

**NASKAH ORISINAL**

# Pemasangan PLTS Atap *On-Grid* sebagai Sumber Energi Listrik Tambahan untuk *Cold Storage* Hortikultura di Desa Pasirlangu

Sri Utami\* | Erwin Yusuf | Wildan Arasid | Sri Paryanto Mursid | Ridwan Nurdin | Musrinah

Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia

**Korespondensi**

\*Sri Utami, Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung, Indonesia. Alamat e-mail: [sri.utami@polban.ac.id](mailto:sri.utami@polban.ac.id)

**Alamat**

Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Teknik Mesin, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559, Indonesia.

**Abstrak**

Jumlah penggunaan energi matahari sebagai sumber konversi listrik berpotensi menjadi solusi bagi kebutuhan energi *Cold Storage* Desa Pasirlangu, Kecamatan Cisarua, Kabupaten Bandung Barat. Wilayah ini merupakan sentra hortikultura dataran tinggi dengan komoditas unggulan paprika dan buncis Kenya. Untuk menjaga kualitas hasil panen serta mengurangi *food loss*, petani memanfaatkan *cold storage* berkapasitas 2 ton yang beroperasi sepanjang hari. Namun, tingginya biaya listrik bulanan masih menjadi kendala utama. Penelitian ini menganalisis potensi penghematan energi listrik dan dampak lingkungan dari pemasangan sistem PLTS Atap *On-Grid* menggunakan lima panel *bifacial* 580 Wp dan *inverter* dengan *limiter* untuk mencegah ekspor energi ke jaringan PLN. Simulasi teknis dan analisis ekonomi menunjukkan sistem mampu menekan tagihan listrik hingga 22% per bulan serta menurunkan emisi karbon  $\pm 300$  kg/bulan. Meskipun belum mencukupi seluruh kebutuhan energi, integrasi PLTS dinilai memberikan solusi berkelanjutan bagi pertanian dataran tinggi dengan potensi energi matahari yang besar. Kegiatan perancangan sistem ditindaklanjuti dengan pemasangan sistem PLTS dengan kapasitas 2925 Wp di Koperasi Sobat Petani Lestari di Pasirlangu, Cisarua, Bandung Barat.

**Kata Kunci:**

Bifacial Panel, Cold Storage, Desa Pasirlangu, Hortikultura, Penghematan Energi, PLTS Atap.

## 1 | PENDAHULUAN

### 1.1 | Latar Belakang

Terletak di lereng Gunung Burangrang, Desa Pasirlangu dianugerahi keindahan alam serta kesejukan udara yang masih murni. Namun, potensi alam yang paling berharga dari perspektif kehidupan petani adalah kesuburan tanahnya. Tanah yang sangat subur ini menjadikan petani mampu menghasilkan beragam produk pertanian berupa sayur dan buah dengan kualitas tinggi.

Pada saat yang sama, kualitas yang baik juga diikuti dengan kuantitas hasil panen yang melimpah. Tabel 1 memperlihatkan jenis produk pertanian yang dihasilkan di Desa Pasirlangu.

**Tabel 1** Produk Pertanian Desa Pasirlangu

Jenis Produk	Keterangan
Paprika	Komoditas utama, dibudidayakan secara hidroponik dalam <i>greenhouse</i> . Terdapat paprika hijau, kuning, dan merah. Produksi bahkan mencapai pasar ekspor ke Singapura.
Buncis Kenya	Varietas buncis unggulan, cocok untuk dataran tinggi dan pasar ekspor.
Bunga potong	Seperti krisan, mawar, dan gladiol. Banyak digunakan untuk dekorasi serta pasar <i>florist</i> .
Sayur mayur	Seperti selada, sawi, kol, tomat, dan cabai. Ditanam secara konvensional maupun hidroponik.
Waluh (lejet)	Jenis labu lokal yang juga menjadi sumber pangan dan bahan olahan tradisional.

Banyaknya jumlah petani yang aktif berproduksi mendorong mereka untuk berkelompok membentuk koperasi. Salah satu koperasi petani yang dikenal di Desa Pasirlangu adalah Koperasi Konsumen Sobat Petani Lestari (KSPL). Pembentukan koperasi ini menjadikan para petani mengelola sumber daya secara bersama, sehingga lebih efisien dalam berproduksi. Salah satu anggota koperasi yaitu Mizan Farm, memiliki fasilitas *Cold Storage* yang digunakan sebagai objek penelitian.

Beragam produk Desa Pasirlangu salah satu unggulannya adalah paprika berkualitas ekspor, dengan produksi mencapai 60 ton per bulan. Komoditas lain seperti buncis Kenya dan bunga potong juga menjadi sumber pendapatan utama petani<sup>[1][2]</sup>. Produksi yang melimpah ini menimbulkan tantangan tersendiri dalam pemasaran. Tidak semua produk paprika dapat langsung terjual dan terserap pasar pada hari yang sama saat dipanen. Produk yang tidak terserap akan berisiko menjadi *food loss*, sehingga mengurangi keuntungan petani. Untuk mengatasinya, Mizan Farm memanfaatkan fasilitas *Cold Storage* guna menjaga kualitas pascapanen dan meminimalkan *food loss*.

**Tabel 2** Produk Pertanian Desa Pasirlangu

Jenis Paprika	Suhu Penyimpanan	Metode Penyimpanan	Estimasi Ketahanan
Paprika utuh segar	4–7°C ( <i>chiller</i> )	Dalam kantong plastik kering	5–7 hari (merah/kuning), hingga 10 hari (hijau)
Paprika potong	≤4°C ( <i>chiller</i> )	Wadah kedap udara	2–3 hari
Paprika beku	≤–18°C ( <i>freezer</i> )	Dibekukan setelah dipotong	Hingga 6 bulan

Untuk *cold storage* pertanian, biasanya digunakan suhu antara 0–5 °C, yang sesuai untuk memperpanjang kesegaran paprika utuh. *Cold Storage* yang digunakan oleh Mizan Farm berkapasitas 2 ton dan selama ini dioperasikan menggunakan daya listrik dari PLN (Perusahaan Listrik Negara). Konsumsi listriknya yang relatif tinggi berdampak pada tagihan bulanan yang juga besar, berkisar antara Rp 2,5–3,5 juta, tergantung intensitas panen. Biaya operasional *cold storage* yang tinggi tentu mengurangi keuntungan petani.

PLTS Atap menjadi solusi potensial untuk mengurangi beban biaya listrik. Sistem yang dipilih adalah *On-Grid*, pada sistem ini energi listrik yang dihasilkan oleh PLTS Atap disinkronkan dengan parameter listrik PLN. Selain itu, energi listrik dari PLTS Atap dapat mengalir juga ke jaringan PLN (Proses ekspor). Proses ekspor ini terjadi saat produksi energi melebihi kebutuhan daya listrik *Cold Storage*, misalnya ketika *Cold Storage* dalam kondisi *stand by* pada siang hari. Namun, sesuai dengan Permen ESDM No. 2 Tahun 2024<sup>[3]</sup>, ekspor energi ke jaringan PLN tidak diperbolehkan. Oleh karena itu, sistem PLTS harus dilengkapi *limiter* agar energi hanya digunakan untuk beban lokal.

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Menghitung potensi penghematan biaya listrik PLN pada *Cold Storage* melalui pemasangan PLTS Atap sebagai sumber energi listrik komplemen.
2. Menilai dampak lingkungan dari penggunaan energi bersih.
3. Menganalisis kebutuhan sistem jika seluruh energi *Cold Storage* dicatu oleh PLTS.

## 1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Permasalahan utama yang dihadapi mitra, yaitu tingginya biaya listrik untuk mengoperasikan *cold storage* berkapasitas 2 ton, mendorong perlunya solusi energi alternatif yang lebih efisien dan berkelanjutan. *Cold storage* ini sangat penting untuk menjaga kualitas hasil panen hortikultura, khususnya paprika dan buncis Kenya, agar terhindar dari *food loss*. Strategi kegiatan yang ditawarkan adalah pemasangan sistem PLTS Atap *On-Grid* dengan panel surya *bifacial* 580 Wp dan *inverter* berfitur *limiter*. Sistem ini dipilih karena sesuai dengan regulasi terbaru yang melarang ekspor energi ke jaringan PLN, sekaligus mampu menyinkronkan daya dengan beban lokal *cold storage*. Melalui pendekatan ini, diharapkan biaya listrik dapat ditekan, emisi karbon berkurang, serta terwujud sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berdaya saing tinggi.

## 1.3 | Target Luaran

Luaran dari kegiatan pengabdian masyarakat ini difokuskan pada dua aspek utama, yaitu teknis dan manfaat sosial-ekonomi. Dari sisi teknis, luaran berupa sistem PLTS Atap *On-Grid* yang terpasang dan berfungsi pada fasilitas *cold storage* mitra, dengan kapasitas awal 2,9 kWp. Sistem ini ditargetkan mampu menekan konsumsi listrik PLN sebesar  $\pm 22\%$  per bulan atau setara dengan penghematan biaya sekitar Rp530.000, serta menurunkan emisi karbon sekitar 300 kg/bulan. Dari sisi manfaat, kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional koperasi petani, menjaga kualitas produk hortikultura lebih lama, serta menjadi model penerapan energi terbarukan di sektor pertanian dataran tinggi. Selain itu, luaran kegiatan juga mencakup publikasi ilmiah pada jurnal pengabdian masyarakat sebagai bentuk diseminasi pengetahuan.

## 2 | TINJAUAN PUSTAKA

Produk pertanian dari Pasirlangu, khususnya paprika, telah diekspor ke Singapura dan dikenal memiliki kualitas premium. Kemampuan menghasilkan paprika berkualitas premium ini selain didukung oleh kesuburan alam juga diperkuat dengan penerapan sistem budidaya hidroponik dalam *greenhouse* yang mendukung produktivitas tinggi<sup>[2]</sup>. Dengan hasil panen paprika yang berlimpah, *cold storage* menjadi kunci dalam menjaga kesegaran dan mengurangi *food loss*, dikarenakan tidak semua hasil panen dapat terserap pasar di hari yang sama.

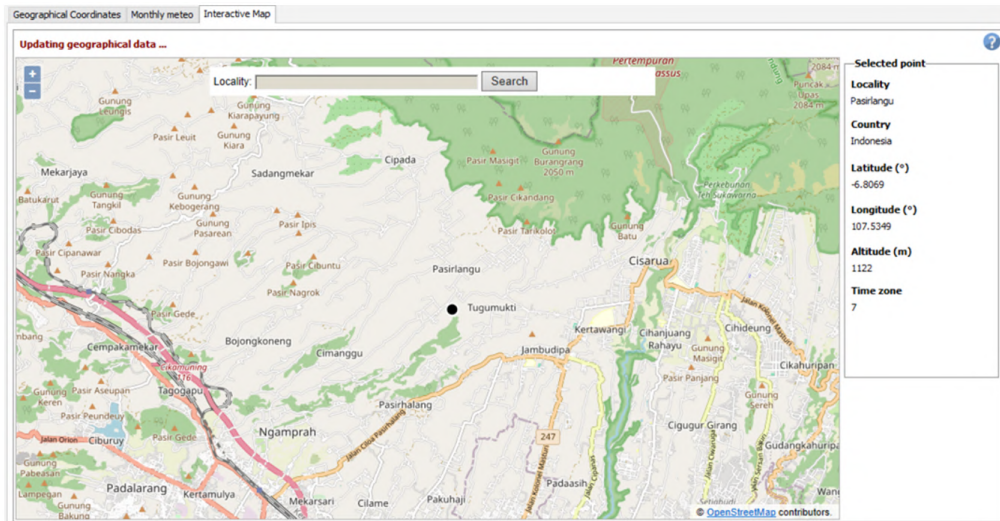
*Cold storage* berperan penting dalam menjaga kualitas hortikultura dan mengurangi *food loss* hingga 40%<sup>[4]</sup>. Studi oleh Setiawan *et al.* menunjukkan bahwa *cold storage* berbasis energi surya dapat menghemat biaya operasional dan mendukung ketahanan pangan<sup>[5]</sup>. Pengoperasian *cold storage* sejauh ini menggunakan listrik dari PLN dengan tagihan yang relatif besar. Untuk mengurangi tagihan maka dipasang PLTS Atap *On-Grid*, dimana pada sistem ini terhubung ke jaringan PLN, namun dilengkapi *limiter* agar energi tidak diekspor.

Komponen utama PLTS Atap adalah panel PV, yang mengubah energi surya menjadi listrik DC. Pemilihan PV yang tepat sangat menentukan efisiensi konversi yang optimal, oleh karena itu dipilih panel *bifacial* 580 Wp yang mampu menangkap pancaran sinar matahari dari permukaan atas maupun dari bawah panel<sup>[6], [7]</sup>, dan menunjukkan peningkatan *output* hingga 21% dalam kondisi optimal<sup>[8]</sup>. Studi lain oleh AL-Zoubi *et al.* menekankan efektivitas panel *bifacial* dalam instalasi vertikal di lingkungan tropis<sup>[8]</sup>.

Agar tidak terjadi ekspor energi listrik dari PLTS Atap ke PLN saat *cold storage* dalam kondisi *stand by*, digunakan *inverter* dengan *limiter* sebagai pembatas aliran energi dari PLTS ke PLN. *Inverter* dengan *limiter* mencegah aliran balik ke jaringan, maka sistem ini sejalan dengan regulasi terbaru Indonesia. Studi Trommsdorff *et al.* dan Zahrawi *et al.* menekankan pentingnya integrasi energi surya dalam sistem agrivoltaik untuk efisiensi lahan dan energi<sup>[9–11]</sup>.

*Cold storage* berkapasitas 2 ton umumnya membutuhkan daya sekitar 2000–2500 watt, dengan tegangan kerja 230 V dan arus 12,2 A<sup>[8]</sup>. Penggunaan energi surya dalam pertanian terbukti mengurangi emisi karbon sekaligus meningkatkan efisiensi operasional<sup>[10]</sup>. Dari sisi lingkungan, Lakhout *et al.* menunjukkan bahwa penggunaan PV dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> secara signifikan, sehingga mendukung transisi menuju energi bersih<sup>[12]</sup>

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemasangan PLTS Atap yang tepat agar mampu memberikan substitusi energi optimum ke *Cold storage* dimulai dengan melakukan identifikasi potensi energi melalui situs *Photovoltaic Geographical Information System* (PVGIS Interactive Map). Peta Desa Pasirlangu merupakan lokasi yang dipilih untuk melakukan penelitian diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi Desa Pasirlangu.

Site <b>Pasirlangu (Indonesia)</b>						
Data source <b>Pasirlangu_MN80.SIT -- Meteonom 8.0 (2010-2014), Sat=100%</b>						
	Global horizontal irradiation	Horizontal diffuse irradiation	Temperature	Wind Velocity	Linke turbidity	Relative humidity
	kWh/m <sup>2</sup> /day	kWh/m <sup>2</sup> /day	°C	m/s	[-]	%
January	4.43	2.61	17.2	1.20	3.580	86.1
February	5.32	2.56	17.0	1.09	3.738	88.4
March	4.60	2.31	17.7	0.98	3.834	85.5
April	5.06	2.16	17.9	0.89	4.052	86.3
May	4.83	2.36	18.5	0.90	3.954	82.4
June	4.83	1.99	17.9	1.01	3.958	81.5
July	5.11	1.83	17.8	1.08	3.939	79.6
August	5.38	2.17	17.9	1.21	4.196	76.9
September	5.72	2.19	17.7	1.20	4.329	78.6
October	5.71	2.65	18.3	0.99	5.147	79.6
November	4.82	2.48	17.6	0.89	5.188	85.7
December	4.68	2.56	17.6	1.00	4.105	85.2
<b>Year</b>	<b>5.04</b>	<b>2.32</b>	<b>17.7</b>	<b>1.0</b>	<b>4.168</b>	<b>83.0</b>
Global horizontal irradiation year-to-year variability 5.5%						

Gambar 2 Data Intensitas Energi Matahari di Desa Pasirlangu.

Pada Gambar 1 memperlihatkan lokasi Desa Pasirlangu ada di *Latitude*  $-6.8069^\circ$ , *Longitude*  $107.5349^\circ$  dan *Altitude* 1.122 m di atas permukaan laut. Posisi ini memberikan intensitas energi matahari rata-rata kisaran  $5,04 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$  untuk *Global horizontal irradiation*. Data intensitas energi matahari di Desa Pasirlangu diperlihatkan pada Gambar 2. Data ini diperoleh dari sumber Meteonorm pada *software* PV Syst.

Berdasarkan data intensitas energi matahari, dilakukan pengkajian kelayakan potensi energi surya untuk merancang sistem PLTS Atap yang optimum<sup>[13]</sup> pada potensi energi pada situs, dipilih spesifikasi perangkat untuk membangun PLTS Atap, kemudian dianalisis dampak lingkungannya serta aspek keekonomiannya.

## 2.1 | Potensi Energi Di Situs

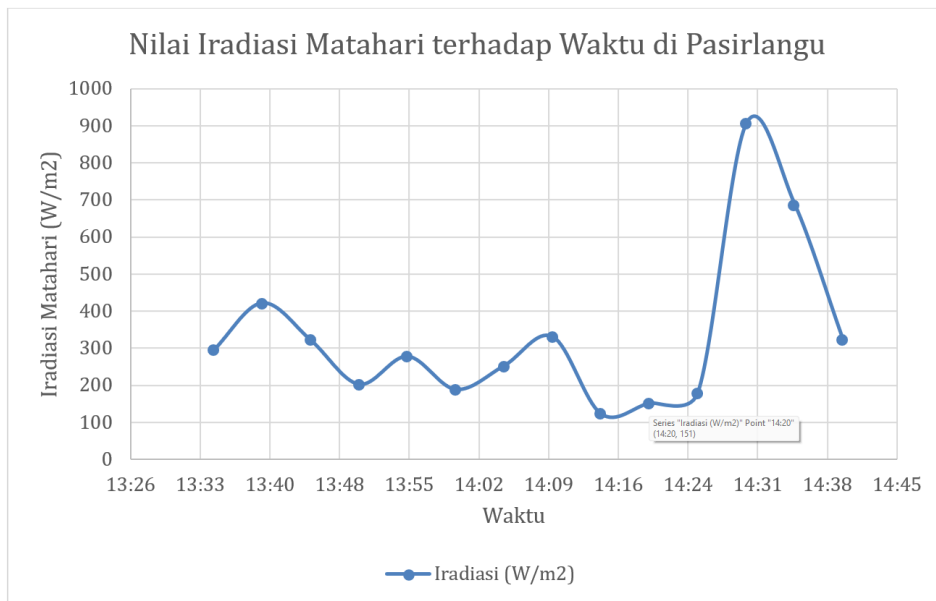
Berdasarkan pada data intensitas energi matahari pada Gambar 3 diketahui bahwa *Global Horizontal Irradiation* (GHI) adalah  $5,05 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$ . Sedangkan dari Misan Farm meminta untuk memasang PLTS Atap di gudang penyimpanan sayurannya dengan luas atap Aroof =  $7.1 \times 12.3 = 87,33 \text{ m}^2$ . Dengan demikian dapat dihitung potensi energi yang tersedia setiap bulannya adalah:

$$\begin{aligned} E_m &= GHI \times A_{roof} \times 30 \\ E_m &= 5,05 \times 87,33 \times 30 \\ E_m &= 13.151,9 \text{ kWh per bulan} \end{aligned} \quad (1)$$

Dimana:

$E_m$  = Energi matahari yang dihasilkan setiap bulan.

Apabila konversi energi matahari oleh sistem PLTS Atap dengan efisiensi diasumsikan 22% sesuai dengan *datasheet* dari panel *bifacial monocrystalline*<sup>[14]</sup>, maka akan ada potensi energi listrik sebesar  $E_{\text{pes}} = 13.151,9 \times 22\% = 2.893,42 \text{ kWh}$  per bulan. Potensi ini lebih dari cukup untuk mendayai seluruh kebutuhan energi *Cold Storage* yang dioperasikan 24 jam penuh dalam sebulan.

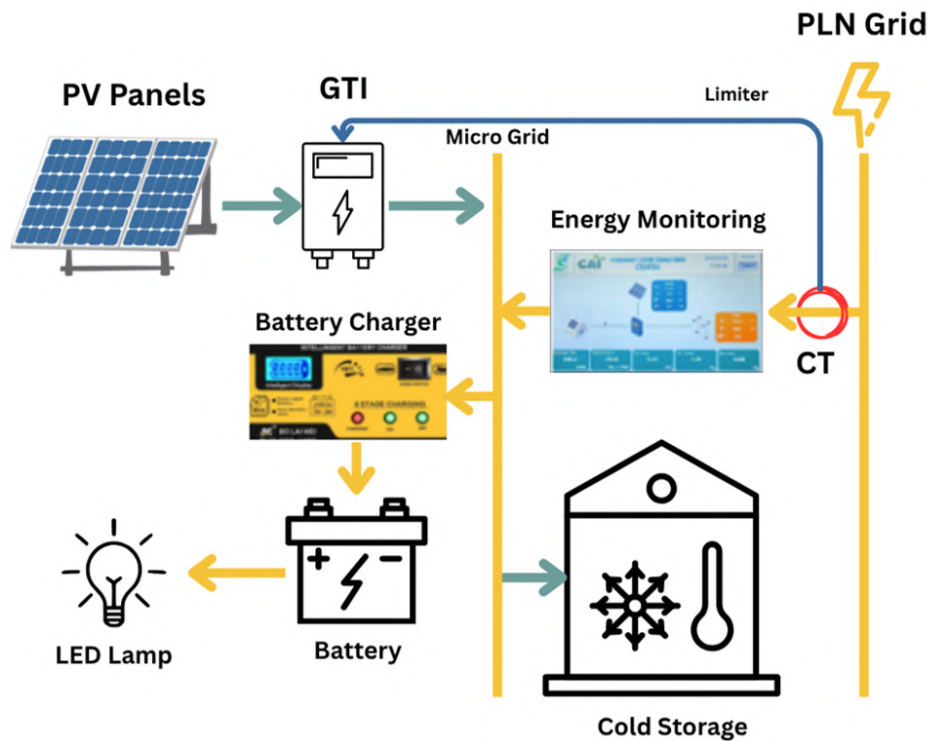


**Gambar 3** Data Real Intensitas Energi Matahari di Desa Pasirlangu (07 Agustus 2025).

Data grafik mendukung bahwa pada 7 Agustus 2025, iradiasi matahari cukup tinggi (mencapai  $1000 \text{ W/m}^2$ ), yang mengindikasikan bahwa asumsi GHI  $5,05 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$  realistis untuk lokasi tersebut.

## 2.2 | Spesifikasi Sistem PLTS Atap

Sistem PLTS Atap *On-Grid* dipilih untuk dipasang di gudang Mizan Farm dengan diagram diperlihatkan pada Gambar 4 berikut ini:



**Gambar 4** Diagram Sistem PLTS Atap *On-Grid* yang terpasang.

Sistem ini dipilih karena efisiensinya tinggi, tidak memerlukan baterai penyimpanan, dan sesuai dengan infrastruktur jaringan listrik yang ada, sehingga mampu menghasilkan energi listrik secara optimal dengan kehilangan daya yang minimal sepanjang tahun<sup>[15]</sup>. Spesifikasi peralatan yang dipasang adalah sebagai berikut:

- PV Array (Panel surya): 5 unit *bifacial* 580 Wp (total 2.9 kWp)
- Inverter: 3 kW dengan *limiter* (*zero export*)
- Tegangan kerja: 230 V, 1 fase
- User Load (*Cold storage*): 2 ton, konsumsi daya  $\pm 2.5$  kW, beroperasi 24 jam

Bila *Cold storage* beroperasi sebulan penuh, maka diperlukan energi listrik sebesar:

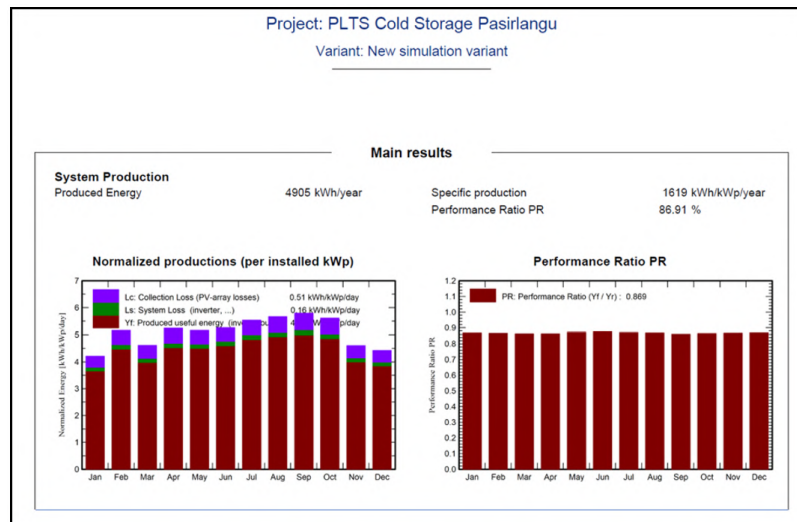
$$EC_{Strg} = 2,5 \times 24 \times 30 = 1.800 \text{ kWh/bulan.}$$

## 2.3 | Simulasi Energi

Simulasi dilakukan menggunakan PV Syst dengan data iradiasi lokal  $\sim 5.2$  kWh/m<sup>2</sup>/hari sesuai dengan rata-rata pengambilan data *real* pada tanggal 07 Agustus 2025. Analisis mencakup produksi energi harian, efisiensi sistem, dan potensi penghematan<sup>[16]</sup>. Gambar 5 berikut ini memperlihatkan kinerja PLTS Atap yang dipasang disimulasikan dengan PV Syst.

Hasil simulasi dari sistem PLTS Atap yang dirancang memperlihatkan bahwa PR (*Performance Ratio*) diperoleh sebesar 0,889, angka ini masuk kategori sangat baik. Terlihat juga bahwa rugi rugi sangat kecil baik rugi-rugi pada PV maupun pada sistem.





**Gambar 5** Performance Ratio (PR) PLTS Atap (Gambar hasil simulasi).

## 2.4 | Analisis Ekonomi

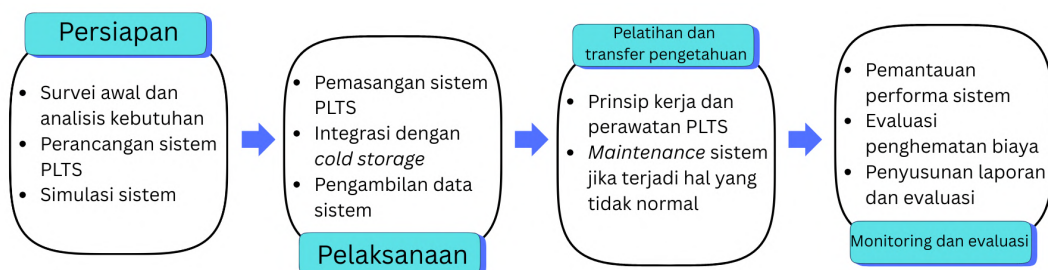
Simulasi Aspek ekonomi dari pemasangan PLTS Atap pada *Cold Storage* milik Mizan Farm dianalisa berdasarkan data tarif yang berlaku pada saat penelitian ini dibuat. Analisa keekonomian dimaksudkan untuk melihat keuntungan pengoperasian *cold storage* yang telah dipasang PLTS Atap<sup>[17]</sup>.

- Tarif listrik: Rp 1.320/kWh
- Tagihan bulanan: Rp 2.5–3.5 juta
- Perhitungan penghematan berdasarkan energi yang dihasilkan PLTS dan dikonsumsi langsung

Analisis ekonomi dilakukan untuk daya terpasang PLTS Atap sebesar 2.900 Watt. Artinya energi yang dihasilkan oleh PLTS hanya menggantikan sebagian energi listrik PLN yang dipergunakan untuk mengoperasikan *Cold Storage*. Keterbatasan daya terpasang pada PLTS Atap dikarenakan keterbatasan dana, namun demikian hasil dari analisis dapat dipergunakan untuk menghitung investasi jika diinginkan seluruh kebutuhan energi *Cold Storage* dicatu PLTS Atap.

## 3 | METODE KEGIATAN

Program pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan di Koperasi Konsumen Sobat Petani Lestari di Desa Pasirlangu, Cisarua, Bandung Barat. Kegiatan dilakukan melalui beberapa tahapan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 6.



**Gambar 6** Tahapan Kegiatan PKM.

Melakukan identifikasi kebutuhan energi listrik *cold storage* hortikultura (daya, durasi operasi, pola konsumsi). Mengukur potensi radiasi matahari lokal dan kondisi atap bangunan yang akan dipasang PLTS. Melakukan analisis kelayakan teknis dan ekonomis sistem PLTS *on-grid*, termasuk estimasi kapasitas sistem dan efisiensi energi. Perancangan sistem dilakukan dengan menentukan kapasitas sistem PLTS berdasarkan kebutuhan beban *cold storage* (misalnya 2,9 kWp untuk beban 2,5 kW). Mendesain sistem kelistrikan yang meliputi: konfigurasi panel surya *monocrystalline bifacial*, pemilihan *inverter grid-tie*, perangkat proteksi dan sistem *monitoring (smart meter)*. Dalam tahapan ini juga menyiapkan rancangan *layout* pemasangan atap sesuai arah dan kemiringan optimal.



**Gambar 7** Persiapan dan pengecekan sistem PLTS.

Dalam tahapan pelaksanaan ini dilakukan pengadaan komponen utama (panel surya, *inverter*, *mounting structure*, kabel, MCB, AC/DC *combiner box*, dan alat ukur), melaksanakan proses instalasi PLTS atap dengan memperhatikan standar keselamatan kerja (K3) dan ketentuan PLN terkait sistem interkoneksi *on-grid*, dan dilakukan uji fungsi sistem dan kalibrasi *inverter* untuk memastikan daya *output* sesuai spesifikasi desain.

Selanjutnya dilakukan integrasi dengan *cold storage* dengan menghubungkan sistem PLTS *on-grid* ke panel distribusi utama *cold storage*, melakukan pengaturan sistem agar prioritas konsumsi berasal dari energi surya, dengan cadangan daya dari PLN, dan menguji kinerja sistem selama jam puncak beban pendinginan.



**Gambar 8** Pelaksanaan pemasangan sistem PLTS di Koperasi Konsumen Sobat Petani Lestari.



### 3.1 | Tahap Pelatihan dan Transfer Pengetahuan

Tahapan pelatihan dan transfer pengetahuan dilakukan dengan menyelenggarakan pelatihan kepada anggota koperasi atau kelompok tani terkait: prinsip kerja dan perawatan sistem PLTS, pembacaan data kinerja energi (energi harian, penghematan,  $\text{CO}_2$  reduction), dan strategi efisiensi energi untuk sistem *cold storage*. Sebelum kegiatan tersebut dilaksanakan, dilakukan penyusunan modul pelatihan praktis dan panduan operasional sistem PLTS *on-grid*.



**Gambar 9** Pelatihan operasional dan *maintenance* sistem PLTS.

### 3.2 | Tahap Monitoring dan Evaluasi

Tahapan *monitoring* dan evaluasi dilaksanakan dengan melakukan pemantauan performa sistem selama 3–6 bulan pertama, energi harian, dan penurunan beban PLN. Selain itu juga dilakukan evaluasi penghematan biaya listrik dengan adanya sistem PLTS yang terpasang. Kegiatan akan dilaporkan dengan menyusun laporan evaluasi dan rekomendasi peningkatan sistem.

## 4 | HASIL DAN DISKUSI

Simulasikan sistem PLTS dengan konfigurasi baru:

- Jenis panel: *Bifacial* 580 Wp
- Jumlah panel: 5 unit
- Total kapasitas: 2.9 kWp
- Lokasi: Pasirlangu, Bandung
- Orientasi: *Tilt* 12°, *Azimuth* 0° (menghadap utara)
- Jenis sistem: *Hybrid* (dengan baterai opsional)

#### (a) Keunggulan Panel *Bifacial*

- Menangkap sinar dari dua sisi: depan dan belakang
- Sesuai untuk area dengan reflektivitas tinggi (misalnya lantai keramik, beton putih, atau rumput sintetis)
- Potensi *gain* tambahan: 5–20% tergantung kondisi permukaan dan jarak ke tanah.

#### (b) Estimasi Produksi Energi Tahunan (PV Syst)

**Tabel 3** Estimasi Produksi Energi Tahunan (PV Syst)

Parameter	Nilai Simulasi (Estimasi)
Kapasitas system	2.9 kWp
Irradiance rata-rata	~5.2 kWh/m <sup>2</sup> /hari
<i>Bifacial gain</i>	~10% (konservatif, bisa lebih tinggi)
Produksi tahunan	± 4,900 kWh/tahun
Produksi harian rata-rata	± 13.4 kWh/hari

\* Jika permukaan di bawah panel sangat reflektif, produksi bisa naik hingga 5,300 kWh/tahun.

### (c) Konfigurasi Sistem

**Tabel 4** Estimasi Produksi Energi Tahunan (PV Syst)

Komponen	Spesifikasi Rekomendasi
Panel Surya	5 x 580 Wp <i>bifacial</i> , total 2.9 kWp
<i>Inverter Hybrid</i>	3 kW, MPPT <i>dual input</i> , <i>WiFi monitoring</i>
Baterai (opsional)	5 kWh LiFePO <sub>4</sub>
<i>Mounting</i>	<i>Elevated rack</i> , jarak ke tanah ±0.5 m
Permukaan bawah	Keramik putih / pasir reflektif

\* Jika permukaan di bawah panel sangat reflektif, produksi bisa naik hingga 5,300 kWh/tahun.

### (d) *Layout Panel (Top View) Code*

```
+-----+
| [P1] [P2] [P3] [P4] [P5] |    ← Baris tunggal
+-----+
```

- Panel dipasang berjajar horizontal
- Jarak antar panel: 20 cm
- Jarak ke atap: 50–60 cm untuk optimalkan refleksi

Gambar 10. Memperlihatkan penampakan panel PV yang diinstalasi di atap gudang *Cold Storage*<sup>[18]</sup>. Panel yang dipasang sebanyak 5 panel PV terhubung seri secara listrik.

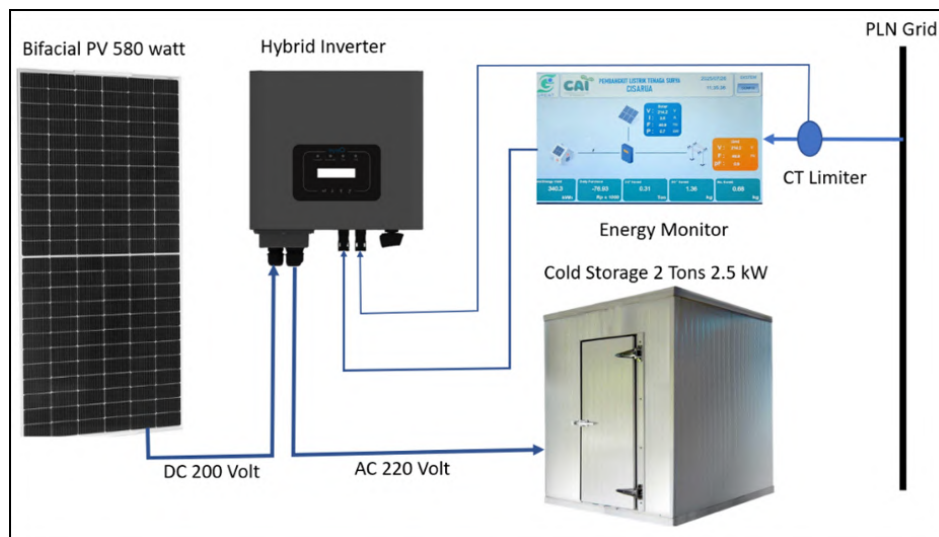
### (e) *Wiring Diagram (Simplified)*

Konfigurasi dari aliran energi PLTS Atap ke *Cold Storage* diperlihatkan pada Gambar 11.

Energi listrik yang dihasilkan dari PV *bifacial* disinkronkan dengan energi listrik PLN melalui *Energy Monitor* dan digabungkan serta diproses pada *Hybrid Inverter* sebelum selanjutnya dicatukan ke *Cold Storage*<sup>[19]</sup>. Pemasangan CT (*current Transformer*) akan memblokir kelebihan energi dari PV mengalir ke PLN *Grid*. Sehingga tidak terjadi proses impor, ini sesuai dengan regulasi PLN Indonesia saat ini.



**Gambar 10** Instalasi Panel PV *Bifacial* di Atap Gudang *Cold Storage*.



**Gambar 11** Wiring Diagram System.

## 4.1 | Penghematan Biaya

Dengan menggunakan data rancangan PLTS Atap dan disimulasikan menggunakan PV Syst diperoleh hasil perhitungan yang sesuai dengan data dilapangan.

### (a) Profil Beban *Cold Storage*

- Daya: 2.5 kW
- Durasi operasi: 24 jam/hari
- Energi harian:  $2.5 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} = 60 \text{ kWh/hari}$
- Energi bulanan:  $60 \text{ kWh/hari} \times 30 \text{ hari} = 1.800 \text{ kWh/bulan}$

### (b) Produksi Energi PLTS *Bifacial*

- Kapasitas sistem: 2.9 kWp
- Produksi harian (estimasi):  $\pm 13.4 \text{ kWh}$
- Produksi bulanan:  $13.4 \text{ kWh/hari} \times 30 = 402 \text{ kWh/bulan}$

Ini diasumsikan sistem beroperasi optimal dengan *bifacial gain*  $\pm 10\%$  dan tidak ada *shading* signifikan.

### (c) Penghematan Ekonomi

- Energi yang digantikan oleh PLTS: 402 kWh/bulan
- Tarif listrik : Rp 1.320/kWh
- Total penghematan :  $402 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1,320 = \text{Rp } 530,640/\text{bulan}$

### (d) Persentase Penggantian Energi

- PLTS menggantikan:  $\frac{402}{1.800} \times 100\% \approx 22.3\%$

Artinya, sistem PLTS *bifacial* 2.9 kWp dapat mengurangi tagihan listrik *cold storage* sekitar 22% per bulan.

## 4.2 | Dampak Lingkungan

- Pengurangan emisi CO<sub>2</sub>:  $\pm 300 \text{ kg/bulan}$
- Kontribusi terhadap pertanian ramah lingkungan dan pengurangan jejak karbon

## 4.3 | Skenario *Full Supply*

Jika seluruh kebutuhan *cold storage* dicatu oleh PLTS:

- Dibutuhkan kapasitas  $\approx 5.5 \text{ kWp}$
- Penambahan baterai 48V 200Ah untuk *back up* malam hari
- Perlu *inverter hybrid* dan sistem *monitoring*.

## 4.4 | Evaluasi

Evaluasi dilakukan dengan wawancara yang dilakukan dengan mitra dan diperoleh bahwa terdapat penurunan pembayaran listrik bulanan sebesar Rp 500.000-an terhitung setelah pemasangan sistem PLTS di Koperasi Konsumen Sobat Petani Lestari. Hal ini sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan ketika perancangan sistem PLTS.

## 5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Pemasangan PLTS Atap *On-Grid* dengan panel *bifacial* dan *inverter limiter* pada *Cold Storage* milik Mizan Farm di Desa Pasirlangu terbukti mampu mengurangi tagihan listrik *cold storage* secara signifikan. Penghematan sebesar Rp530,640/bulan atau mengurangi tagihan listrik *cold storage* sekitar 22% per bulan. Meskipun kapasitas saat ini belum mencukupi seluruh kebutuhan, sistem ini memberikan dampak positif terhadap lingkungan dan efisiensi energi. Dari sisi lingkungan dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebesar  $\pm 300$  kg/bulan. Untuk mencatu penuh *cold storage*, diperlukan penambahan kapasitas dan sistem penyimpanan energi. Studi ini mendukung adopsi energi terbarukan di sektor pertanian dataran tinggi. Penghematan 22% per bulan dari total biaya listrik *cold storage* dianggap berarti secara ekonomi karena menurunkan biaya operasional energi secara konsisten. Dalam konteks sistem pendingin hortikultura, efisiensi biaya di atas 10% sudah dianggap berdampak terhadap *cash flow* koperasi/kelompok tani.

## 6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi, serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Politeknik Negeri Bandung dan Fakultas Konversi Energi Politeknik Negeri Bandung.

## Referensi

1. Keren, Petani di Kabupaten Bandung Barat Mampu Produksi Paprika Kelas Dunia; 2019. <https://trubus.id/petani-di-kabupaten-bandung-barat-mampu-produksi-paprika-kelas-dunia/>. Trubus ID.
2. Dias A, Desa Pasirlangu Cisarua dengan Problematikanya; 2020. <https://www.kompasiana.com/alldias8826/5efc583ed541df6b5f450f33/desa-pasirlangu-cisarua-dengan-problematikanya>. Kompasiana.
3. Kementerian ESDM. Peraturan Menteri ESDM No. 2 Tahun 2024 tentang PLTS Atap. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia; 2024.
4. Pramuda M, Sirodz N, Balqis L. Perancangan Cold Storage Untuk Sayuran Buncis Dengan Kapasitas 10 Ton (Studi Kasus Di Lembang, Jawa Barat). Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan 2021;7(7):553–561.
5. Setiawan EA, Thalib H, Maarif S. Techno-economic analysis of solar photovoltaic system for fishery cold storage based on ownership models and regulatory boundaries in indonesia. Processes 2021;9(11):1973.
6. Liang J, Du W, Wang D, Yuan X, Liu M, Niu K. Analysis of the Refrigeration Performance of the Refrigerated Warehouse with Ice Thermal Energy Storage Driven Directly by Variable Photovoltaic Capacity. International Journal of Photoenergy 2022;2022:3441926.
7. Aasim A, Azooz ZTA. Modeling analysis of bifacial photovoltaic panels performance. Journal of Renewable and Sustainable Energy 2025;17(1):012901.
8. Al-Gailani BBEK, Al-Gailani HSBAS, Al-Gailani SA, Ismaeel AGT. Bifacial photovoltaic panels in residential settings. International Journal of Low-Carbon Technologies 2024;19:254–268.
9. Zahrawi AA, Aly AM. A Review of Agrivoltaic Systems: Addressing Challenges and Enhancing Sustainability. Sustainability (Switzerland) 2024;16(18):8271.
10. Van Ho T, Al-Gailani BHKPHSBAS, Al-Gailani SA, Ismaeel AGT, Al-Aboosi YY, Al-Aboosi BA. Dual land use for agriculture and solar power production: Overview and performance of agrivoltaic systems. Results in Engineering 2023;19:101257.
11. Ketviriyakit C, Ruekkasaem L, Saipattalung K, Aungkulanon P. Economic Feasibility Assessment of Solar Photovoltaic Rooftop Installation for Buildings in Northern Thailand. SSRG International Journal of Electrical and Electronics



Engineering 2025;12(1):176–184.

12. Lakhouit A, Alhathloul N, El Mokhi C, Hachimi H. Assessing the Environmental Impact of PV Emissions and Sustainability Challenges. *Sustainability (Switzerland)* 2025;17(7):2842.
13. Shaik F, Lingala SS, Veeraboina P. Effect of various parameters on the performance of solar PV power plant: a review and the experimental study. *Sustainable Energy Research* 2023;1(1):7.
14. Elmark Holding SE, N-Type Mono-Crystalline Bifacial Solar Module 580w; 2023. Product Datasheet. <https://elmarkholding.eu/wp-content/uploads/2023/10/ELM-580W-BIFACIAL-N-TYPE-1.pdf>.
15. Alrashdan MHS, Alflahat EN, Saeed MO, Altahhan HMK, Kreishan SM. Modelling and Simulation of PV ON Grid System Producing 10kwh in Ma'an Development Area Using PVSYST Software. *International Journal of Engineering, Business and Management (IJEEM)* 2024;8(5):31–37.
16. Ukoima KN. Design and performance analysis of a solar photovoltaic system for a rural community in rivers state, Nigeria. *Scientific Reports* 2025;15(1):664.
17. Setiawan EA, Thalib H, Maarif S. Techno-economic analysis of solar photovoltaic system for fishery cold storage based on ownership models and regulatory boundaries in indonesia. *Processes* 2021;9(11):1973.
18. Mursid SP, Utami S, Mardiyanto IR, Luqiyana NH, Sasono T. Rumah Mandiri Energi dengan PLTS Atap di Desa Cihanjuang. In: *Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat (SENMASTER)*, vol. 2; 2023. p. 749–756.
19. Utami S, Manunggal BP, Tohir T, Muliastri D, Prajogo S, Susanto A. Peningkatan Daya Saing Remaja Masjid Desa Ciwaruga Melalui Pengenalan Teknik Instalasi LRTS. *Jurnal Inovasi Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat* 2022;2(1):1–8.

**Cara mengutip artikel ini:** Utami, S., Yusuf, E., Arasid, W., Mursid, S. P., Nurdin, R., Musrinah, (2025), Pemasangan PLTS Atap *On-Grid* sebagai Sumber Energi Listrik Tambahan untuk *Cold Storage* Hortikultura di Desa Pasirlangu, *Sewagati*, 9(5):1264–1277, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i5.8291>.