

PORTABLE SOLAR CELL SEBAGAI SUMBER ENERGI PERALATAN ELEKTRIK DAN PENERANGAN DI KECAMATAN KOKOP MADURA

Nurhayati Nurhayati¹, Mohammad As'ad Rosyadi², Unit Three Kartini³, Akbar Izulhaq⁴

^{1,3,4}Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

²Universitas Telkom Bandung, Indonesia

[1nurhayati@unesa.ac.id](mailto:nurhayati@unesa.ac.id)

Abstract

Solar Power Plants (SPP) are environmentally friendly renewable energy sources that utilize natural energy, namely sunlight, as the main source. Solar energy can also be used to overcome the environmental friendly energy crisis, reduce global warming, and air pollution. PLTS works by converting solar energy into electrical energy using solar panels or solar cells. The objective of this PKM activity is to design and create a portable PLTS device for residents (in general) who are active and work outside their homes, where electricity is not available. The solar cells used are polycrystalline, equipped with SCC, batteries, and a panel box unit. Voltage and current monitoring are also necessary to facilitate the maintenance process. The design of the current and voltage monitoring device uses an Arduino Uno microcontroller with sensor readings. The results of this research are expected to increase agricultural productivity through the creation of portable solar cells that can be used as a source of energy for pumps to irrigate rice fields, lighting, and other electrical equipment. Thus, the technology developed can contribute to creating a more environmentally friendly, sustainable, and efficient system that can help the residents of Kokop.

Keywords: Solar Cell, SCC, Portable Solar Cell

Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan energi alam yaitu sinar matahari sebagai sumber utama, sumber energi matahari juga dapat digunakan untuk mengatasi krisis energi yang ramah lingkungan, mengurangi pemanasan global (global warming) dan pencemaran udara. PLTS bekerja berdasarkan energi matahari akan diubah menjadi energi listrik dengan memanfaatkan panel surya atau solar cell. Tujuan dari kegiatan PKM ini dengan melakukan perancangan dan membuat suatu perangkat portable PLTS untuk masyarakat (dalam lingkup umum) yang berkativitas dan bekerja diluar rumah yang tidak terjangkau energi listrik. Solar cell yang digunakan berjenis polycrystalline, dilengkapi SCC, baterai, satu unit box panel. Perlu juga adanya pemantauan tegangan dan arus guna memudahkan pada saat proses perawatan, perancangan alat monitoring arus dan tegangan menggunakan microcontroller arduino uno dengan pembacaan sensor. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan produktivitas pertanian melalui pembuatan portable solar cell yang dapat digunakan untuk sumber energi pompa untuk mengairi sawah, penerangan maupun penggerak peralatan elektrik lainnya. Dengan demikian, teknologi yang dikembangkan dapat berkontribusi dalam menciptakan sistem yang lebih ramah lingkungan, berkelanjutan, dan efisien yang dapat membantu masyarakat Kokop.

Kata Kunci: Solar Cell, SCC, Portable Solar Cell

Submitted: 2025-09-02

Revised: 2025-09-15

Accepted: 2025-09-22

Pendahuluan

Kabupaten Bangkalan terdiri atas 18 kecamatan, yang dibagi lagi atas 273 desa dan 8 kelurahan. Kabupaten Bangkalan memiliki topografi datar hingga berbukit dengan sebagian besar wilayahnya telah digunakan untuk kegiatan persawahan dan tegalan. Faktor pembatas yang dijumpai di Kabupaten Bangkalan berupa tanah berbatu (tanah tutupan batuan) seluas 2161Ha(1,84%) yang tersebar di Kecamatan Tanjung Bumi, Kokop, Kwanyar dan Tragah. Disamping itu, Kabupaten Bangkalan juga memiliki lahan pertanian tanaman pangan seluas kurang lebih 98.683,38 Ha atau sekitar 79,03 % dari luas Kabupaten Bangkalan seluruhnya. Lahan tersebut terdiri atas sawah teknis seluas 1.956,49 Ha dan tegal seluas 71.751,98 Ha.

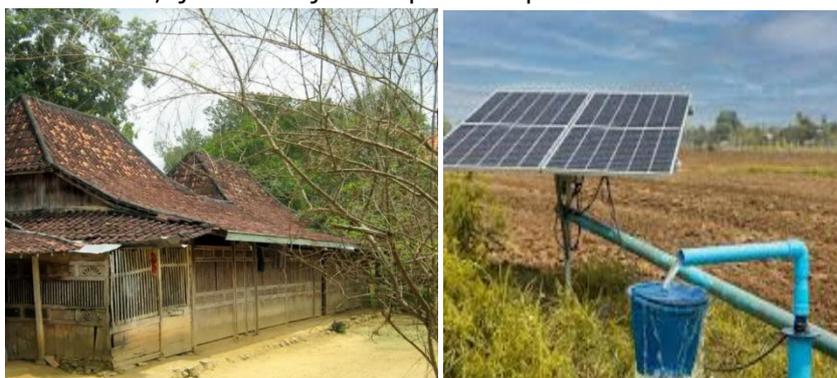
Kecamatan kokop merupakan daerah dataran dengan ketinggian 80 meter dari permukaan laut dengan luas wilayah 125,75 km². Kecamatan kokop terbagi dalam 13 desa. sebagian besar

penduduk kecamatan kokop bermata pencaharian sebagai petani yang pada umumnya ditanami padi sawah dengan luas lahan sawah 1.672,91 hektare.



Gambar 1. . Analisa situasi mitra

Pertanian lahan pertanian di kecamatan kokop masih mengandalkan tadah hujan untuk di tanami dan juga masih banyak lahan tidak produktif. Pemanfaatan sumber daya air pada dasa warsa terakhir ini dirasa semakin bertambah besar, namun dibalik itu ketersediaan jumlahnya terbatas, seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan aktivitas masyarakat yang selalu meningkat, keterbatasan air bagi pertanian bukan saja terjadi pada musim kemarau, namun di musim hujanpun bisa terjadi. Hal ini disebabkan sebagian besar air hujan yang jatuh menjadi aliran permukaan dan tidak termanfaatkan, sehingga ketersediaan air menjadi berkurang dalam skala ruang dan waktu, keterbatasan air menyebabkan berkurangnya luas tanam, jenis dan jumlah produksi pertanian.



Gambar 2. Keadaan di Kokop

Sebanyak 89 desa yang tersebar di 14 kecamatan, di Kabupaten Bangkalan, mengalami kekeringan dan kesulitan air bersih. Sumber air di desa tersebut sudah mengering semua. Sehingga warga kebingungan saat harus mencari air untuk dikonsumsi dan untuk kebutuhan rumah tangga lainnya. Berdasarkan identifikasi Dinas Sosial Tenaga Kerja dan Transmigrasi, Pemkab Bangkalan, 89 desa yang krisis air tersebut lebih didominasi di lima kecamatan, masing-masing Kecamatan Kokop, Kecamatan Konang, Kecamatan Blega, Kecamatan Klampis dan

Kecamatan Kwanyar. Kelima kecamatan itu betul-betul memprihatinkan soal kebutuhan air, terutama untuk konsumsi. Berikut adalah permasalahan warga:

Pertanian di kokop mengalami kekeringan pada saat musim kemarau

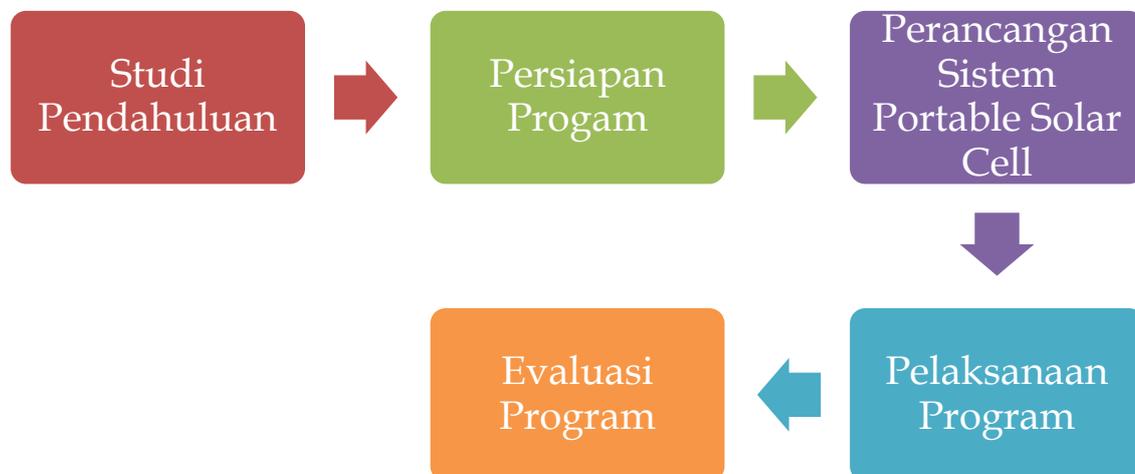
1. Adanya krisis air pada musim kemarau maka warga harus berjalan berjalan kaki beberapa kilometer menuju sumber air (di sungai) bahkan harus melewati jalan setapak dan membutuhkan waktu untuk mengantri untuk kebutuhan mencuci, mandi dan untuk pertanian.
2. Di kecamatan Kokop sering terjadi pemadaman listrik PLN sehingga warga kesulitan dalam penggunaan peralatan yang membutuhkan sumber elektrik.
3. Pada saat lampu mati maka proses pembelajaran menjadi terkendala terutama di mushola dan lainnya

Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat mengatasi hambatan tersebut di atas. Di wilayah tropis, cahaya matahari dapat diperoleh secara Cuma-Cuma sepanjang tahun, di mana saja, di tempat terpencil sekalipun. Ketersediaan tenaga surya dan kebutuhan air dapat saling melengkapi (complement). Pada saat kemarau dimana matahari sangat terik, kebutuhan air juga tinggi, pada saat itu pompa air PLTS dapat memompa air lebih banyak. Dan sebaliknya pada saat musim penghujan. Indonesia merupakan negara yang terletak di garis khatulistiwa menyebabkan energi surya menjadi salah satu bentuk energi terbarukan yang potensial untuk dikembangkan.

Energi surya selain mudah didapatkan dari alam, juga ramah lingkungan yaitu tidak memiliki emisi CO₂ sehingga menjadi teknologi andalan di dunia. Namun kekurangannya adalah teknologi surya ini membutuhkan investasi awal yang lebih mahal dibandingkan generator, tetapi untuk pemakaian jangka panjang penggunaan teknologi surya tetap menjadi lebih hemat. Memasuki abad 21, persediaan minyak dan gas bumi semakin menipis. Sementara kebutuhan akan energi semakin meningkat, utamanya di negara-negara industri akan meningkat sampai 70% antara tahun 2000 sampai dengan 2030. Pada tahun 2015, kebutuhan energi listrik akan mencapai 19,5 - 20 trilyun kWh. Status persediaan minyak dunia diperkirakan akan habis 23 tahun ke depan, gas akan habis 62 tahun ke depan, sedangkan batu bara 146 tahun ke depan tidak akan tersedia lagi.

Metode

Kegiatan PKM ini akan membuat portable solar cell yang dapat digunakan warga Kokop untuk menggerakkan peralatan elektrik dan penerangan untuk petani dan warga. Kegiatan akan dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut:



Gambar 3. Tahapan Pelaksanaan Program PKM

Dalam pelaksanaan program terdapat beberapa tahap. Tahap awal adalah studi pendahuluan dilakukan dengan mensurvei lokasi yang akan dilakukan pengabdian serta penelitian, lokasi yang dipilih adalah di Kecamatan Kokop. Setelah menentukan lokasi dilanjutkan dengan menganalisis permasalahan yang ada. Tahapan selanjutnya adalah tahapan persiapan serta perancangan, pada tahapan ini dilakukann identifikasi terhadap masalah yang sudah diperoleh dari masyarakat Kokop. Selanjutnya dilakukan penyusunan desain dari sistem *portable solar cell*.

Setelah desain selesai, dilakukan pengadaan alat dan bahan yang diperlukan, seperti modul surya, *charge controller*, baterai/ aki, Inverter, Kabel instalasi. Tahap selanjutnya adalah pelaksanaan program yaitu dengan mengimplementasikan alat yang sudah dirancang sebelumnya dimulai dengan instalasi perangkat modul surya, inverter dan aki agar panel surya dapat menyimpan energi ke dalam aki. Kemudian, dilakukan perakitan komponen lainnya seperti *charge controller*, kabel instalasi dan rangka agar alat bisa dipindahkan dengan lebih fleksibel. Setelah semua sistem terpasang, dilakukan uji coba fungsionalitas.

Untuk mengukur tingkat keberhasilan program ini, maka diadakan evaluasi atau penilaian secara kontinyu meliputi:

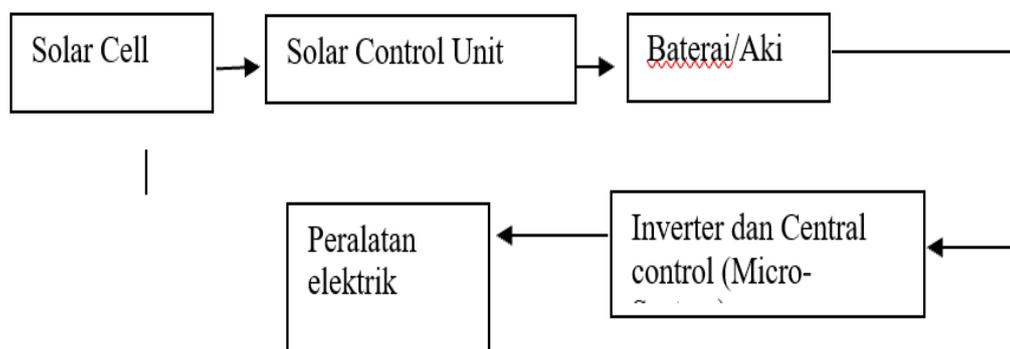
- Keberhasilan perancangan sistem Portable Solar Cell sebagai Sumber Energi Peralatan Elektrik dan Penerangan di kecamatan Kokop Madura
- Efektivitas sistem Portable Solar Cell sebagai Sumber Energi Peralatan Elektrik dan Penerangan di kecamatan Kokop Madura
- Kemampuan sistem dalam pengendalian menghasilkan energi yang berasal dari matahari.

Tabel 1. Metode Pelaksanaan PKM

| No | Uraian permasalahan | Solusi | Metode |
|----------------------------|---|---|---|
| <i>Aspek Kelompok Tani</i> | | | |
| 1 | Petani menghadapi tantangan seperti Pada saat musim kemarau mereka tidak bisa mengairi sawah meski ada beberapa sumber air sumur bor dan sumur tadah hujan diperumahan warga | Implementasi portabel solar cell yang dapat menggerakkan pompa air | <i>implementasi portable solar cell</i> |
| <i>Aspek Warga</i> | | | |
| 2 | Didesa kokop sering terjadi pemadaman aliran listrik PLN dan daerah perbukitan dan jauh dari keramaian sehingga dibutuhkan portable solar cell untuk menggerakkan perangkat elektronik. | Melakukan pelatihan ke warga penggunaan portable solar cell agar dapat digunakan warga untuk menjalankan peralatan elektrik | <i>Melakukan pelatihan dan kerjasama dengan Kelompok masyarakat</i> |

1. Tahap Studi Literatur

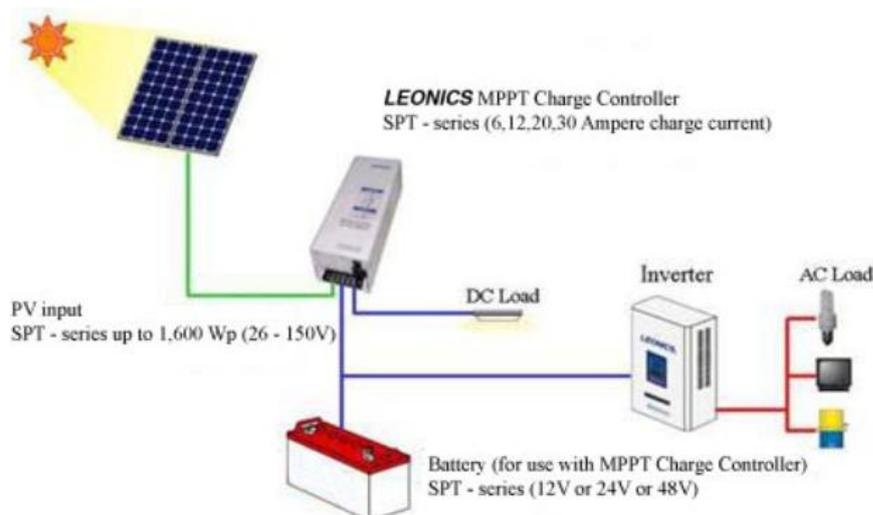
Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan referensi dari jurnal, artikel ilmiah, buku teks, dan sumber online terpercaya yang berkaitan modul surya, *charge controller*, baterai/ aki, Inverter, Kabel instalasi serta implementasinya di bidang pertanian. Tujuan dilakukan studi literatur adalah membangun dasar teori yang kuat untuk mendukung perancangan dan pengembangan alat.



Gambar 4. Blok Diagram

2. Tahap Persiapan Program

Tahap ini meliputi perancangan desain sistem *portable solar cell* yang dilanjutkan dengan penentuan jenis serta tipe yang akan digunakan dalam proses perancangan alat tersebut. Hal utama yang dilakukan dalam tahap ini yakni merancang perangkat secara sistematis serta terintegrasi dan sesuai dengan kebutuhan sistem.



Gambar 5. Bagan sistem Solar-powered portable water pump

Persiapan program yang dilakukan selanjutnya dengan melakukan observasi kepada beberapa kelompok masyarakat yang terdapat di Kecamatan Tanjung Bumi, Kokop, Kwanyar dan Tragah terkait hal apa saja yang menjadi permasalahan dalam sistem pertanian mereka. Saat permasalahan didapatkan tahapan selanjutnya melakukan persiapan program dengan menentukan jenis bahan serta permasalahan apa saja yang bisa diatasi dengan menggunakan alat yang akan dibuat tersebut.



Gambar 6. Keadaan tanah di lokasi mitra

Adapun Tabel 2 menunjukkan spesifikasi komponen yang digunakan pada sistem *portable solar cell*.

Tabel 2. Spesifikasi komponen

| No | Nama Komponen | Spesifikasi Utama |
|----|-------------------------------------|--|
| 1 | 2 buah solar module BP3150, 24 Volt | Daya nominal: 150 W; Tegangan nominal: 24 V; Vmp: 34,5 V; Imp: 4,35 A; Voc: 43,5 V; Isc: 4,75 A; Efisiensi: ±12% |
| 2 | Charge Controller | Tegangan sistem: 12/24V auto; Arus pengisian: 40A; Tegangan input PV |

| | | |
|---|--------------------------------------|---|
| | | maks: 100V; Daya PV maks: 520W (12V) / 1040W (24V); Efisiensi: $\approx 99\%$; Proteksi: overcharge, overdischarge, short circuit, overheating. |
| 3 | Aki LiFePO ₄ 12V/200Ah | Nominal Voltage: 12,8 V; Kapasitas: 200 Ah; Energi: ≈ 2.560 Wh; Tegangan pengisian penuh: 14,2 – 14,6 V; Tegangan cut-off / discharge rendah: $\pm 10,0 - 10,8$ V; Arus pengecasan maksimum: 40-75 A; Arus pelepasan kontinyu maksimum: $\approx 150-200$ A |
| 4 | Inverter | Input DC: 12–48V / 200–1000V; Output AC: 220–240V, 50/60Hz; Daya: 500W – 5kW (umum); Efisiensi: 90–98%; Output: Pure sine wave; Proteksi: over/under voltage, short circuit, overheating, reverse polarity. |
| 5 | Kabel Instalasi | 300/500V atau 450/750V; Suhu kerja: -20°C hingga $+70^{\circ}\text{C}$; Penampang: 1,5 mm ² – 240 mm ² ; Isolasi: PVC / XLPE |

3. Tahap Pelaksanaan Program

Pada tahap pelaksanaan program dilakukan perakitan dan pembuatan box control untuk alat yang akan dibuat. Pada tahap ini dimulai dari pembuatan rangka untuk tiang alat, tiang dibuat dari bahan alumunium tebal yang selanjutnya dipasangkan control panel untuk penempatan sistem proteksi agar mencegah terjadinya korsleting. Selain itu 1 buah panel surya diletakkan di atas tiang sebagai sumber energi Listrik dalam memanen energi listrik yang dihasilkan dari sinar matahari.



Gambar 7. Pengerjaan Alat

Tahapan selanjutnya Adalah dengan memasang inverter, *charge controller*, aki, serta kabel instalasi. Portable Solar cell menggunakan tenaga surya, komponen instalasi pembangkit tenaga surya terdiri dari panel surya, inverter, kontrol panel(BCR), accu.

MPS-Drip terdiri dari peralatan sebagai berikut:

- a. 2 buah solar module BP3150, 24 Volt
- b. Pakaging Solar Cell

- c. Aki
- d. Solar Control
- e. 1.000 m lateral pipe dengan dripper
- f. 50 buah connector
- g. 2 bh main valve
- h. 2 fertilizer valve



Gambar 8. Perancangan Sistem

4. Tahap Evaluasi

Pada tahap ini meliputi, pengujian dan validasi fungsi alat, pengumpulan feedback dari masyarakat terkait PKM yang dilakukan, analisis keberhasilan dan kekurangan alat, penyusunan laporan akhir kegiatan PKM. Tujuannya adalah memastikan bahwa alat benar-benar efektif untuk digunakan dalam memproduksi energi listrik dari matahari serta mendokumentasikan hasilnya.

Setelah sistem terpasang, dilakukan uji coba fungsionalitas serta evaluasi awal terhadap kinerja perangkat guna memastikan efektivitasnya sebelum digunakan secara luas. Setelah itu tahap selanjutnya adalah sebagai berikut.

a. Pelatihan, pendampingan, dan evaluasi kegiatan pada Petani

Kegiatan pelatihan dan pendampingan dilakukan agar mitra lebih memahami pengoperasian maupun perawatan peralatan yang diberikan. Pelatihan dan pendampingan dimulai dengan sosialisasi penggunaan teknologi diikuti simulasi untuk memahami cara kerja sistem. Selanjutnya, dilakukan pendampingan intensif di lapangan guna memastikan warga dapat mengimplementasikan teknologi tersebut secara optimal. Hasil evaluasi menjadi bahan bagi tim pelaksana untuk membuat inovasi atau menerapkan rancangan bangun di mitra lainnya yang memiliki permasalahan yang sama

b. Pencapaian luaran dan penyusunan laporan

Luaran kegiatan PKM terdiri atas luaran wajib dan luaran tambahan. **Luaran wajib** yang dihasilkan terdiri dari 1) publikasi di jurnal; 2) publikasi kegiatan yang dimuat pada media massa elektronik; 3) Dokumentasi video kegiatan berdurasi 5 menit diunggah di *you tube* dan (4) HKI berupa Paten. Adapun **luaran tambahan** terdiri atas rainer panel surya; Pada tahap akhir setelah seluruh luaran dapat dicapai dilakukan penyusunan laporan akhir.

Hasil dan Pembahasan (10 pt)

Penggunaan portable solar cell sangat dibutuhkan warga untuk pertanian dan untuk menggerakkan peralatan elektrik serta penerangan oleh warga. Hasil yang diharapkan termasuk peningkatan produktivitas pertanian, dapat mengatasi permasalahan warga dalam sumber energi listrik. Portable Solar cell menggunakan tenaga surya, komponen instalasi pembangkit tenaga surya terdiri dari panel surya, inverter, kontrol panel (BCR), accu.

Sistem ini dirancang sebagai solusi alternatif pengganti generator konvensional untuk kebutuhan suplai listrik darurat yang portabel dan mudah dipindahkan. Sistem ini memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebagai sumber energi utama, dengan input daya yang diperoleh dari panel surya berkapasitas 200 Wp. Energi yang dihasilkan dikonversi dan disimpan dalam baterai lithium jenis LiFePO₄ berkapasitas 12V/200Ah, melalui pengontrol pengisian berbasis teknologi MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) guna mengoptimalkan efisiensi penyerapan daya surya. Sistem ini menyediakan output daya DC sebesar 12 Volt dengan kapasitas maksimum 1500 watt, serta dilengkapi dengan inverter untuk menghasilkan output AC 220 Volt dengan daya hingga 1000 watt, yang setara dengan generator sekitar 1,34 horsepower (HP).

Sistem ini dirancang dengan struktur kerangka yang portabel dan mudah dipindahkan, dilengkapi dengan dua roda mini untuk mendukung mobilitas. Dimensi keseluruhan kerangka mencakup tinggi 155 cm, lebar 100 cm, dan panjang 270 cm, dengan konfigurasi menyerupai gerobak dorong beroda yang ergonomis untuk keperluan transportasi di lapangan. Struktur bodi utama dibuat menggunakan material besi hollow (hollow) berdimensi 1,5 cm, yang memberikan ketahanan mekanis tinggi terhadap beban sistem, termasuk komponen seperti kontroler, baterai lithium, dan panel surya (PLTS), dengan estimasi total bobot sekitar 45 kg. Pada saat sistem ditempatkan secara permanen, roda didesain agar dapat diangkat secara manual, dan sistem akan ditopang oleh lima kaki penyangga yang dapat diturunkan secara stabil. Mekanisme ini bertujuan untuk mengurangi tekanan jangka panjang pada roda guna memperpanjang umur pakainya, sekaligus memberikan stabilitas tambahan yang mampu meredam getaran atau guncangan yang mungkin timbul selama pengoperasian. Penambahan kaki penyangga juga memperkuat posisi sistem terhadap gaya eksternal seperti angin kencang atau permukaan tanah yang tidak rata.

Sistem ini beroperasi dengan memanfaatkan PLTS sebagai sumber energi utama. Energi cahaya matahari diserap oleh panel surya dan dikonversi menjadi energi listrik arus searah (DC) dengan kapasitas maksimum 200 Wp pada tegangan nominal 12 Volt. Arus listrik yang dihasilkan pertama-tama dialirkan ke *Miniature Circuit Breaker* (MCB) 20 A yang berfungsi sebagai pengaman awal untuk mencegah lonjakan arus berlebih dari sisi input. Selanjutnya, energi listrik dialirkan menuju unit *charge controller* berbasis MPPT yang berfungsi mengatur dan mengoptimalkan penyerapan daya dari panel surya ke dalam sistem penyimpanan energi. Energi tersebut kemudian disimpan dalam baterai lithium tipe LiFePO₄ berkapasitas 12V/200Ah. Setelah terisi, baterai dapat menyediakan output listrik DC 12 Volt, yang dilindungi oleh MCB DC sebesar 125 A, memungkinkan sistem mengalirkan daya maksimum hingga 1500 watt dalam bentuk DC. Untuk mendukung perangkat elektronik rumah tangga atau beban arus bolak-balik (AC), sistem ini dilengkapi dengan inverter tipe *pure sine wave* yang mengubah arus DC menjadi arus AC 220 Volt. Jenis inverter ini dipilih karena mampu menghasilkan gelombang sinus murni yang serupa dengan keluaran dari jaringan listrik PLN, sehingga aman digunakan untuk perangkat elektronik sensitif dan motor listrik. Output AC ini memiliki daya maksimal hingga 1000 watt dan diamankan oleh MCB AC sebesar 6 A

sebelum dialirkan ke titik distribusi akhir, yaitu stop kontak beban yang dapat digunakan oleh pengguna secara langsung.



Gambar 9. Pelatihan dan serah terima

Demi menunjang keberhasilan program, dilakukannya sosialisasi serta pelatihan pada Masyarakat dalam proses penggunaan alat, dalam pelatihan ini masyarakat melakukan uji coba alat serta bagaimana implementasi alat di lahan pertanian mereka, selain itu masyarakat juga diajarkan dalam pemeliharaan alat agar alat terus bisa digunakan. Setelah semua dirasa cukup, kegiatan dilanjutkan dengan serah terima dari Ketua Pelaksana kepada Masyarakat kecamatan Kokop, diharapkan alat yang sudah dirancang dapat bermanfaat bagi Masyarakat di daerah tersebut.

Kesimpulan

Pengembangan sistem *portable solar cell* berbasis energi terbarukan ini mampu menjadi solusi yang efektif dalam menghadapi berbagai jenis tantangan yang dialami oleh sebagian besar masyarakat di Kecamatan Kokop. Hasil yang diharapkan adalah terjadinya efisiensi penggunaan sumber daya listrik, berkurangnya penggunaan listrik dari PLN dan mengurangi dampak lingkungan melalui pengurangan bahan kimia. Kolaborasi antara masyarakat dan akademisi Universitas dalam penerapan sistem ini berpotensi menciptakan ekosistem yang lebih berkelanjutan, dan ramah lingkungan diberbagai bidang. Diharapkan teknologi dalam energi baru terbarukan terus berkembang demi menjaga kelestarian bumi.

Daftar Pustaka

- Ángel Giménez Pérez, M., Guerrero-González, A., Cánovas Rodríguez, F. J., María, I., Leon, M., Antonio, F., Abrisqueta, L., Pérez, M. Á. G., -González, A. G., Rodríguez, F. J. C., Leon, I. M. M., & Abrisqueta, F. A. L. (2024). Precision Agriculture 4.0: Implementation of IoT, AI, and Sensor Networks for Tomato Crop Prediction. *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 6(2), 172–181. <https://doi.org/10.12928/biste.v6i2.10954>
- Cletus, F., & John, A. E. (2024). Comparative Analysis Of Machine Learning Models For Greenhouse Microclimate Prediction. *Brilliance: Research of Artificial Intelligence*, 4(1), 162–175. <https://doi.org/10.47709/brilliance.v4i1.3783>
- Garg, D., Khan, S., & Alam, M. (2020). Integrative Use of IoT and Deep Learning for Agricultural Applications. Dalam P. K. Singh, B. K. Panigrahi, N. K. Suryadevara, S. K. Sharma, & A. P. Singh (Ed.), *Proceedings of ICETIT 2019* (hlm. 521–531). Springer International Publishing.
- Indukuri, H., & Ruddaraju, M. (2024). Deep Learning-based Crop Recommendation System with IoT Integration for Agricultural Optimization. *African Journal of Biological Science*, 6. <https://doi.org/10.33472/AFJBS.6>
- John, M. A., Bankole, I., Ajayi-Moses, O., Ijila, T., Jeje, T., & Lalit, P. (2023). Relevance of Advanced Plant Disease Detection Techniques in Disease and Pest Management for Ensuring Food Security and Their Implication: A Review. *American Journal of Plant Sciences*, 14(11), 1260–1295. <https://doi.org/10.4236/ajps.2023.1411086>
- Li, F., Xiao, J., Chen, J., Ballantyne, A., Jin, K., Li, B., Abraha, M., & John, R. (2023). Global water use efficiency saturation due to increased vapor pressure deficit. *Science*, 381(6658), 672–677. <https://doi.org/10.1126/science.adf5041>
- Listihani, L., Ariati, P. E. P., Yuniti, I. G. A. D., & Selangga, D. G. W. (2022). The brown planthopper (*Nilaparvata lugens*) attack and its genetic diversity on rice in Bali, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(9), 4696–4704. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230936>
- López, J., Way, D. A., & Sadok, W. (2021). Systemic effects of rising atmospheric vapor pressure deficit on plant physiology and productivity. Dalam *Global Change Biology* (Vol. 27, Nomor 9, hlm. 1704–1720). Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1111/gcb.15548>
- Mgendi, G. (2024). Unlocking the potential of precision agriculture for sustainable farming. *Discover Agriculture*, 2(1), 87. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00078-3>
- Mohidem, N. A., Hashim, N., Shamsudin, R., & Man, H. C. (2022). Rice for Food Security: Revisiting Its Production, Diversity, Rice Milling Process and Nutrient Content. Dalam *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 12, Nomor 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agriculture12060741>
- Peng, S., Tang, Q., & Zou, Y. (2009). Current status and challenges of rice production in China. Dalam *Plant Production Science* (Vol. 12, Nomor 1, hlm. 3–8). <https://doi.org/10.1626/pps.12.3>
- Sánchez-Bayo, F. (2021). Indirect effect of pesticides on insects and other arthropods. Dalam *Toxics* (Vol. 9, Nomor 8). MDPI. <https://doi.org/10.3390/toxics9080177>
- Wang, X., Zhang, S., Wang, X., & Xu, C. (2023). Crop pest detection by three-scale convolutional neural network with attention. *PLoS ONE*, 18(6 JUNE). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276456>