



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 4 Tahun 2025 Page 12230-12246

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Planning And Design Of Solar-Powered Electric Power System For Modern Kiosk

Fachrian Helga Febrianto^{1✉}, Angga Septian², Dwi Anie Gunastuti³, Lili Solihin⁴

Universitas Pamulang

Email: febrianto7212@gmail.com^{1✉}

Abstrak

Energi listrik menjadi hal penting dalam kehidupan manusia, karena hampir seluruh kegiatannya menggunakan alat elektronik. Kios untuk berjualan tidak lepas dari penggunaan energi listrik. Kios yang dapat bergerak tidak cocok dipasangkan kWh meter. Solusinya memanfaatkan energi alternatif dalam bentuk PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), penghasil energi mandiri dengan mengubah sinar matahari menjadi energi listrik. Sebelum dibangun sistem PLTS, diperlukan perencanaan yang matang untuk mendapatkan sistem yang handal dan kokoh, juga menguntungkan. Metode yang digunakan untuk menyusun perencanaan sistem ini adalah R&D (Research & Development). Prosesnya berupa: studi hal relevan, pemilihan lokasi, estimasi beban dan konsumsi energi, desain sistem, perhitungan rating komponen, pemilihan komponen di pasaran, revisi desain, menyusun RAB (Rencana Anggaran Biaya), juga melakukan perhitungan ekonomis. Hasil perencanaan untuk sistem dengan beban maksimum sebesar 260 Watt dan konsumsi energi hariannya 1,1 kWh, adalah sistem yang membutuhkan 3 buah panel PV 350 Wp, SCC rating 96V 60A max input dengan max power 1440Watt di 24V, inverter 24/220V 50Hz dengan 1000Watt continuous dan 2000Watt maksimum power, juga dibutuhkan baterai dengan kapasitas 300Ah 24V. Sistem layak dibangun dan tergolong menguntungkan karena memiliki nilai payback period (PP) < lifetime panel PV, juga nilai persentase ROI (Return On Investment) sebesar +11% keuntungan.

Kata Kunci: *Perencanaan, PLTS, Kios*

Abstract

Electric energy is important in human life, because almost all activities use electronic devices. Kiosks also have use of electrical energy. Small kiosks that can move around are not suitable for kWh meters (Grid). The solution is to utilize alternative energy in the form of Solar Power Plant, an independent energy producer by converting sunray into electric energy. Before system is built, planning is needed to get a reliable system. Method used to plan this system is R&D (Research & Development). The process includes: relevant studies, site(location) selection, load and energy consumption estimation, system design, component rating calculation, selection of components, design revisions, compiling budget plan, as well as conducting economic calculations. Planning results for a system with a load of 260 Watts and daily energy consumption of 1.1 kWh, system require 3 PV panels of 350 Wp, SCC rating 96V 60A max input with max power of 1440Watt at 24V, inverter 24/220V 50Hz with 1000Watt continuous and 2000Watt maximum power, battery bank with capacity of 300Ah 24V. System is feasible and profitable because it has a payback period (PP) value < PV panel lifetime, as well as an RoI (Return on Investment) percentage value of +11% profit.

Keywords: *Planning, Solar Power Plant, Kiosk*

PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan vital dalam kehidupan sehari-hari dan menjadi infrastruktur penting dalam mendukung aktivitas ekonomi, sosial, serta teknologi. Di Indonesia, sebagian besar kebutuhan listrik masih dipenuhi melalui Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbasis bahan bakar fosil, yang menyumbang emisi karbon cukup besar dan menimbulkan dampak lingkungan jangka panjang (Winarno et al., 2020). Di sisi lain, bagi usaha kecil seperti kios, pemasangan listrik konvensional dari PLN tidak hanya mahal, tetapi juga memerlukan proses perizinan yang panjang dan kompleks (Al Hakim, Ropiudin, Muchsin, & Lestari, 2021).

Seiring meningkatnya kebutuhan akan energi yang bersih dan terjangkau, pemanfaatan renewable energy menjadi solusi yang semakin relevan. Menurut Mulyadi, Rozak, & Nurfadilah (2023), perkembangan energi terbarukan saat ini telah mencakup berbagai sumber daya alam, seperti air, angin, biomassa, dan energi surya. Energi surya menjadi salah satu yang paling potensial di Indonesia, mengingat kondisi geografis dan iklim tropis yang mendukung penyinaran matahari sepanjang tahun (Siregar et al., 2022). Energi ini dapat dimanfaatkan melalui sistem PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya), yang terdiri dari panel surya, baterai, dan inverter untuk mengubah arus listrik (Haryanto, Damayanti, & Ulum, 2024).

Menurut Nugroho dan Hartono (2021), PLTS berskala kecil sangat cocok diterapkan untuk sektor informal dan usaha mikro karena bersifat modular, hemat energi, serta tidak

tergantung pada jaringan listrik utama. Sistem ini sangat relevan bagi kios mobile yang sulit terhubung ke jaringan PLN tetap, serta meminimalisasi ketergantungan pada energi fosil. Ditambah lagi, pengoperasian PLTS tidak menghasilkan emisi karbon dan relatif rendah dalam biaya operasional jangka panjang, sehingga mendukung prinsip keberlanjutan (Sopian et al., 2023).

Selain itu, perencanaan yang tepat dalam sistem PLTS menjadi hal krusial agar energi yang dihasilkan optimal dan efisien. Perencanaan ini mencakup estimasi kebutuhan beban, penentuan kapasitas panel, dan konfigurasi sistem penyimpanan daya (Susanto et al., 2023). Menurut Prasetyo dan Fadilah (2022), kesalahan dalam tahap perencanaan akan berdampak langsung pada biaya investasi, umur sistem, dan kinerja operasionalnya. Bahkan, tanpa perencanaan berbasis data konsumsi energi, sistem PLTS berpotensi mengalami overdesign atau underperformance.

Penelitian oleh Arsyad et al. (2023) juga menegaskan bahwa sistem PLTS kecil dapat memberikan dampak ekonomi positif bagi usaha mikro, terutama dalam menekan biaya listrik bulanan dan meningkatkan keandalan energi. Implementasi energi surya secara tepat tidak hanya memperkuat kemandirian energi, tetapi juga membuka peluang baru dalam wirausaha berbasis energi bersih. Hal ini sangat mendukung agenda transisi energi dan penguatan ekonomi hijau pada sektor UMKM di Indonesia.

Penelitian ini difokuskan pada perencanaan sistem PLTS berskala kecil untuk kios berjualan. Tujuannya adalah menyediakan panduan teknis yang dapat dijadikan acuan dalam merancang sistem kelistrikan alternatif yang handal, ekonomis, dan ramah lingkungan untuk mendukung keberlangsungan usaha kecil.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode R&D (*Research and Development*) atau metode penelitian dan pengembangan. Metode ini dipilih karena bertujuan menghasilkan suatu produk sekaligus menguji keefektifan produk tersebut sesuai dengan yang diinginkan (Sugiyono, 2009). Fokus penelitian adalah pada tahap perencanaan sistem sebelum pembangunan dilakukan. Prosedur perencanaan meliputi beberapa tahapan utama, mulai dari studi hal-hal yang relevan, pemilihan lokasi, estimasi beban dan konsumsi energi, desain rancangan sistem, hingga perhitungan rating komponen sistem. Selain itu, dilakukan pemilihan komponen penyusun, revisi desain berdasarkan evaluasi, penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan perhitungan aspek ekonomi dari sistem yang direncanakan.

Penelitian ini dilaksanakan di area parkir Gedung Viktor, Universitas Pamulang, yang berlokasi di Jalan Raya Puspitek, Kecamatan Serpong, Kota Tangerang Selatan, Banten. Proses penelitian berlangsung selama tiga bulan, mulai dari Juni hingga Agustus 2023, untuk menyelesaikan seluruh tahapan perencanaan sistem yang diteliti.



Gambar 1. Lokasi Gedung Viktor

Sumber: <https://www.google.com/maps>

HASIL DAN PEMBAHASAN

Modul Surya Yang Digunakan

Modul yang digunakan adalah merek Maysun Solar model MS350MB-60H, dengan jenis modul monocrystalline dengan susunan sel half-cell dan backsheet transparan. Dengan spesifikasi modul:

Tabel 1. Spesifikasi Modul Surya

Spesifications	Value
Rated Max Power	350 W
Voltage Pmax	33.6 V
Current Pmax	10.42 A
Open Circuit Voltage (Voc)	40.1 V
Short Circuit Current (Isc)	11.15 A
Operational Temp	42 ± 2°C
Max System Voltage	1500 V

Iridiasi Sinar Matahari Lokasi

Potensi nilai iridiasi matahari pada lokasi tidak buruk, dengan nilai rata-rata 2.510,25 Wh/m² dengan nilai radiasi ter-rendah pada 1.72 kWh/m², dan paling tinggi pada nilai 3,12 kWh/m² pada data tahun 2022.

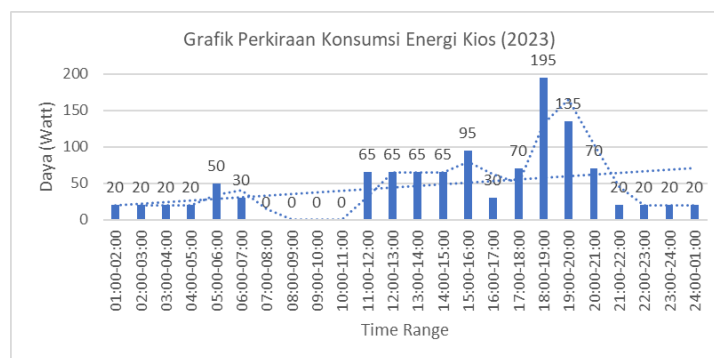
Estimasi Beban

Daya beban maksimum (Pp) diperkirakan mencapai 260 W, dengan nilai terkecil pada siang hari sebesar 0 W, dan terbesar pada malam hari sebesar 195 W.

Konsumsi hariannya selama 24 jam sebesar (Wt) 1095 Wh, atau dapat dibulatkan ke nilai 1,1 kWh. Dimana konsumsi jam siang 06:00 - 18:00 mencapai nilai 485 Wh, dan pada jam malam pukul 18:00 - 06:00 mencapai nilai 610 Wh.

Tabel 2. Perkiraan Daya Maksimum Beban

No	Komponen	Daya per unit (W)	Satuan Unit	Jumlah Nilai Daya $P \times n$ (W)
1	Lampu Luar	10	4	40
2	Lampu Dalam	15	2	30
3	Charger Handphone	30	2	60
4	Charger Laptop	65	1	65
5	Kipas Angin	65	1	65
TOTAL				260



Gambar 2. Grafik Konsumsi Energi

Perhitungan Jumlah Modul

Perhitungan dilakukan 4 kali, dengan nilai redudansi 20% dan kapasitas modul (MC) 350 Wp. Perhitungan pertama dan kedua hanya mengacu pada daya maksimum dan konsumsinya, dimana:

1. Perhitungan Pertama

$$\begin{aligned}
 P_{\max} &= P_p + (P_p \times 20\%) \\
 &= 312 \text{ Watt} \\
 n_{\text{panel}} &= \frac{P_{\max}}{P_{\text{mod}}} = \frac{312}{350} \\
 &= 0,891 \approx 1 \text{ Modul}
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Kedua

$$\begin{aligned}
 W_{th1} &= W_t + (W_t \times 20\%) \\
 &= 1.314 \text{ Wh} \\
 n_{\text{panel}} &= \frac{W_{th}}{P_{\text{mod}} \times t} \\
 &= 0,6257 \approx 1 \text{ Modul}
 \end{aligned}$$

$t = \text{Lama penyinaran}$

Perhitungan ketiga mempertimbangkan nilai radiasi lokasi, dan nilai konsumsi energi perharinya.

3. Perhitungan Ketiga

$$\begin{aligned} Tmc &= \frac{Wth}{mSr} \times G_{STC} \\ &= \frac{1,314}{1,723} \times 1,000 \frac{W}{m^2} \\ &= 762,62 \text{ Wp} \\ n \text{ Panel} &= \frac{TMC}{MC} \\ &= \frac{762,62}{350} \\ &= 2,18 \approx 3 \text{ Modul} \end{aligned}$$

Perhitungan keempat masih mempertimbangkan nilai iridiasi matahari pada lokasi, tetapi menggunakan nilai konsumsi energi yang terpisah di siang dan malamnya.

$$Wth2 = \left(\frac{Wm}{100\% - LM} + \frac{Ws}{100\% - LS} \right)$$

Nilai WM dan WS perlu ditambahkan sebesar 20%, mempertimbangkan potensi kenaikan konsumsi energi (Ramadhani, 2018).

$$\begin{aligned} Em \times 120\% &= 610 \times \frac{120}{100} \\ &= 732 \text{ Wh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Es \times 120\% &= 485 \times \frac{120}{100} \\ &= 582 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Selain itu mempertimbangkan nilai loss masing-masing komponen.

Perkiraan nilai /oss masing-masing komponen:

- Loss Solar Charger Controller 5%
- Loss baterai (Lead-Acid) 15%
- Loss inverter 10%
- Loss perkabelan 3%

Loss siang (LS):

$$5\% + 10\% + 3\% = 18\%$$

Loss malam (LM):

$$15\% + 10\% + 3\% = 28\%$$

$$\begin{aligned} Wth2 &= \left(\frac{732}{82\%} + \frac{582}{72\%} \right) \\ &= 1.701,01 \text{ Wh} \\ &= 1,701 \text{ kWh} \end{aligned}$$

4. Perhitungan Keempat

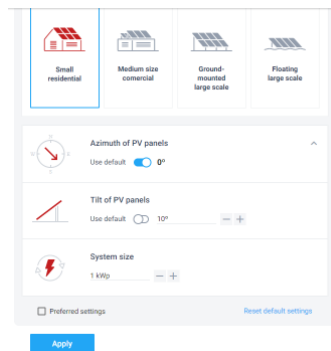
$$\begin{aligned} TMC &= \frac{Wth2}{mSr} \times G_{STC} \\ &= \frac{1,701}{1,723} \times 1,000 \frac{W}{m^2} \\ &= 987,23 \text{ Wp} \\ n \text{ panel} &= \frac{TMC}{MC} \end{aligned}$$

$$= 2,82 \approx 3 \text{ Modul}$$

Dari keempat perhitungan tersebut yang akan digunakan adalah nilai terbesar, maka sistem akan dipasangkan 3 modul PV dengan kapasitas 350 Wp. Modul akan dipasang secara paralel, dikarenakan kemudahannya untuk dilepas tanpa merubah nilai tegangan untuk *maintenance* atau pada saat ingin digunakan pada saat kios bergerak di posisi lain sekitar lokasi (Menggunakan mounting diatas kios untuk 1 panel).

Sudut Kemiringan Panel

Nilai sudut kemiringan yang optimal didapat dengan melakukan simulasi pembangkitan pada media online *Global Solar Atlas*.



Gambar 3. Simulasi Pembangkitan

Parameter yang digunakan pada skala sistem *small residential* atau tempat tinggal, dengan kapasitas pembangkitan sebagai parameter pengukuran sebesar 1 kWp dengan sudut *azimuth* 0°, dan hanya sudut kemiringan PV yang menjadi pembeda dalam setiap simulasinya.

Tabel 3. Hasil Simulasi

No	Sudut	<i>P Output (kWh/m²)</i>
1	0°	4,523
2	1°	4,532
3	2°	4,540
4	3°	4,547
5	4°	4,553
6	5°	4,557
7	6°	4,561
8	7°	4,564
9	8°	4,565
10	9°	4,566
11	10°	4,565
12	11°	4,564

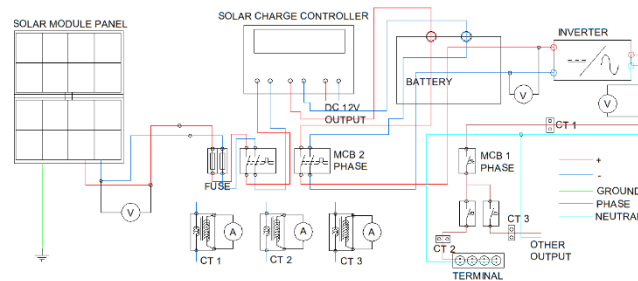
13	12°	4,561
14	13°	4,558
15	14°	4,553
16	15°	4,547

Dapat disimpulkan dari tabel diatas bahwa nilai sudut paling optimal berdasarkan pada simulasi adalah pada kemiringan 9°.

Desain Sistem



Gambar 4. Logo Aplikasi GstarCAD



Gambar 5. Wiring Awal Sistem

Desain sistem menggunakan aplikasi CAD, yaitu Gstar CAD, yang mampu membuat gambar dalam bentuk 2D dan 3D.

Sistem yang akan digunakan adalah jenis off-grid dengan tipe DC-coupling, dikarenakan media instalasi sistem berjenis semi-*mobile*. Dengan desain awal perkabelan atau *wiring* dapat dilihat pada Gambar 5.

Perhitungan Rating Komponen

Perhitungan rating tegangan dan arus setiap komponen dilakukan dengan mengalikan nilai input dan output setiap komponen dengan *safety factor* (*SF*), dimana nilai yang digunakan adalah sebesar 1,25. Dengan output dari modul surya sebesar 3*350Wp.

Solar Charge Controller

Melihat spesifikasi modul surya yang tertera pada *nameplate*, dapat diketahui nilai V_{oc} dan I_{sc} yang dihasilkan oleh modul, maka dapat didapatkan spesifikasi SCC:

$$\begin{aligned}
 V_{max \text{ in SCC}} &= V_{oc \text{ Module}} \times 1,25 \\
 &= 40,1 \times 1,25 \\
 &= 50,125 \approx 51 \text{ Volt} \\
 I_{max \text{ in SCC}} &= n \times I_{sc \text{ Module}} \times 1,25
 \end{aligned}$$

$$= 3 \times 11,15 \times 1,25$$

$$= 41,81 \approx 42 \text{ Ampere}$$

Didapatkan bahwa nilai rating SCC harus mampu setidaknya menerima tegangan sampai 51 Volt dan arus sampai dengan 42 Ampere.

Inverter

Inverter memiliki 2 nilai kapasitas yaitu kapasitas maksimum *load*, dan kapasitas *continuous load*.

$$\begin{aligned} \text{continuous capacity} &= SF \times P \\ &= 1,25 \times 350 \\ &= 437,5 \approx 500 \text{ W} \\ \text{Max load capacity} &= \text{Installed capacity} \\ &= 3 \times 350 \text{ Wp} \\ &= 1.050 \text{ W} \end{aligned}$$

Nilai kapasitas inverter yang dibutuhkan adalah sebesar 1.500 W maksimum *load*, dan mampu berjalan paling minimal dalam 500 W *continuous load*.

Baterai

Baterai direncanakan menggunakan tegangan 24 V dengan nilai DoD 80%, dengan efisiensi sebesar 85% minimum (Lead-Acid).

Kapasitas baterai mempertimbangkan ketika tidak ada penyinaran matahari samasekali, sehingga seminimal mungkin sistem dapat menyala selama 48 jam (2 hari otonomi).

$$\begin{aligned} N &= 2 \text{ Hari (Hari otonomi)} \\ W_{th1} &= 1.314 \text{ Wh} \\ W_{th2} &= 1.701 \text{ Wh} \\ V_s &= 24\text{V (Tegangan sistem)} \\ \text{DoD} &= 80\% \\ \eta &= 85\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bat Capacity (1)} &= \frac{N \times W_{th1}}{V_s \times \text{DoD} \times \eta} \\ &= 161,03 \text{ Ah} \approx 200 \text{ Ah} \\ \text{Bat Capacity (2)} &= \frac{N \times W_{th2}}{V_s \times \text{DoD} \times \eta} \\ &= 208,46 \text{ Ah} \approx 300 \text{ Ah} \end{aligned}$$

Perhitungan menggunakan 2 nilai *Wth* (konsumsi energi harian) yang berdeda, dimana nilai yang paling besar akan digunakan. Sehingga sistem ini seminimal mungkin diperlukan kapasitas baterai dengan nilai 300 Ah.

Rating Komponen Pengaman

Ditinjau kembali spesifikasi rating tegangan dan arus dari panel surya yang digunan.

$$V_{mp} = 33,6\text{V}$$

$$\begin{aligned} I_{mp} &= 10,42A \\ I_{sc} &= 11,15 A \\ V_{oc} &= 40,1 V \end{aligned}$$

Rating MCB (DC *Side*)

Tegangan operasi:

$$\begin{aligned} \text{Voltage Rating} &= 1 \times 40,1 \times 1,25 \\ &= 50,13 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Arus nominal proteksi:

$$\begin{aligned} \text{Amperage Rating} &= 11,15 \times 1,25 \\ &= 13,94 A \end{aligned}$$

Rating MCB pada panel kolektor, dimana 3 modul panel akan disambungkan secara paralel pada 1 MCB kolektor.

$$\begin{aligned} \text{Collector Amp Rating} &= n \times 13,94 \\ &= 41,82 A \end{aligned}$$

Rating MCB (AC *Side*)

$$\begin{aligned} \text{Amp AC Rating} &= \frac{\text{MaxLoad}(P_{max})}{V_{sys}} \times SF \\ &= 1.78 \approx 2 A \end{aligned}$$

Rating Fuse DC

Rating *fuse* DC harus lebih besar dari rating MCB yang digunakan tetapi tidak boleh terlalu jauh nilainya, tujuannya agar MCB melakukan *trip* terlebih dahulu sebelum fuse putus, dikarenakan melakukan *reset* pada *switch* MCB lebih hemat secara ekonomi daripada mengganti *fuse* yang putus setiap terjadi *trouble*.

$$\begin{aligned} \text{collector MCB rating} &< \text{Fuse Rating} \\ 42\text{Amp} &< \text{Fuse Rating} \\ \text{Fuse Rating} &\geq 43 \text{ Amp} \end{aligned}$$

Pemilihan Komponen Di Pasaran

Melakukan perbandingan antara kebutuhan rating, dengan yang tersedia di pasaran.

SCC

SCC merek PowMr model POW-M60-PRO MPPT, rating input 60 A 96 Volt *max*, tegangan sistem 12/24/36/48 Volt. Max P modul 1440 Wp pada sistem 24 V, efisiensi 98% harga ±Rp. 1.200.000,00.

Inverter

Merek Sunyima, rating input 24V/220V, daya kontinu 1000 W dengan daya puncak 2000 Watt. Harga ±Rp 1.000.000,00.

Baterai

Rating yang tersedia di pasaran berkapasitas 100 Ah 12 V, diperlukan 6 buah, 2 dipasang seri (menjadi 3 pasang) 24 v, dan diparalelkan untuk mendapat kapasitas 300 Ah. Digunakan merek VOZ dengan harga satuan Rp. 1.350.000,00.

MCB

Rating sisi DC digunakan 16 dan 40 A. MCB 2 pole, tegangan kerja maksimum 500 V DC, merek Suntree dengan harga kisaran Rp. 157.000,00 untuk 16 A dan sekitar Rp. 200.000,00 untuk 40 A.

Sisi AC sesuai dengan nilai beban puncak 2 A, merek Schneider di kisaran Rp. 80.000,00.

Fuse

Idealnya diperlukan rating lebih besar dari MCB, dikarenakan sulitnya ditemukan DC *fuse* dengan rating diatas 40 A ukuran 13 x 51, maka tetap digunakan fuse dengan rating sama. *Fuse* merek Schneider, harga satuan Rp. 40.000,00 dan *holder-fuse* harga Rp. 100.000,00 per satuan.

Analisa *Lifetime* Komponen

Umur setiap komponen biasa dicantumkan pada *data-sheet* atau *backplate/dataplate* setiap komponennya, akan tetapi untuk komponen yang tidak ditemukan angka umur *lifetime*-nya, digunakan nilai generalisir dari jurnal-jurnal relevan atau website komponen sejenis.

Tabel 4. *Lifetime* Komponen

Komponen	Nilai lifetime
Panel PV	25 Tahun
SCC	15 Tahun
Baterai	5-6 Tahun
Inverter	10-15 Tahun

Dengan nilai tolak ukur panel PV selama 25 tahun, penggantian unit setiap komponen didapat:

Tabel 5. Pergantian Komponen

Komponen	<i>n</i>
SCC	1
Baterai	4
Inverter	2

Mean Time Before Failure (MTBF)

Perhitungan nilai MTBF dilakukan dengan tolak ukur setiap komponennya selama 1 tahun dengan kemungkinan kegagalan komponen (*n failures*) sebanyak 5 kali.

Waktu rata-rata sebelum kerusakan dihitung dengan persamaan:

$$MTBF = \frac{\text{Total Operating Time}}{n \text{ Failures}}$$

Dengan:

$n = \text{banyaknya kegagalan}$

$TOT = \text{hour/d} \times \text{day/w} \times \text{week/year}$

Tabel nyala komponen setiap harinya:

Tabel 6. Lama Nyala Komponen

Komponen	Total Operating Time (hours)
Panel PV	13
SCC	13
Baterai	11
Inverter	20

Perkiraan dilakukan dengan hari otonomi sistem berjalan selama 5 hari dalam seminggu. Nilai MTBF masing-masing didapat:

1. Panel PV

$$MTBF = (13 \times 5 \times 52): 5 \\ = 676 \text{ Hours}$$

2. SCC

$$MTBF = (13 \times 5 \times 52): 5 \\ = 676 \text{ Hours}$$

3. Baterai

$$MTBF = (11 \times 5 \times 52): 5 \\ = 572 \text{ Hours}$$

4. Inverter

$$MTBF = (20 \times 5 \times 52): 5 \\ = 1040 \text{ Hours}$$

Hasil perhitungan nilai rata-rata sebelum kerusakan dapat dijabarkan dalam tabel berikut:

Tabel 7. MTBF Komponen

Komponen	Mean Time Before Failure (Hours)
Panel PV	676
SCC	676
Baterai	572
Inverter	1040

Nilai *Reliability*

Perhitungan *reliability* dilakukan dengan formula atau rumus (Torell & Avelar, 2004):

$$R(t) = e^{-t/MTBF}$$

Dengan:

$t = \text{waktu yang ingin diukur}$

Nilai *reliability* diperhitungkan pada titik 500 *hours*. Dimana contoh perhitungannya:

Panel PV

$$\begin{aligned} R(t) &= e^{-\frac{500}{676}} \\ &= 0,4772 \\ &= 47,72\% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *Mean Time Before Failure* dan nilai *Reliability*-nya, didapatkan tabel MTBF dan *Reliability*.

Tabel 8. MTBF & *Reliability*

Komponen	<i>MTBF(Hours)</i>	<i>Reliability (%)</i>
Panel PV	676	47,72
SCC	676	47,72
Baterai	572	41,72
Inverter	1040	61,83

Dari tabel data diatas dapat dibaca sebagai contoh bahwa Panel PV memiliki waktu rerata 676 jam sebelum terjadinya *error* atau kegagalan kerja, dengan nilai *reliability* pada titik 500 jam kerjanya sebesar 47,72%.

Revisi Gambar Desain

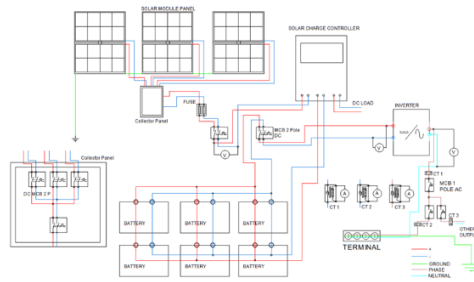
Dilakukan perubahan gambar desain yang berdasar pada desain awal sistem, menggunakan komponen yang sudah ditentukan sebelumnya.

Perubahan desain hanya dilakukan pada sisi DC sistem, dikarenakan hanya terjadi perubahan pada komponen pembangkitan.

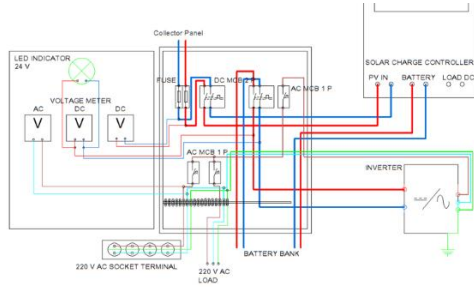
Gambar desain yang berubah pada *wiring diagram* sistem dan *wiring & layout panel box*, dipengaruhi oleh jumlah komponen dan ukuran komponen yang digunakan.

Wiring diagram sistem berubah menjadi menggunakan 3 buah modul PV, yang disambungkan secara paralel sehingga membutuhkan panel kolektor tambahan untuk kemudahan pelepasan dan pemasangan apabila akan dilakukan *maintenance*.

Susunan *battery bank*, juga ditambahkan pada gambar sistem untuk meniadakan gambaran jelas keseluruhan *wiring* sistem.

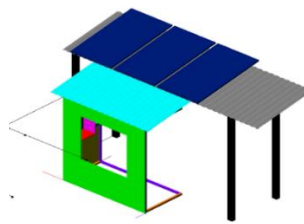


Gambar 6. *Wiring Diagram* Sistem Akhir



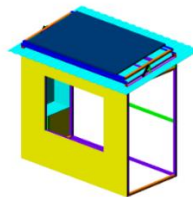
Gambar 7. *Wiring & Layout Panel Box*

Penggambaran sistem yang terpasang pada media kios secara 3D, untuk mendapat visual yang lebih jelas.



Gambar 8. Instalasi 3 Panel PV

Gambar 8. Menggambarkan kios pada bentuk *default*-nya, dimana tampak 3 modul PV terpasang diatas atap.



Gambar 9. Instalasi 1 Panel PV

Gambar 9. Menggambarkan kios pada bentuk *mobile* yang bisa berpindah tempat, dimana nantinya akan dipasangkan roda pada 4 sudutnya.

Kios juga dipasangkan *frame bracket* yang sudah didesain sedemikian rupa agar dapat diatur kemiringannya, tetapi hanya dapat dipasangkan 1 modul PV tepas diatas atap kios.

Tabel 9. Rencana Anggaran Biaya

No	Komponen	Jumlah	Harga (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
1	Modul PV 350Wp Monokristal	3	2,000,000	6,000,000
2	Solar Charge Controller	1	1,200,000	1,200,000
3	Baterai 100 Ah 12V	6	1,350,000	7,500,000
4	Inverter	1	1,000,000	1,000,000
5	MCB 2 Pole DC 14A	3	157,000	471,000
6	MCB 2 Pole DC 45A	1	200,000	200,000
7	MCB 1 Pole AC 2A	1	80,000	80,000
8	Fuse 14x51mm	2	40,000	80,000
9	Fuse Holder	2	100,000	200,000
10	Kabel PV-1F	10m	40,000/m	400,000
11	Kabel Instalasi	10m	100,000/5m	200,000
12	Mounting PV	3	150,000	450,000
13	Biaya Tak Terduga	-	2,000,000	2,000,000
TOTAL				19,781,000

Penyusunan RAB

Berdasarkan komponen yang dipilih, sesuai dengan kebutuhan spesifikasi sistem dan ketersediaan di pasaran, RAB yang sesuai dapat disusun.

RAB yang disusun untuk periode pengerjaan protek selama kurang lebih 3 bulan.

Biaya Investasi

Perkiraan modal yang diperlukan sesuai dengan RAB yang disusun yaitu mencapai Rp 19,781,000.00. Nominal ini tidak termasuk biaya pemasangan dan perencanaan, dikarenakan sistem direncanakan dan dipasang secara mandiri.

Biaya Operasional Sistem

Selama 25 tahun umur operasi modul, perlu penggantian baterai 4 kali, 6 buah baterai dengan harga satuan Rp 1,600,000.00.

$$\begin{aligned}
 BTO &= 4 \times (6 \times 1.350.000) \\
 &= 4 \times 7.500.000 \\
 &= \text{Rp } 30,000,000.00
 \end{aligned}$$

Biaya Operasional Per Tahun (BOPT) didapat dengan membagi hasil penjumlahan antara investasi awal dan biaya tambahan operasional (BTO), dengan umur pakai sistem yaitu selama 25 tahun:

$$\begin{aligned}
 BOPT &= \frac{\text{Investasi} + BTO}{\text{Umur Pakai}} \\
 &= \text{Rp } 1,991,240.00
 \end{aligned}$$

Payback Period (PP)

$$PP = \frac{Investment}{AACF}$$

$$AACF = \left(\frac{BI}{25th}\right) + (Wth \times cost/kWh \times 1 th)$$

Dengan

BI =Biaya Instalasi kWh meter

Menurut website PLN tahun 2023 biaya pemasangan kWh meter (*BI*) daya 900VA sebesar Rp 932,000.00 untuk kWh meter prepaid, dengan tarif biaya per kWh non-subsidi sebesar Rp 1,352.00/kWh.

Nilai *BI* dibagi dengan 25 tahun (umur panel PV), dikarenakan perhitungan AACF adalah bentuk potongan dari penggunaan PLN selama 1 tahun.

Nilai *Wth* digunakan sebagai referensi penggunaan energi listrik paling besar, untuk mendapat titik paling jauh PP.

$$\begin{aligned} AACF &= 37.280 + (1,701 \times 1.352 \times 365) \\ &= 876.689,48 \approx Rp 876.690,00 \\ PP &= \frac{Investment}{AACF} = \frac{19.781.000}{876.689,48} \\ &= 22,56 \approx 23 Tahun \end{aligned}$$

Return of Investment (RoI)

$$ROI = \frac{(Net Inco - Invest)}{Invest} \times 100\%$$

Untuk mendapat nilai Net Income (NI),

$$\begin{aligned} NI &= BI + (Wth \times biaya/kWh \times SysLT) \\ NI &= Rp 21.904.900,00 \\ ROI &= \frac{21.917.237 - 19.781.000}{19.781.000} \times 100\% \\ &= (0,107994 \approx 0,11) \times 100\% \\ &= 11\% \end{aligned}$$

SIMPULAN

Proses penyusunan perencanaan sistem dimulai dengan melakukan tinjauan pustaka, lalu dilakukan diskusi dengan ahli, diakhiri penyusunan perencanaan sistem. Dengan susunan tahap perencanaan sistem yang didapat diantaranya: studi hal relevan, pemilihan lokasi dan potensi iridiasi matahari, estimasi beban, konsumsi energi dan kebutuhan panel, membuat desain awal, memperhitungkan rating komponen, memilih komponen di pasaran, revisi desain, menyusun RAB, lalu memperhitungkan nilai ekonomis sistem. Desain yang cocok untuk sistem kios adalah *off-grid*, dikarenakan kios berbentuk *semi-mobile* dan tidak dapat tersambung ke *grid* PLN. Dengan beban yang dibebankan pada sistem yaitu 260 W,

dengan konsumsi energi 1,1 kWh per hari, sistem membutuhkan 3 modul panel 350 Wp, dengan kapasitas baterai 300 Ah 24 V. Dimana secara ekonomi, sistem ini layak untuk dibangun dengan nilai *Payback Period* dibawah umur modul panel PV yaitu 23 tahun, dengan persentasi keuntungan dalam bentuk Rol atau *Return of Investment* sebesar +11%, dimana keuntunan ini dalam bentuk potongan penghematan karena tidak menggunakan listrik dari grid PLN.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Hakim, R. R., Ropiudin, Muchsin, A., & Lestari, F. S. (2021). Analisis Kenaikan Tagihan Listrik Selama Pandemi COVID-19. *Jurnal Cafeteria*, 26.
- Haryanto, Damayanti, V., & Ulum, M. (2024). Analisa Penggunaan Panel Surya Untuk Modul Trainer Praktikum Energi Baru Terbarukan. *Seminar Nasional Fortei Regional 7*, 149.
- Kobychev, V. V., & Popov, S. B. (2005). Constraints on the photon charge from observations of extragalactic sources. *Astronomy Letters* 31, 147-151.
- Mulyadi, R. T., Rozak, O. A., & Nurfadilah, H. (2023). *Analysis The Effect of Solar Radiation on The Efficiency of PV Plant 50 KWP Rooftop UNPAM VIKTOR*. South Tangerang: Journal Renewable Energy & Mechanics (REM).
- Patil, K. Y., Vishali, S. P., & Patil, Y. G. (2016). Science Behind The Nano Solar Cell. *International Journal of Innovative in Science and Engineering*, 622-623.
- Ramadhani, I. B. (2018). *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Jakarta: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH Energising Development (EnDev) Indonesia.
- Soebyakto. (2017). *Fisika Terapan 2*. Tegal: Badan Penerbit Universitas Pancasakti Tegal.
- Song, Z. (2019). PWM vs MPPT Charge Controllers. *Gridfree Articles*.
- Sudarjo, N. H. (2022). Analisa Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Atap dengan Sistem Hybrid di PT. Koloni Timur. *Elektrika*.
- Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian kuantitatif, kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.
- Swarnakar, B., & Datta, A. (2016). Design and Implementation Of PWM Charge Controller And Solar Tracking System. *International Journal of Science and Research*.
- Torell, W., & Avelar, V. (2004). *Meantime Between Failure: Explaation and Standards*. New York: American Power Conversion.