

Implementasi *Photovoltaic Terintegrasi Battery Storage* guna Menunjang Penerangan pada Kebun Buah Naga Desa Sukorejo

**Dimas Fajar Uman Putra, Ahmad Syakir, Edwin Juanda Samuel Sirait,
Gamaliel Lizaro Harefa, Muhammad Dzaky Kamal, Mohammad Rizky**

Pratama, Theofilus Christio Priambodo

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Correspondence Email: dimasfup@ee.its.ac.id

Abstrak: Kabupaten Banyuwangi merupakan produsen buah naga terbesar. Sekitar 80% pasokan buah naga di Indonesia berasal dari Banyuwangi. Desa Sukorejo yang terletak di Kabupaten Banyuwangi, sebagai salah satu penghasil buah naga, memanfaatkan lahan pertanian seluas 273 hektar khusus untuk budidaya buah naga. Dalam melakukan budidaya, inovasi terus dilakukan untuk meningkatkan hasil produksi. Salah satunya penggunaan lampu neon berwarna kuning yang dinyalakan pada malam hari untuk meningkatkan frekuensi jumlah panen. Akan tetapi, jumlah lampu neon yang banyak akan mengonsumsi listrik yang besar dan penggunaan listrik yang besar juga mengonsumsi biaya yang besar pula. Oleh karena itu, program pengabdian masyarakat ITS menerapkan sistem panel surya yang terintegrasi battery storage guna menunjang penerangan lampu pada lahan pertanian buah naga. Dengan adanya sistem ini, penggunaan listrik dari PLN akan berkurang karena sebagian akan disediakan oleh panel surya dan battery storage. Pelaksanaan pengabdian terbagi menjadi 4 tahap, yaitu tahap persiapan peninjauan lokasi, tahap pengadaan alat-alat, tahap instalasi PLTS yang terintegrasi dengan battery storage, dan tahap penyuluhan kepada masyarakat Desa Sukorejo terkait sistem yang digunakan. Dampak yang diberikan kepada masyarakat adalah pengurangan biaya operasional melalui penggunaan energi baru terbarukan, sekaligus menjadi model pertama dalam pemanfaatan energi baru terbarukan mengingat besarnya potensinya di Desa Sukorejo.

Kata kunci: Battery storage, Buah naga, Panel surya, Pertanian

Abstract: *Banyuwangi Regency is the largest producer of dragon since 80% of dragon fruit in Indonesia comes from Banyuwangi. Sukorejo Village, which is in Banyuwangi Regency, as one of the producers of dragon fruit, uses farmland with 273 hectares of area specialized for dragon fruit farm cultivation. In doing cultivation, the innovation is continuously done to improve the production. One of innovations is to use yellow neon lamps that are turned on during nighttime to increase the frequency of their harvest. However, the amount of neon lamps is linear with the electricity consumption that follows with huge amounts of cost. Therefore, this community service program held by ITS implements the solar panel system which is integrated with battery storage to support illumination at the dragon fruit farm. With this system, the electricity usage from PLN will be reduced since parts of the electricity will be provided by the solar panel system. This community service is divided into four parts in processing: survey, procurement, installation, and socialization. Impacts that are given to the locals are reduced operational costs from utilizing renewable energy as well as becoming a model in using renewable energy since Sukorejo Village has a potential in solar energy generation.*



Keywords: *Battery storage, Dragon fruit, Farm, Solar panel*

Article History :

Received; 14-09-2023; Revised; 07-10-2023; Accepted; 04-11-2023

PENDAHULUAN

Dilansir dari portal berita Kabar Banyuwangi, Kabupaten Banyuwangi merupakan daerah pemasok buah naga terbesar di Indonesia. Kabupaten ini terletak di ujung timur Pulau Jawa yang secara administratif masuk dalam wilayah Provinsi Jawa Timur. Menurut Badan Pusat Statistik, pada tahun 2020, Dinas Pertanian Kabupaten Banyuwangi mencatat luas lahan pertanian buah naga mencapai 2.800 Ha. Lebih lanjut, berdasarkan data BPS Kabupaten Banyuwangi, panen buah naga pada tahun 2021 dan 2022 mencapai 408.093 ton dan 272.324 ton. Sebanyak 80% dari total produksi buah naga di Indonesia berasal dari Banyuwangi. Kemudahan dalam membudidayakan buah naga membuat warga Banyuwangi, khususnya Banyuwangi bagian selatan, menjadi petani buah naga dadakan. Salah satu desa penghasil buah naga terbesar di Banyuwangi adalah Desa Sukorejo, Kecamatan Bangorejo. Menurut Kepala Desa Sukorejo, pada tahun 2023, mayoritas lahan pertanian di desa ini digunakan untuk budidaya buah naga, yaitu sebesar 273 hektar.

Besarnya potensi yang dimiliki terkait dengan budidaya buah naga membuat pemerintah desa bersama dengan warga menciptakan berbagai inovasi guna meningkatkan hasil produksi, dimulai dari penggunaan pupuk sampai memanipulasi cahaya untuk buah penerangan buah naga. Salah satu aspek utama yang menyebabkan produksi buah naga tidak stabil yaitu pada fase pembungaan. Tahap ini merupakan fase krusial yang menentukan hasil produksi buah naga. Indeks produktivitas buah naga dipengaruhi oleh jumlah bunga yang mampu berproduksi. Tahap pembungaan pada buah naga sangatlah rentan terhadap faktor iklim, seperti cuaca, suhu, curah hujan, dan yang paling utamanya lama penyinaran matahari (Hariyanto, 2016). Saat ini, petani buah naga sudah mulai berinovasi dengan memanfaatkan lampu neon berwarna kuning yang dinyalakan pada malam hari sebagai tambahan penerangan. Selain mendapatkan jumlah buah pada musim panen, penggunaan lampu juga dapat mempercepat frekuensi panen (Susanto & Rondhi, 2020). Penerapan lampu di lahan buah naga Banyuwangi menunjukkan bahwa pemberian cahaya lampu dapat meningkatkan kapasitas produksi (Imam Rosidin et al., 2021). Dengan penggunaan lampu ini, buah naga pun mampu berbuah di luar musim buahnya.

Meskipun inovasi ini sangat menguntungkan petani, biaya instalasi listrik dan biaya operasional listrik yang mahal membuat tidak semua petani dapat memasangkannya. Untuk satu per empat hingga setengah hektar lahan buah naga dengan pemasangan lampu 500 lampu 15 watt, diperlukan biaya investasi 30 juta dan biaya listrik 3 juta per bulannya. Dengan biaya sebesar itu, para petani yang berada di kalangan menengah ke bawah tentu mengalami kesulitan dalam menerapkannya. Sebagai tambahan, terdapat beberapa lokasi kebun buah naga yang jauh berada di pelosok dan jauh dari saluran listrik sehingga sulit untuk mengimplementasikan



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

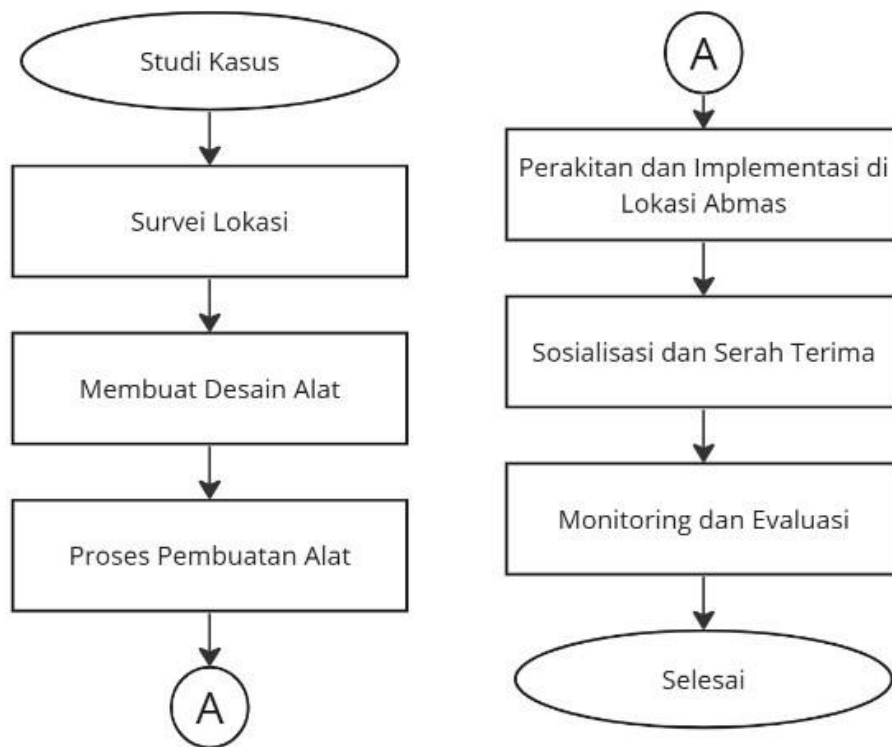
inovasi tersebut. Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya dalam mengantikan sumber energi listrik dari PLN. Salah satu hal yang dapat dilakukan adalah dengan memanfaatkan sumber energi baru terbarukan yang dapat menjangkau seluruh lahan pertanian di Desa Sukorejo sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas buah naga yang dihasilkan petani.

Berdasarkan latar belakang tersebut, solusi yang diusulkan merupakan pengembangan sistem photovoltaic (PV) yang terintegrasi dengan penyimpanan baterai sebagai sumber energi dalam penerangan di kebun buah naga. Penggunaan photovoltaic didasari oleh tingginya potensi energi matahari di Desa Sukorejo. Menurut Global Solar Atlas, nilai global horizontal irradiation (GHI) dan specific photovoltaic power output di Desa Sukorejo mencapai 4.886 kWh/m² per hari dan 3.909 kwh/kwp per hari. Berdasarkan kedua nilai ini, Desa Sukorejo memiliki potensi yang sangat baik untuk dipasang panel surya. Tingginya GHI menunjukkan bahwa Desa Sukorejo menerima banyak sinar matahari, sementara specific photovoltaic power output yang tinggi menunjukkan efisiensi yang baik dalam mengonversi radiasi matahari menjadi listrik. Tingginya GHI menunjukkan bahwa Desa Sukorejo menerima banyak sinar matahari, sementara specific photovoltaic power output yang tinggi menunjukkan efisiensi yang baik dalam mengonversi radiasi matahari menjadi listrik (Silalahi & Gunawan, 2022). Dengan demikian, Desa Sukorejo sangat cocok untuk dilakukan pemasangan sistem photovoltaic. Kemudian, penggunaan baterai adalah sebagai media penyimpanan energi listrik yang telah dihasilkan panel surya dan akan digunakan pada malam hari. Strategi kegiatan dimulai dari tahap persiapan yang berkaitan dengan peninjauan lokasi secara langsung untuk memeriksa kembali permasalahan yang sudah dirumuskan, tahap pengadaan alat – alat serta penunjang kegiatan, tahap instalasi sistem photovoltaic yang terintegrasi dengan penyimpanan baterai, dan tahap penyuluhan kepada masyarakat Desa Sukorejo mengenai permasalahan biaya operasional yang tinggi dalam penggunaan lampu pada lahan perkebunan buah naga di malam hari serta solusi dari permasalahan tersebut berupa pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terintegrasi battery storage sebagai alternatif sumber listrik PLN.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan kegiatan abmas (abdi masyarakat) dimulai dengan observasi studi kasus dan mitra abdi masyarakat yang layak untuk diimplementasikan sebagai lokasi dan mitra. Setelah menukan tempat yang dirasa baik untuk dilaksanakannya kegiatan, survei lokasi dilakukan untuk meninjau secara langsung lokasi sekaligus melakukan wawancara terhadap mitra terkait untuk meninjau kebutuhan alat yang dibutuhkan dan pengambilan data-data kebutuhan desain alat. Tahap selanjutnya adalah pendesainan alat sesuai kebutuhan implementasi. Setelah tahap ini selesai, alat dirakit di lokasi abmas dan diimplementasikan pada lokasi dan mitra terkait. Tahap terakhir adalah sosialisai untuk warga mengenai alat yang diimplementasikan agar masyarakat memahami teknologi yang diimplementasikan serta manfaatnya bagi masyarakat. Pemantauan dan evaluasi turut dilakukan oleh tim bersama mitra untuk mengetahui kondisi dan keefektifan dari alat yang terpasang.

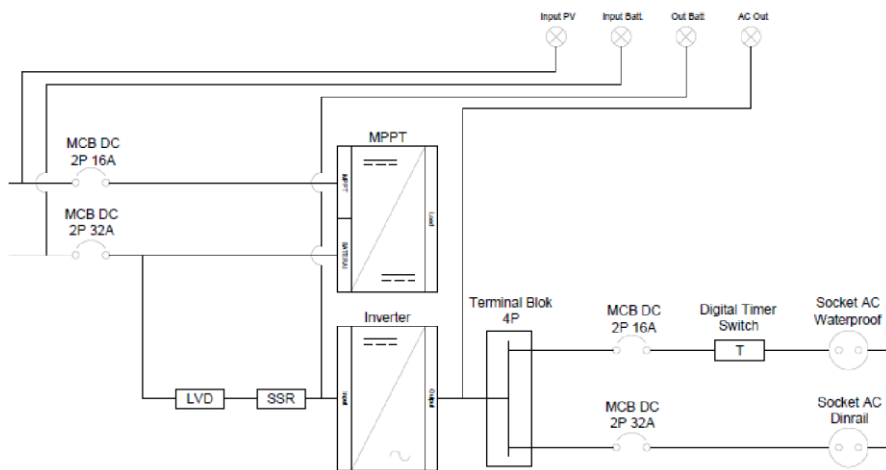




Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Sistem penerangan menggunakan *photovoltaic* terintegrasi *battery storage* guna menunjang produktivitas pertanian pada kebun buah naga di Desa Sukorejo. Alat ini didesain agar dapat memanfaatkan potensi energi terbarukan di daerah tersebut secara optimal. Penerangan menggunakan *photovoltaic* terintegrasi *battery storage* ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu:

1. *Photovoltaic*
2. Baterai sebagai penyuplai daya pada pompa DC
3. *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) untuk mengontrol agar daya keluaran *photovoltaic* tetap maksimal serta menstabilkan *output photovoltaic* yang berubah-ubah
4. Inverter untuk mengubah tegangan DC menjadi AC
5. *Timer* untuk mengatur waktu lampu ketika menyala atau mati
6. *Low Voltage Disconnect* (LVD) sebagai peralatan proteksi apabila tegangan baterai turun secara signifikan



Gambar 2. *Single Line Diagram* sistem *photovoltaic*

Survey dan Pengambilan Data

Efektivitas pemasangan panel surya sangat bergantung pada kondisi dari lokasi implementasi. Terdapat banyak indikator yang perlu menjadi pertimbangan dalam proses pendesenainan panel surya. Pemasangan panel surya tanpa memperhatikan indikator dapat menyebabkan kegagalan implementasi yang berdampak pada kerugian investasi.

Tabel 1. Daftar parameter yang dipertimbangkan

Kategori	Data
Kondisi geografis	Koordinat lokasi, Potensi pemasangan (<i>roof</i> , <i>Groud mount</i> , dll). Data irradiasi (GHI), <i>Air temperature</i> , <i>tilt</i> dan <i>azimuth</i> optimal, potensi <i>shedding</i>
Data beban	<i>Load Type</i> , <i>Load Consumption</i> , <i>Load Operational Hour</i>
Data kelistrikan	Sistem PV (<i>on-grid/off-grid</i>), <i>point of connection</i> , <i>rating</i> PV, inverter, baterai (jika dibutuhkan), panjang kabel, jenis <i>racking</i> dan <i>mounting</i>

Parameter penting yang harus dipertimbangkan dalam desain sistem PV dapat dilihat pada tabel 1 yang terbagi menjadi tiga kategori, yaitu kondisi geografis, data beban, dan data kelistrikan. Pada kategori kondisi geografis, hal yang perlu diperhatikan adalah kandidat lokasi yang potential. Kondisi geografis akan berpengaruh pada kinerja PV. Lokasi pemasangan haruslah bersih dari potensi *shedding* dari objek lain seperti bangunan atau pohon pada umumnya. *Shedding* pada PV sangat berpengaruh pada performansi output PV sehingga analisis mengenai potensi *shedding* perlu untuk dilakukan (Viktor Fredy Abast et al., 2022). Performansi dari PV juga bergantung pada sudut pemasngan PV. Dua sudut yang sangat penting adalah *tilt* dan azimuth (Yunus Khan et al., 2020). Sudut *tilt* merupakan sudut antara



panel surya dan permukaan bumi. Tingkat kemiringan ini berpengaruh terhadap kemampuan sel fotovoltaik menangkap radiasi sinar matahari. Sementara itu, sudut *azimuth* merupakan sudut arah hadap panel surya. Sudut *azimuth* 0 adalah arah utara, 90 derajat arah timur, 180 derajat arah selatan dan 270 derajat menunjukkan arah barat. Optimalisasi penggunaan sudut *tilt* dan *azimuth* disesuaikan dengan posisi matahari berada. Penggunaan kedua sudut tersebut untuk menentukan efektivitas panel surya menjaring sinar matahari hingga akhirnya dikonversi menjadi listrik (Sudarto, 2018).

Penentuan dari rating PV ditentukan oleh kebutuhan beban pada sistem dan tipe sistem PV (*on-grid* atau *off-grid*). Tipe beban perlu diperhatikan terutama mengenai *power factor* beban karena hal ini akan berpengaruh pada pemilihan inverter dari PV. Besar beban perlu diketahui untuk menentukan besar kapasitas PV yang akan dipasang. Jika sistem direncanakan dengan baterai, beban terkait perlu untuk dikategorikan menjadi beban siang dan malam agar proses desain lebih optimal lama operasional beban juga perlu dicatat untuk mengetahui estimasi dari energi yang diperlukan sistem. Pada sistem yang terhubung baterai dengan durasi yang lama, waktu kemampuan baterai untuk menyuplai saat malam hari menjadi perhatian yang sangat penting. Pada proses ini, perlu dikalkulasi beban malam hari yang harus terus beroperasi sehingga tidak terjadi diskontinuitas penyuplai daya dari sistem. Dalam peninjauan, *mounting* dari PV dapat ditinjau dari tempat pemasangan itu sendiri. Jika PV akan dipasang pada sebuah atap rumah, konfigurasi *roof mounting* harus dipasang untuk meletakkan PV. Jika akan dipasang di tanah, sistem dapat menggunakan konfigurasi *ground mounting*.



Gambar 3. Lokasi pemasangan PV; (a) Pantauan dari atas; (b) Pantauan langsung

Tabel 2. Parameter untuk penentuan lokasi pengabdian masyarakat

Parameter	Data	Unit
Koordinat lokasi	-8.5313731, 114.1173958	
Luas lokasi potensial	50	m ²
GHI	1797.3	Kwh/m ² /yr
<i>Tilt</i> optimal	9	°
Azimut	0–9	°



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

<i>Air temperature</i>	26.1	°C
<i>Specific photovoltaic Power output</i>	1414	Kwh/kwp/yr
<i>Tipe mounting</i>	<i>Ground mount</i>	

Tabel 2 merupakan data hasil survei lokasi potensial pada pemasangan PV di kebun buah naga. Lokasi implementasi ditentukan di Desa Sukorejo, Banyuwangi. PV akan dijadikan sumber independen bagi lampu penerangan buah naga. Estimasi dari beban yang akan digunakan adalah beban lampu 15 watt sebanyak 5 buah dengan intensitas penyinaran estimasi selama 10 jam.

Tabel 3. Parameter untuk spesifikasi alat

Parameter	Nilai	Satuan
Warna	<i>Warm white</i>	
Intensitas	1500 lm	Lm
Jumlah LED	5	Lampu
Konsumsi daya	75	Watt
Lama waktu kerja	10	Jam

Kalkulasi dan Perancangan Alat

Dalam melakukan perancangan alat, maka dilakukan kalkulasi untuk menentukan *rating* dari peralatan yang akan dipakai.

Photovoltaic

Photovoltaic merupakan peralatan yang dapat mengonversi cahaya matahari menjadi arus listrik DC menggunakan bahan semikonduktor. Satu modul *photovoltaic* terdiri dari berbagai *cell photovoltaic* dan akan memproduksi listrik saat diterangi oleh cahaya matahari dan akan berhenti saat tidak ada paparan cahaya matahari (Myori et al., 2019). Dalam menentukan kapasitas modul *photovoltaic*, beberapa parameter harus dipertimbangkan seperti kebutuhan energi selama satu hari, rata rata penyinaran puncak matahari dalam satu hari, dan efisiensi modul *photovoltaic*.

$$\text{Kapasitas PV} = \frac{K}{S}$$

Keterangan K : Kebutuhan energi selama satu hari (Wh)
 S : Rata rata penyinaran puncak matahari per hari (h)

Kemudian, efisiensi dari modul *photovoltaic* dapat dipertimbangkan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Total Kapasitas PV} = \frac{T}{E}$$



Keterangan T : Kapasitas PV (W)
 E : Efisiensi modul *photovoltaic* (%)

Baterai

Baterai adalah komponen penting dalam sistem *photovoltaic* yang memiliki peran sebagai tempat penyimpanan energi listrik. Baterai menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam bentuk arus searah. Energi yang disimpan oleh baterai berguna sebagai cadangan saat panel surya tidak mampu menghasilkan listrik, seperti pada malam hari atau ketika cuaca mendung. Kelebihan lain dari baterai adalah membuat tegangan yang disalurkan ke sistem menjadi lebih konsisten. Kapasitas penyimpanan energi pada baterai diukur dengan satuan *ampere hour* (Ah), yang menggambarkan arus maksimum yang dapat diberikan oleh baterai selama satu jam (Aita Diantari et al.,

2017). Dalam menentukan kapasitas baterai, perlu diperhatikan juga tegangan operasional yang akan dipakai.

$$\frac{KKKKKKKKssiiiKKss \cdot BBKKiBBBBKKi}{BB} = \dots$$

Keterangan K : Kebutuhan energi selama satu hari (Wh)
 B : Tegangan operasional baterai (V)

Kemudian, berdasarkan kapasitas baterai minimal tersebut, perhitungan untuk mendapatkan jumlah baterai yang akan digunakan dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{JJJJJJJKKh \cdot BBKKiBBBBKKi}{CC} = \dots$$

Keterangan A : Kapasitas Total Baterai (Ah)
 C : Kapasitas Satuan Baterai (Ah)

Solar Charge Controller (SCC)

Solar charge controller adalah perangkat yang dirancang untuk mengendalikan arus dan tegangan DC dari panel surya ke baterai, mencegah *overcharge*, dan fluktuasi tegangan yang dapat merusak baterai. SCC merupakan alat pengisian khusus yang digunakan untuk panel surya. Fungsinya adalah untuk menjaga agar baterai berfungsi dengan aman dan memiliki durabilitas tinggi. Dalam sistem *photovoltaic*, *solar charge controller* memegang peran krusial dalam mengatur proses pengisian dan memastikan tegangan pada baterai sesuai. Sel surya mengubah energi matahari menjadi listrik. Listrik yang dihasilkan kemudian disimpan pada baterai. Dengan bantuan *solar charge controller*, pengisian baterai dijaga agar tetap dalam kondisi yang optimal dan aman untuk baterai (Suparlan et al., 2019). Dalam menentukan SCC maka perlu memperhatikan kapasitas dari modul *photovoltaic* yang terpasang sehingga didapatkan spesifikasi SCC yang sesuai.



Inverter

Inverter merupakan alat yang berfungsi untuk mengonversi tegangan DC ke AC. Dengan kata lain, inverter menyalurkan tegangan dari sumber DC ke peralatan yang memerlukan tegangan AC. Sumber untuk inverter bisa berasal dari baterai, panel surya, atau sumber DC lainnya. Berdasarkan jenis gelombang yang dihasilkannya, inverter terbagi menjadi tiga tipe yaitu *square wave*, *modified sine wave*, dan *pure sine wave* (Hari Purwoto et al., n.d.). Inverter diperlukan karena beban berupa lampu menggunakan tegangan AC sedangkan tegangan keluaran dari modul *photovoltaic* berjenis DC. Dalam menentukan kapasitas inverter yang akan digunakan maka perlu mempertimbangkan kapasitas *photovoltaic* serta DC:AC ratio dari inverter

$$\frac{PPPP}{KKKKKKKssiiiKKss IIIIIIBBBBiiBBBB} = \frac{PPPP}{RR}$$

Keterangan PV : Kapasitas *photovoltaic* yang terpasang (WP)

R : DC AC Ratio

Efisiensi inverter juga dipertimbangkan dalam penentuan kapasitas inverter.

$$\frac{II}{KKKKKKKssiiiKKss IIIIIIBBBBiiBBBB} = \frac{II}{EEii}$$

Keterangan E : Kapasitas Inverter

(W) I : Efisiensi Inverter

(%)

Analisis Ekonomi

Dalam mengevaluasi penentuan pembangunan PLTS, dibutuhkan juga peninjauan dalam segi ekonomi dengan menghitung *Levelized Cost Of Electricity* (LCOE). LCOE merupakan total biaya yang dikeluarkan selama masa hidup dari suatu pembangkit listrik dan nilai total tersebut akan dibagi dengan total listrik yang dihasilkan selama masa hidupnya. Dalam menghitung total biaya yang dikeluarkan selama masa hidup pembangkit, terdapat dua parameter, yaitu *capital expenditure* (CAPEX) dan *operational expenditure* (OPEX). CAPEX merupakan istilah yang digunakan untuk merujuk pada pengeluaran modal dan investasi aset tetap seperti peralatan, bangunan, mesin, infrastruktur dan pengembangan teknologi. Dalam sistem PLTS, komponen yang termasuk CAPEX antara lain modul PV, inverter, penyimpanan energi biaya pekerjaan proyek dan biaya BoS (*balancing of system*) seperti pengkabelan, monitoring dan lain sebagainya. Dengan nilai CAPEX, analisis ekonomi dapat dilanjutkan untuk mengidentifikasi nilai balik modal, kelayakan, biaya penghematan, dan biaya pembangkitan. Nilai CAPEX pada tahun 2021 untuk PLTS skala besar dengan kapasitas 100 MW dan baterai 60 MW (240 MWh) dalam berkisar 170 juta hingga 195 juta (Ramasamy et al., 2022). Perhitungan LCOE bertujuan untuk mengetahui biaya unit energi selama durasi pemakaian alat tersebut, termasuk biaya operasi, biaya pembuatan, dan biaya kapital (Shen et al., 2020). LCOE dihitung dengan membagi biaya investasi dengan banyaknya waktu operasi dalam waktu tertentu sesuai dengan persamaan berikut:



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

$$LLCCLLEE = \frac{BBiKKyyKK \ iiIII BBssiiKKssii}{PPBBPPPPJJPPssii \ JjiissiiBBPP \ PPKKJJKKJJ} \\ wwKKPPiJJ \ iiBBB BiBBIIiJJ$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Kapasitas PV

Pada kebun buah naga mitra, peralatan yang akan disuplai oleh *photovoltaic* memiliki kebutuhan energi harian sebesar 750 Wh.

$$\text{Kapasitas PV} = \frac{750 \text{ Wh}}{4 \text{ h}} = 187.5 \text{ W}$$

Modul yang digunakan memiliki efisiensi sebesar 80%.

$$KKKKKKKKssiiiKKss \ PPPP = \frac{187.5 \text{ WW}}{80\%} = 234.375 \text{ WWPP}$$

Kapasitas minimal modul *photovoltaic* yang akan digunakan adalah 234.375 WP. Sehingga dipilih modul dengan kapasitas 400 WP.

Perhitungan Kapasitas Baterai

Baterai yang dipilih memiliki tegangan operasional sebesar 12 V sehingga dapat ditentukan kapasitas baterai minimal yang akan digunakan

$$KKKKKKKKssiiiKKss \ BBKKiiBBBBKKii = \frac{750 \text{ WWh}}{12 \text{ V}} = 62.5 \text{ AAh}$$

Pada kali ini dipilih baterai yang memiliki kapasitas satuan sebesar 35 Ah.

$$JJJJJJJKKh \ BBKKiiBBBBKKii = \frac{62.5 \text{ AAh}}{35 \text{ Ah}} = 1.785 \approx 2 \text{ bbKKiiBBBBKKii}$$

Dari kalkulasi tersebut didapatkan bahwa jumlah baterai yang digunakan adalah dua buah dengan kapasitas masing masing baterai sebesar 35 Ah.

Perhitungan Kapasitas Inverter

Inverter yang digunakan memiliki spesifikasi DC AC *ratio* sebesar 1.3 dengan modul *photovoltaic* terpasang sebesar 400 WP.

$$KKKKKKKKssiiiKKss \ IIIIIBBBBiBBBB = \frac{400 \text{ WWPP}}{1.3} = 307.70 \text{ WW}$$



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

1.3

Inverter yang dipilih memiliki efisiensi sebesar 90%

$$\frac{307.70 \text{ WW}}{90\%} = 341.89 \text{ WW}$$

Kapasitas minimal inverter yang diperlukan sebesar 341.89 W sehingga dipilih inverter dengan kapasitas 500 W.

Levelized Cost of Electricity (LCOE)

Berikut merupakan estimasi biaya dalam membuat PLTS *off-grid* dengan beban sebesar 75 W dan estimasi waktu penggunaan baterai 10 jam setiap harinya.

Tabel 4. Biaya komponen pendukung sistem PV

No	Item	Qty	Harga Satuan	Total
1	Kenika Solar Panel 400WP monocrystalline	1	Rp 2.600.000	Rp 2.600.000
2	Fort Power Inverter 500W 24V	1	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000
3	Solana VRLA Battery 12V 35Ah	2	Rp 2.100.000	Rp 4.200.000
4	Epever SCC MPPT 20 A	1	Rp 1.200.000	Rp 1.200.000
5	PV & BoS Mounting Customized	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
6	Panel Proteksi (MCB, Fuse, SPD, Timer, LVD, SSR, Duct, dll)	1	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
7	Kabel PV-1 1x4 mm @ 10m	1	Rp 300.000	Rp 300.000
8	Fondasi PV	1	Rp 300.000	Rp 300.000
Total				Rp 14.300.000

Dalam kasus ini, perkiraan umur alat adalah 20 tahun dengan pergantian baterai setiap 10 tahun (umur baterai adalah 10 tahun) sehingga biaya total alat menjadi bertambah sebanyak Rp4.200.000. Hasil akhir dari biaya investasi selama 20 tahun penggunaan adalah Rp18.500.000. Tahap selanjutnya yang harus diperhatikan adalah total energi yang dapat diberikan oleh rangkaian PV selama 20 tahun. Berdasarkan harga listrik per kWh April – Juni 2023, pelanggan rumah tangga daya 3.500 VA ke atas dikenai biaya sebesar Rp1.699,00 per kWh.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Tabel 5. Ringkasan terkait spesifikasi sistem

Keterangan	Diketahui
<i>Output</i> daya panel surya	307,7 Watt
Waktu <i>charge</i> baterai	4 jam
Umur ekonomi	20 tahun
Biaya investasi	Rp 18.500.000

Melalui data yang diketahui diatas, maka didapatkan besar LCOE sebesar:

$$LLCCLLEE = \frac{18.500.000}{2.063,72/PPWWkk 307,7W \times 4 \times 365 \times 20 \times 1000} = \text{Rp}$$

Dari hasil perhitungan tersebut, didapatkan bahwa harga listrik per kWh menggunakan PLTS yaitu sebesar

Rp2.063,72 per kWh. Harga tersebut masih diatas dari harga listrik PLN dengan selisih Rp364,72. Harga tersebut bisa lebih murah lagi apabila waktu investasi semakin lama serta diperkirakan ke depannya harga komponen semakin murah seiring perkembangan zaman.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah terciptanya Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang terintegrasi dengan battery storage system untuk lahan pertanian buah naga. Respon dari mitra dan warga Desa Sukorejo sangat positif terhadap kegiatan yang dilakukan. Para warga merasa terbantu dengan adanya teknologi ini yang tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan. Dengan adanya sistem ini, peningkatan efisiensi dalam kegiatan pertaniannya serta penghematan biaya energi karena beban lampu ditopang oleh sistem PLTS dapat tercapai. Selain itu, manfaat lain dari kegiatan ini adalah adanya edukasi kepada masyarakat Desa Sukorejo mengenai pentingnya pemanfaatan sumber daya energi baru terbarukan yang ramah lingkungan. LCOE dan perhitungan seberapa hemat yang dirasakan oleh pihak petani setelah ditambahkan sumber listrik selain dari PLN sebagai pengurang biaya listrik untuk beban lampu bisa dimanfaatkan sebagai langkah awal Desa Sukorejo untuk mulai beralih ke energi baru terbarukan kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

Aita Diantari, R., Widyastuti, C., & Elektro, T. (n.d.). STUDI PENYIMPANAN ENERGI PADA BATERAI PLTS (Vol. 9, Issue 2). BPS Provinsi Jawa Timur. (2023, March 21). BPS Provinsi Jawa



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

- Timur. <https://jatim.bps.go.id/statictable/2023/03/21/2594/produksi-buah-buahan-buah-naga-lemonlengkeng-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-tanaman-di-provinsi-jawa-timur-kwintal-2021-dan-2022.html> Hari Purwoto, B., Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif, E., Alimul, M. F., & Fahmi Huda, I.
- (n.d.). EFISIENSI PENGGUNAAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF.
- Hariyanto, B. (2016). Produktivitas Buah Naga (*Hylocereus polyrhizus*) di Lahan Marjinal. *Tanaman Tropika*, 371–379.
- Myori, D. E., Mukhaiyar, R., & Fitri, E. (2019). Sistem Tracking Cahaya Matahari pada Photovoltaic. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 19(1), 9–16. <https://doi.org/10.24036/invotek.v19i1.548>
- Pemkab Banyuwangi. (2022, February 19). Menjadi Pemasok Buah naga Terbesar Nasional, Banyuwangi Gelar festival Buah naga. kabarbanyuwangi.co.id. <https://kabarbanyuwangi.co.id/menjadi-pemasok-buah-nagaterbesar-nasional-banyuwangi-gelar-festival-buah-naga>
- Ramasamy, V., Zuboy, J., O’Shaughnessy, E., Feldman, D., Desai, J., Woodhouse, M., Basore, P., & Margolis, R. (2022). U.S. Solar Photovoltaic System and Energy Storage Cost Benchmarks, With Minimum Sustainable Price Analysis: Q1 2022.
- Shen, W., Chen, X., Qiu, J., Hayward, J. A., Sayeef, S., Osman, P., Meng, K., & Dong, Z. Y. (2020). A comprehensive review of variable renewable energy levelized cost of electricity. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 133). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110301>
- Silalahi, D. F., & Gunawan, D. (2022). Solar Energy Potentials and Opportunity of Floating Solar PV in Indonesia. In *Indonesia Post-Pandemic Outlook: Strategy towards Net-Zero Emissions by 2060 from the Renewables and Carbon-Neutral Energy Perspectives*. Penerbit BRIN. <https://doi.org/10.55981/brin.562.c5>
- Sudarto, J. H. (2018). ANALISIS PENGARUH INTENSITAS MATAHARI, SUHU PERMUKAAN & SUDUT PENGARAH TERHADAP KINERJA PANEL SURYA Suwarti dan Wahyono. In *EKSERGI Jurnal Teknik Energi* (Vol. 14, Issue 2). <http://www.polines.ac.id>,
- Suparlan, M., Sofijan, A., Akbar, M. B., Elektro, T., & Sriwijaya, U. (2019). PROTOTIPE BATTERY CHARGE CONTROLLER SOLAR HOME SYSTEM DI DESA ULAK KEMBAHANG 2 KECAMATAN PEMULUTAN BARAT KABUPATEN OGAN ILIR. In *Seminar Nasional AVoER XI*.
- Susanto, I. D., & Rondhi, M. (2020). *Journal of Communication and Agricultural Extension The Effect of Light*



Irradiation Innovation on Dragon Fruit Farming in Bulurejo Village Purwoharjo District Banyuwangi Regency. *Jurnal Kirana*, 1(2), 74–82. <https://doi.org/10.19184/jkr>

Tim Kontributor Banyuwangi, Imam Rosidin, & Teuku Muhammad Valdy Arief. (2021, August 11). *Cerita di Balik Sinar Terang Lampu Kebun Buah Naga*.

Viktor Fredy Abast, H. J. R. Sumarauw, & Jemmy Charles Kewas. (2022). ANALISA SUHU PERMUKAAN TERHADAP DAYA OUTPUT SOLAR CELL 10 WP TIPE MONOCRYSTALLINE. *Teknik Mesin*, 3, 1–8.

Yunus Khan, T. M., Soudagar, M. E. M., Kanchan, M., Afzal, A., Banapurmath, N. R., Akram, N., Mane, S. D., & Shahapurkar, K. (2020). Optimum location and influence of tilt angle on performance of solar PV panels. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 141(1), 511–532. <https://doi.org/10.1007/s10973-019-09089-5>



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.