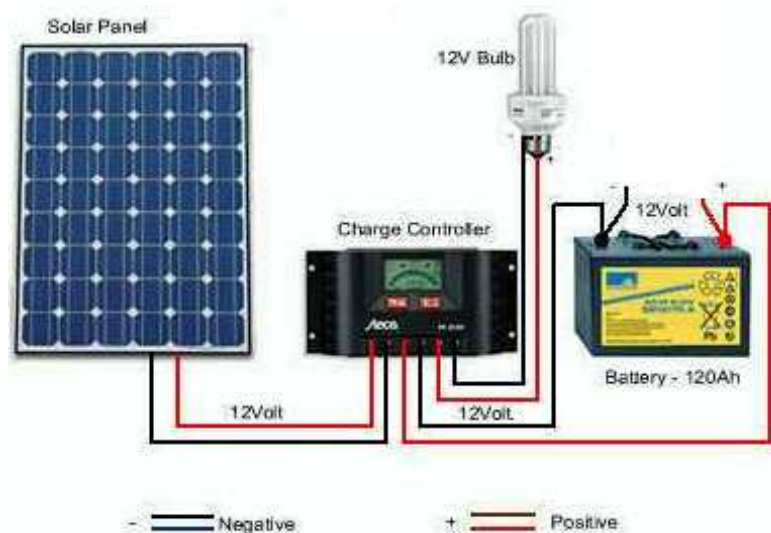
3.1.2 Peralatan PLTS

a. Panel Solar Sel

Pembangkit listrik tenaga surya konsepnya sederhana, yaitu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar.

Panel sel surya merupakan modul yang terdiri dari beberapa sel surya yang dihubungkan seri dan parallel tergantung ukuran dari kapasitas yang diperlukan. Rangkaian kontroler pengisian aki dalam sistem sel surya merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian akinya. Kontroler ini dapat mengatur tegangan aki dalam selang tegangan 12 volt. Bila tegangan turun sampai 10.8 Volt berarti sisa tegangan pada aki 2.2 volt, maka kontroler akan mengisi aki dengan panel surya sebagai sumber dayanya. Tentu saja proses pengisian itu akan terjadi bila berlangsung pada saat ada cahaya matahari. Jika penurunan tegangan terjadi pada malam hari, maka kontroler akan memutuskan pemasokan energi listrik. Setelah proses pengisian itu berlangsung selama beberapa jam, tegangan aki itu akan naik bila tegangan aki itu mencapai 12 volt, maka kontroler akan menghentikan proses pengisian aki itu.

Bahan sel surya sendiri terdiri dari kaca pelindung dan material *adhensive* transparan yang melindungi bahan sel surya dari keadaan lingkungan kemudian material anti-refleksi untuk menyerap lebih banyak cahaya dan mengurangi jumlah cahaya yang dipantulkan, semikonduktor P-type dan N-type (terbuat dari campuran silikon) untuk menghasilkan medan listrik, saluran awal dan saluran akhir (terbuat dari logam tipis) untuk mengirim elektron ke perabot listrik. Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor dioda. Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semi-konduktor, terjadi pelepasan elektron. Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semi-konduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi perubahan sigma gaya-gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semi-konduktor, menyebabkan aliran medan magnetik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik. Gambar 2 memperlihatkan system kerja dari panel solar sel.



Gambar 2. Sistem Instalasi Panel Surya

b. Baterai

Fungsi baterai dalam SESF pada umumnya untuk keperluan menyimpan listrik yang dibangkitkan oleh modul fotovoltaik pada siang hari dan digunakan untuk memasok listrik ke beban pada malam hari. Oleh karena itu, fungsi aki (baterai) sebagai alat penyimpan tenaga listrik arus searah (DC) yang penting peranannya dalam system instalasi panel surya. Terdapat beberapa jenis aki yang beredar di pasaran, yaitu: (1) aki basah/konvensional; (2) aki hybrid; (3) aki *Maintenance Free* (MF). Aki basah/konvensional, masih menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dalam bentuk cair. Sedangkan aki MF sering disebut juga aki kering karena asam sulfatnya sudah dalam bentuk gel.

Dalam kegiatan ini digunakan aki basah 100 Ah dengan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

- Harganya murah
- Apabila baterai mengalami soak.drop dapat dilakukan pengisian dan penggantian air aki sehingga dapat bertahan lama.
- Terdapat pilihan bertegangan 6V, 12V dan 24V. Untuk penggunaan pembangkit listrik tenaga surya mempergunakan tegangan 24 volt.

c. Battery Control Unit (BCU)

Battery Control Unit (BCU) atau *Solar Charge Controller* (SCC) adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. BCU mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena batere sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya/solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. BCU menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.

Panel surya/solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 – 21 Volt. Jadi tanpa BCU, baterai akan rusak oleh *over-charging* dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 – 14.7 Volt. Beberapa fungsi detail dari BCU adalah:

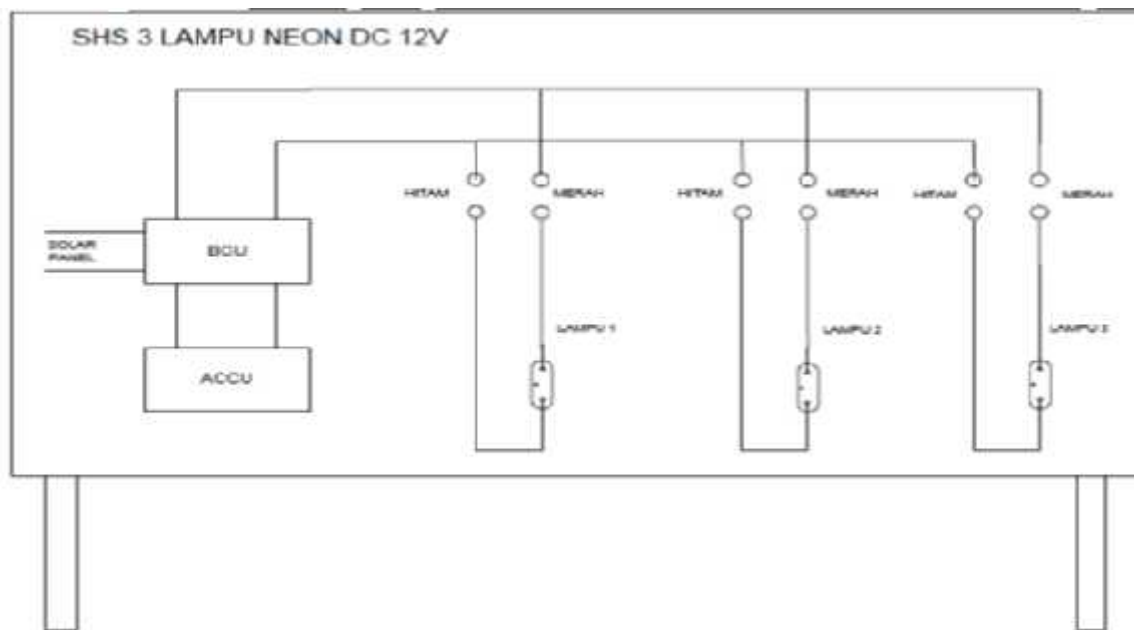
- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *overvoltage*.
 - Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak 'full discharge', dan *overloading*.
 - Monitoring temperatur baterai
- Hal – hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan BCU adalah:
- Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
 - Kemampuan (dalam arus searah) dari controller, misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
 - Full charge dan low voltage cut

Seperti yang telah dijelaskan, BCU yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya/solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan batere. Solar charge

controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali. Gambar 3 dan 4 memperlihatkan panel dan skematik pengkabelan dari BCU.



Gambar 3. Panel BCU



Gambar 4. Skematik Pengkabelan BCU

Seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 3 dan 4, versi standar BCU yang dilengkapi dengan fungsi-fungsi untuk melindungi battery/accu dengan proteksi-proteksi sebagai berikut:

a. LVD (Low Voltage Disconnect)

Apabila tegangan dalam battery rendah $\sim 11,2$ VDC, maka untuk sementara beban tidak dapat dinyalakan. Apabila tegangan battery sudah normal melewati 12 VDC (setelah di charge oleh modul surya) secara otomatis beban akan dapat dinyalakan lagi (reconnect)

b. HVD (High Voltage Disconnect)

Berfungsi memutuskan aliran listrik dari modul surya jika battery/accu sudah penuh, listrik dari panel surya akan dihubungkan kembali ke battery hanya apabila tegangan battery kembali rendah.

c. Short Circuit Protection

Menggunakan *electronic fuse* sehingga tidak memerlukan sekering cadangan sebagai pengganti. Berfungsi untuk melindungi sistem PLTS apabila terjadi arus hubungansingkat baik di modul surya maupun di beban. Apabila terjadi *short circuit*, maka jalur ke beban secara otomatis akan dihentikan sementara, kemudian dalam beberapa detik berikutnya akan kembali terhubung.

d. Reverse Polarity

Melindungi dari kesalahan pemasangan kutup (+) atau (-).

e. Reverse Current

Melindungi agar listrik dari battery/accu tidak mengalir ke modul surya pada malam hari.

f. PV Voltage Spike

Melindungi tegangan tinggi dari modul surya pada saat battery tidak disambungkan.

g. Lightning Protection

Melindungi terhadap sambaran petir (s/d 20,000volt)

3.1.3 Dampak Hasil Kegiatan

a. Peningkatan Pengetahuan Masyarakat tentang PLTS

Sebelum dilakukan pemasangan peralatan dilakukan terlebih dahulu diadakan pertemuan dengan mitra UKM untuk mendapatkan informasi awal mengenai kendala yang dihadapi. Dari tahapan kegiatan ini diketahui bahwa mitra UKM belum mengetahui bagaimana merawat atau menjaga fasilitas PLTS sehingga berumur panjang. Termasuk juga tentang tata cara pemakaian peralatan yang benar, sehingga mempengaruhi keberlangsungan tersedianya aliran listrik. Materi yang disampaikan adalah tentang prinsip dasar PLTS dan dilanjutkan dengan tata cara instalasi dan perawatan. Dalam kegiatan ini telah berhasil mengidentifikasi kerusakan peralatan yang dialami oleh PLTS. Selanjutnya tahap kedua dilakukan penggantian peralatan yang mengalami kerusakan yakni BCU dan aki yang sudah lama mengalamai kekosongan tegangan. Tahap ketiga dilakukan pengujian untuk memastikan bahwa semua peralatan terpasang bisa berjalan sesuai fungsinya.

2. Berfungsinya Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Kebutuhan Penerangan Kandang Ayam

Dengan telah dipasangnya peralatan yang mengalami kerusakan telah menjadi solusi terbaik untuk membantu kelancaran penggunaan PLTS bagi mitra UKM. Walaupun PLTS lebih efektif pada musim kemarau, namun langkah yang diambil sangat cocok dengan kondisi daerah dimana kekurangan energy meningkat pada musim kemarau. Kemudian pengujian produksi energi listrik pada UKM membuktikan bahwa masyarakat dapat dengan leluasa memanfaatkan energi matahari untuk pemenuhan kebutuhan mereka terhadap listrik, Gambar 5 memperlihatkan penggantian panel BCU, sedangkan Gambar 6 memperlihatkan pemasangan penggantian balon lampu yang mati.



Gambar 5. Penggantian Panel Kontrol Solar Sel



Gambar 6. Penggantian Balon Lampu LED dalam Ruang Kandang Ayam

3.2 Pembahasan Hasil Kegiatan

3.2.1 Pemasangan Baterai

Kerusakan yang dialami oleh instalasi panel surya kandang ayam Kampung daun adalah panel surya dan aki yang telah lama tidak dicash / kosong. Oleh karena itu, baterai / aki tidak boleh dibiarkan kosong karena dapat mengakaibatkan kerusakan. Kemudian dalam penggantian baterai/aki ada beberapa yang perlu diperhatikan karena bisa terjadi peristiwa yang berakibat fatal, seperti: arus hubung singkat yang besar dan baterai dapat membangkitkan gas asam. Oleh karena itu, sebelum memulai dengan pekerjaan pemasangan baterai beberapa petunjuk keselamatan harus diperhatikan:

1. Selalu menggunakan kaca mata pengaman dan siapkan selalu air bersih dalam jumlah cukup untuk pertolongan pertama dalam keadaan darurat.
2. Pada saat bekerja dengan larutan asam baterai (accu zur) gunakan selalu sarung tangan karet dan hindarkan kontak dengan larutan asam baterai.
3. Apabila menggunakan alat-alat mekanikal, seperti: obeng, tang dan kunci pas, harus digunakan dengan sangat hati-hati. Apabila mungkin gunakan peralatan yang terisolasi dengan baik guna menghindari terjadinya hubung singkat.
4. Gunakan alas kaki yang mempunyai isolasi yang baik, apabila dimungkinkan gunakan sepatu yang dirancang khusus untuk keperluan pekerjaan listrik.
5. Pada saat pengisian larutan elektrolit baterai, usahakan agar dilakukan pada tempat yang bersih, kering dan memiliki sirkulasi udara yang baik.

3.2.2 Pemeriksaan Instalasi Listrik

Sebelum mengoperasikan PLTS hendaklah di lakukan pemeriksaan terhadap segala sesuatu (komponen PLTS, jaringan, panel tenaga) dan lain sebagainya dengan merujuk pada panduan pengoperasian, gambar instalasi, Peraturan Umum Instalasi Listrik.

Bagian-bagian yang perlu di periksa diantaranya adalah:

- a. Saklar Power yang ada di panel distribusi.
- b. Kabel power diperiksa dengan menggunakan merger, atau AVO meter untuk mengetahui apakah ada kebocoran pada kabel jaringan.
- c. Perhatikan pula apakah ada titik- titik lampu yang tidak menyala pada hari sebelumnya.

4. KESIMPULAN

Dari kegiatan pengabdian dapat dibuat kesimpulan:

1. Keberlangsungan operasional pemanfaatan PLTS menjadi lebih berhasil apabila dibarengi dengan tindakan pencegahan dari kerusakan.
2. Untuk menjaga kekontinuan suplai energy maka pengetahuan dasar tentang PLTS mutlak diperlukan oleh pengguna PLTS.
3. Kerusakan utama yang sering terjadi pada PLTS adalah baterai / aki dan BCU.

UCAPAN TERIMA KASIH

Rasa terima kasih yang mendalam disampaikan kepada Dekan FST yang telah memberikan dukungan dana penuh secara finansial hingga selesai terlaksananya kegiatan pengabdian ini. Kegiatan ini didanai oleh DIPA FST Universitas Nusa Cendana tahun 2020-2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul Wahid dan Sri Kurnitai (2017). Aplikasi Solar Sel pada Usaha Ayam Potong Kampung Daun dalam Mengurangi Biaya Penggunaan Energi Listrik. *Jurnal Media Elektro*, VI(2), Jurusan Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknik Universitas Nusa Cendana , Kupang. VI(2), 39-44.
- Fa Bate, Y., & Martono, S. M. (2019). The Solar Power Plant In The Area Of Waisai Raja ampat Region West Papua Province. *Electro Luceat*, 5(2), 71–80. <https://doi.org/10.32531/jelekn.v5i2.157>
- Haerurrozi, Abdul Natsir, S. (2019). Analisis Unjuk Kerja Plts On-Grid Di Laboratorium Energi Baru Terbarukan (Ebt) Universitas Mataram. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.

- Hasanah, A. W., Koerniawan, T., & Yuliansyah, Y. (2019). Kajian Kualitas Daya Listrik Plts Sistem Off-Grid Di Stt-Pln. *Energi & Kelistrikan*, 10(2), 93–101. <https://doi.org/10.33322/energi.v10i2.211>
- Hutajulu, A. G., RT Siregar, M., & Pambudi, M. P. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts) on Grid Di Ecopark Ancol. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 23. <https://doi.org/10.24912/tesla.v22i1.7333>
- RAMADHANTI, S. K. (2019). *Desain Sistem Penggunaan Panel Surya Off-Grid Untuk Lampu Belajar Siswa Berbasis Baterai Di Sekolah Yang Terletak Di Desa Terpencil*. 6(1), 18–25.
- Sari, D. P., Kurniasih, N., Yogianto, A., & Elektro, T. (2018). Kajian Perencanaan PLTS Terhubung Ke Grid Untuk Melayani Suplai Daya Listrik Di Menara STT - PLN. *Jurnal Sutet*, 8(1), 13–20.
- Satriawan, H. (2018). Perancangan Solar Home System Di Daerah Terpencil. *Perancangan Solar Home System Di Daerah Terpencil*.
- Syafii, S., Mayura, Y., & Muhardika, M. (2020). Strategi Pembebanan PLTS Off Grid untuk Peningkatan Kontinuitas Suplai Energi Listrik. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 15(3). <https://doi.org/10.17529/jre.v15i3.14793>