

# KAJIAN KELAYAKAN SISTEM FOTOVOLTAIK DI KAMPUNG MANDIRI ENERGI

Dwi Mukti Asmoro Sari<sup>1</sup>, Muhammad Jazuli Shubhi<sup>2</sup>, M. Rodhi Faiz<sup>3</sup>, Langlang Gumilar<sup>4</sup>, \*Aripriharta<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Departemen Teknik Elektro dan Informatika, Universitas Negeri Malang  
<sup>1,2,3,4,5</sup> Jl. Semarang 5 Malang 65145 Jawa Timur Indonesia

email: <sup>1</sup> dwimukti0@gmail.com, <sup>2</sup> jazulisubhi56@gmail.com, <sup>3</sup> mohamad.rodhi.ft@um.ac.id, <sup>4</sup> langlang.gumilar.ft@um.ac.id  
email korespondensi: aripriharta.ft@um.ac.id

**Abstract** — *Electrical energy is a vital need and very important for modern society. Not only in big cities, electrical energy has become a big part of the survival of village or village communities. Recently, Renewable Energy (EBT) has been developed to fulfil the demand for electrical energy as a strategic energy source that is useful in anticipating an energy crisis. This study analyzes the feasibility of village-scale solar power plants (PLTS) with a capacity of 11.25 kWp using PVsys software, the system uses 45 pv 250 WP, 9000 Watt Inverter, 2 SCC with a capacity of 5000 W, a battery of 2,400 Ah. The output of the system show is 46.90 kWh per day. The power was used to supply 38 houses with an average load requirement of 35.3 kWh per day or 1 kWh per house. In the PLTS system designed along with economic analysis in the form of an investment value or PWA of IDR 282,674,638, the BEP value is reached in the 12th year, the Net Present Value (NPV) is IDR 9,447,427. The cost of energy is IDR 25,678,500/ year.*

**Keywords:** *economy, energy, PLTS, PVSyst.*

**Abstrak** — Listrik merupakan sesuatu yang krusial dan dibutuhkan oleh masyarakat modern. Tidak di kota-kota besar saja, listrik sudah menjadi bagian besar bagi kelangsungan hidup masyarakat di pedesaan. Baru-baru ini, energi baru dan terbarukan (EBT) dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan listrik sebagai sumber energi strategis yang berguna untuk mencegah krisis energi. Studi ini menganalisis kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) tingkat desa (PLTS) 11,25 kWp menggunakan software PVsys, sistem memiliki 45 panel surya dengan kapasitas 250 W, inverter 9000 W, 2 solar charge controller dengan kapasitas 5000 W, baterai 2400 Ah. Hasil menunjukkan bahwa sistem menghasilkan 46,90 kWh per hari, memasok 38 rumah dengan permintaan beban rata-rata 35,3 kWh per hari, atau 1 kWh per rumah. Pada sistem PLTS yang dibangun dengan analisis finansial berupa nilai investasi atau present value analysis (PWA) sebesar Rp 282.674.638 telah mencapai titik impas (BEP) pada tahun ke-12 dengan net present value (NPV) sebesar Rp. 9.447.427. Biaya Energia Rp 25.678.500/tahun.

**Kata Kunci** — ekonomi, energi, PLTS, PVSyst.

## I. PENDAHULUAN

Saat ini, peningkatan penggunaan sumber energi konvensional menyebabkan berkurangnya ketersediaan dan tingginya polusi sumber energi ini. Masyarakat modern sangat bergantung pada energi sehingga dibutuhkan alternatif baru berupa sumber energi terbarukan (EBT). Indonesia merupakan negara tropis yang menerima sinar matahari secara terus menerus sepanjang tahun, sehingga mendukung penerapan EBT dalam bentuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Selain diubah menjadi listrik, sinar matahari memiliki kelebihan yaitu tidak dipancarkan ke lingkungan. Ada dua cara untuk mengubah radiasi matahari menjadi bentuk lain yaitu melalui sel surya dan kolektor [1]. Indonesia memiliki potensi matahari yang sangat besar dengan rata-rata radiasi harian 4 kWh/m<sup>2</sup>/hari[2],

yang akan menghasilkan energi sekitar 125 hingga 130 W/jam. Indonesia menargetkan peningkatan EBT sebesar 5% pada tahun 2015 dan 23% pada tahun 2025 [3]. Dikutip dari [4] Indonesia bertujuan untuk meningkatkan ketahanan energi nasional dengan menerapkan EBT.

Modul sel surya adalah untuk menghubungkan beberapa sel surya secara seri dan paralel untuk menjadikannya satu kesatuan untuk mencapai daya dan tegangan yang diharapkan. Keluaran tegangan DC oleh modul sel surya akan masuk ke inverter, lalu disalurkan ke beban. Inverter adalah komponen elektronika daya yang fungsinya untuk mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Inverter ini juga dilengkapi dengan maximum power tracker (MPPT) untuk memaksimalkan daya yang ditangkap modul surya.

Dalam praktiknya, pemasangan PLTS seringkali lebih mahal daripada membeli listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN). Hal ini disebabkan perlunya penentuan kapasitas dan kualitas komponen yang digunakan, seperti modul surya, baterai, charge controller, inverter, dll. Dalam proyek instalasi sistem fotovoltaik skala besar, analisis ekonomi harus dilakukan untuk mengevaluasi profitabilitas sistem fotovoltaik untuk memastikan bahwa biaya investasi dapat dipulihkan sepanjang siklus hidup [5]. Oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan biaya investasi awal yang harus dibayar dan menghitung berapa lama payback period jika menggunakan energi surya. Analisis ekonomi proyek sistem energi surya menggunakan indeks ekonomi Net Present Value (NPV), dengan mempertimbangkan arus kas dan biaya siklus hidup. [6],[7].

Aplikasi sistem PV banyak digunakan di berbagai bidang seperti perumahan, utilitas, bisnis, industri, pertanian dan lain-lain. [8][9][10][11]. Pada penelitian ini akan menganalisa kelayakan sistem PV yang mempertimbangkan semua faktor proyek yang relevan. Analisa dilihat dari aspek ekonomi dalam jangka waktu panjang bila dibandingkan dengan pembelian energi listrik dari PLN serta aspek keteknikian yaitu menentukan kapasitas peralatan sistem PLTS, sehingga dapat memenuhi keseluruhan beban energi listrik pada Desa Panggul Kabupaten Trenggalek. Analisis perhitungan dilakukan secara langsung dengan beberapa metode, yaitu Net Present Worth (NPW), Net Present Value (NPV) dan Break Event point (BEP). Dari kajian kelayakan sistem PV untuk kampung mandiri energi di Desa Panggul Kabupaten Trenggalek ini, diharapkan dapat memberi gambaran dalam upaya pemanfaatan EBT secara optimal.

---

\*) **penulis korespondensi:** Aripriharta  
Email: aripriharta.ft@um.ac.id

## II. PENELITIAN YANG TERKAIT

Pada penelitian [12] membahas tentang evaluasi konfigurasi ulang teknik dan ekonomi perancangan PV sistem dengan pelacakan titik daya maksimum, teknik yang digunakan untuk meningkatkan produksi daya pada PV sistem adalah DMPPT. Investasi perancangan untuk pV sitem kapasitas 3kWp sebesar € 6.000,00 (termasuk instalasi) dengan kembali modal selama 20 tahun dengan bunga 5%. Analisa tersebut memperhitungkan penurunan performa sistem selama masa pakai dengan penurunan 3% di tahun pertama dan 0.5% untuk tahun-tahun berikutnya.

Pada penelitian [13] penulis menggunakan metode optimasi multi objektif dengan algoritma gentika untuk desain PV 500 kW. Parameter yang dibahas yaitu tegangan baterai, daya maksimum PV, tegangan titik daya maksimum, dan jumlah panel per string. Hasil dari penelitian tersebut yaitu tegangan baterai 743.7 Volt, daya maksimum mencapai 439.5 Watt, tegangan titik daya maksimum sebesar 182.7 Volt dan tiga panel per string.

Akash Chauhan (2020) dalam penelitian [14], penelitian dilakukan di Delhi yang berfokus pada poin produksi sistem, rugi-rugi daya dengan diagram Sankey, performance ratio (PR), energi keluaran sistem, output modul PV yang menyesuaikan bidang, sketsa distribusi daya dan distribusi suhu. Penelitian ini menggunakan software PVSyst dengan hasil simulasi PR 79,48% dan produkti daya tahunan 32.272 MWh dengan kehilangan radiasi karena bayangan linier 3.3%. Energi yang tersuplay ke jaringan minimum pada bulan november sebesar 1.759 MWh dan maksimal pada bulan Juli sebesar 3.699 MWh. PR tertinggi pada bulan desember mencapai 87.3%.

Analisa beban 3 fasa serta analisis ekonomi dalam pemasangan sistem PV pada Stadion World Games 2009 di Kaohsiung, Taiwan menyatakan pada instalasi PV kapasitas 1027 kWp, fluktuasi tegangan pada bus adalah 0,75% selama jam sibuk. Pada saat instalasi PV ditingkatkan menjadi 8216 kWp atau 8 kali lipat kapasitas PV sebelumnya, fluktuasi tegangan mencapai 5,56% yang melanggar batasan operasi sebesar 5%. Pada analisis ekonomi menggunakan metode net present value (NPV) dan internal rate of return (IRR) dan didapatkan hasil bahwa dibutuhkan waktu 15,5 tahun untuk mengembalikan modal investasi dengan penjualan energi \$0,28/kWh [5].

Penelitian [15] menganalisa dan mengevaluasi potensi dari instalasi sistem PV rooftop di Universitas Teknologi Suranaree. Penelitian dilakukan dengan cara mempertimbangkan dasar polikristalin dan pada sistem yang terhubung dengan jaringan. Variabel evaluasi yaitu radiasi matahari pada permukaan miring, area PV array, dan efisiensi sesuai dengan suhu sel surya. Hasil studi menunjukkan Net Present Value (NPV) positif, internal rate of return (IRR) lebih dari suku bunga pinjaman minimum, Benefit Cost Ratio (B/C ratio) lebih dari satu, payback period 9.3 tahun, dan skenario sensitivitas menunjukkan pengurangan biaya instalasi 50 menjadi 45 baht/watt.

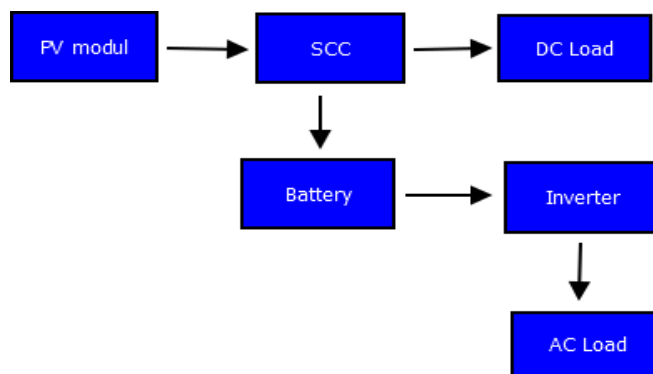
Penelitian [16] di lakukan di Canada pada tahun 2019, penelitian ini memberikan metode praktis untuk kajian kelayakan teknis pembangunan stand alone PV dengan kapasitas 863 Wp. Simulasi menggunakan software PVSyst sesuai dengan lokasi geografis dan jenis konstruksi situs, analisis bayangan, dan perhitungan jumlah modul surya dan sudut optimalnya. Hasil dari penelitian yang dilakukan dapat

ditarik kesimpulan bahwa merancang konfigurasi sistem, serta memprediksi produksi energi matahari, merupakan faktor penting. Ukuran sistem sangat tergantung pada lokasi situs geografis, juga, serangkaian faktor, seperti emplasemen, ketersediaan sumber daya surya, jenis aplikasi, periode operasi, dll., hasil simulasi tentunya akan berbeda di wilayah dan PV yang berbeda. Beberapa studi telah menjelaskan sistem PV terhubung grid dengan hasil energi dan parameter ekonomi menggunakan software PVSyst.[17]-[21].

Penelitian [22] berjudul Feasibility Study of Instalation Photovoltaic System at a university in Indonesia: A Case study. Penelitian berfokus pada kelayakan ekonomi sistem fotovoltaik surya di kampus UNSAM. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Pertama, menginisiasi pendataan luas rooftop di seluruh gedung di dalam kompleks UNSAM, dan data penggunaan energi listrik di setiap gedung. Tahap awal analisis adalah menentukan intensitas matahari pada posisi masing-masing bangunan. Analisis kemudian dilanjutkan dengan perhitungan kapasitas daya yang dapat dihasilkan oleh sistem PV yang terpasang di setiap gedung. Analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak System Advisor Model (SAM) yang dikembangkan oleh National Renewable Energi Laboratory (NREL). Perhitungan nilai NPV berdasarkan harga pokok produksi tenaga listrik oleh sistem PV dengan tingkat inflasi sekitar 4%, dan masa operasi 20 tahun. Biaya produksi listrik sekitar Rp. 1.990/kWh, yang memberikan nilai NPV positif. Hasil analisis jika dibandingkan dengan tagihan listrik yang dibayarkan oleh UNSAM saat ini, menunjukkan kelayakan penggunaan sistem PV sebagai sumber listrik untuk gedung-gedung perguruan tinggi.

## III. METODE PENELITIAN

Desain sistem terdiri dari rangkaian panel surya, inverter, baterai dan solar charge controller, dapat dilihat pada diagamblok pada Gambar 1.



Gambar. 1 Diagram Blok sistem PLTS

Pemodelan PLTS dilakukan dengan simulasi menggunakan software PVSyst berdasarkan data rata-rata iradiasi dan suhu di daerah Kecamatan Panggul Kabupaten Trenggalek pada latitude 8.05°N dan longitude 111.7°E, dengan semua data dari software PVSyst yang terdapat pada Tabel 1 serta data pembayaran listrik selama 3 bulan di Desa Panggul Kab. Trenggalek seperti pada Tabel 2. Instalasi PLTS dirancang pada sudut kemiringan 30° dan sudut azimuth 20°. Sudut kemiringan yang berbeda memberikan nilai radiasi matahari yang berbeda pada bidang miring, sehingga diperlukan perancangan sistem PV untuk menentukan sudut kemiringan

yang optimal untuk memberikan nilai radiasi matahari tertinggi pada bidang miring tersebut [23]-[25]. Simulasi dengan perangkat lunak PVSyst memungkinkan untuk menentukan modul PV yang akan digunakan dengan informasi teknis yang lengkap dari produsen yang berbeda, inverter, sudut kemiringan modul PV dan radiasi yang diterima oleh modul

PV, tata letak dan konfigurasi modul PV, jumlah modul PV, jumlah inverter . dan seterusnya untuk mendapatkan energi maksimum dan luas yang dibutuhkan [26].

TABEL I  
Data radiasi dan suhu kota Trenggalek

Definition of a geographical site																
Geographical Site	Trenggalek										Country	Indonesia				
	File New.ST of 24/03/21 17n36															
<b>Situation</b>	Latitude	8.05 °N								Longitude	111.7 °E					
Time defined as	Legal time	Time zone UT+7								Altitude	23 m					
Monthly Meteo Values																
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year			
Hor.global	129.9	124.3	152.2	162.4	203	206.1	191.6	168.3	161.8	158.7	158	157.5	1973.4	W/m <sup>2</sup>		
Hor.diffuse	57	54.6	53.6	49	56.1	55.2	60.1	65.4	67.6	65.7	62.4	62.3	709	W/m <sup>2</sup>		
Extraterrestrial	279.4	276.3	283.8	274.9	320	314.6	319.3	310.2	320.4	314.4	303	308.6	3625	W/m <sup>2</sup>		
cleanness index	0.465	0.45	0.536	0.591	0.63	0.655	0.6	0.508	0.525	0.515	0.52	0.51	0.544			
Amb.temper	27.3	27.1	26.6	26.3	26.7	27.3	27.7	27.4	27.6	27.5	27.8	27	27.2	°C		

Diketahui tarif listrik per kWh golongan 900 VA adalah Rp 1.352. Berdasarkan data tarif listrik selama 3 bulan ( April-mei) pada Desa Panggul Kabupaten Trenggalek dapat diketahui besar beban dan tagihan listrik dengan kondisi beban rata-rata, maksimum dan minimum seperti pada Table 2 dan Tabel 3.

Pada sistem yang diusulkan, kapasitas PLTS sebesar 11.25 kWp. Sistem terdiri dari rangkaian beberapa PV array yang dapat mengeluarkan daya output maksimal pada kondisi STC. Kondisi STC adalah kondisi saat irradiansi matahari 100 W/m2 dan suhu 25°C.

TABEL II  
Beban di Desa Panggul

		Beban (kWh)		
		Rata-rata	Maksimum	Minimal
Rumah	Hari	0.928	0.945	0.914
	Bulan	27.84	28.35	27.421
Kampung	Hari	35.264	35.915	34.733
	Bulan	1057.933	1077.465	1042.007

Width	992 mm
Cell in series	15
Cell in Parallel	3
Vmp	30.7 V
Imp	8.14 A
Voc	37.4 V
Isc	8.63 A
Power	250 W

TABEL III  
Tagihan Listrik di Desa Panggul

		Tagihan		
		Rata-rata	Maksimum	Minimum
Rumah	Hari	Rp 1,254.67	Rp 1,274.33	Rp 1,235.78
	Bulan	Rp 37,640.16	Rp 38,229.82	Rp37,073.50
Kampung	Hari	Rp 47,677.53	Rp 48,424.43	Rp46,959.77
	Bulan	Rp 1,430,326.00	Rp 1,452,733.00	Rp 1,408,793.00

TABEL IV  
Spesifikasi Solar Panel

Parameter	Value
Length	1482 mm

TABEL V  
Spesifikasi Inverter

Parameters	Value
Power	9000 W
Frequency	50/60 HZ
Nominal Output Voltage(AC)	230 V
Nominal Input Voltage (DC)	48 V
Total Number of inverter	1

TABEL VI  
Spesifikasi Baterai

Parameter	Value
Nominal Voltage	12 V
Nominal Capacity	160 Ah
Total Number of Batteries	60
Weight	1 kg

TABEL VII  
Spesifikasi Solar Charge Controller

Parameter	Value
<b>Charge controller</b>	
Charging Current	101 A
Discharging current	80 A
<b>Input side (MPPT converter)</b>	
Minimum MPP Voltage	54 V
Maximum MPP Voltage	145 V
<b>Output side (Battery and load)</b>	
Nominal Output Voltage	48 V
Nominal Output Current	104 A
Nominal Output Power	5000 W

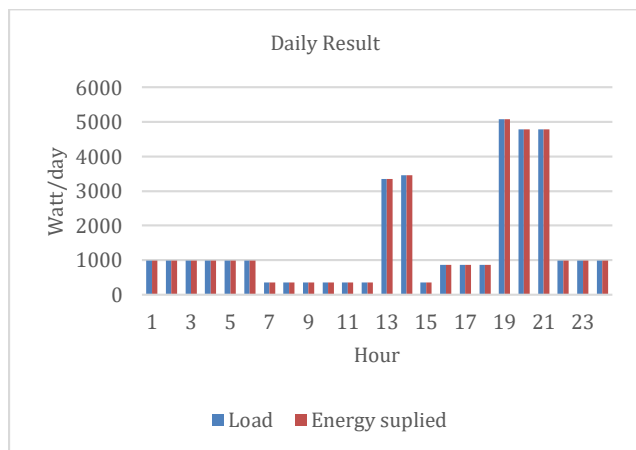
$$P_i = P_o \times \text{jumlah PV} \quad (1)$$

Dimana  $P_i$  merupakan keseluruhan energi output PV dan  $P_o$  adalah energi output PV termasuk rugi-rugi daya. Indonesia merupakan daerah khatulistiwa dimana nilai irradiasi tertinggi rata-rata sekitar 4,8 kWh/m<sup>2</sup>, jadi Equal Sun Hours (EHS) adalah 4-5 jam.

$$\text{Energi total PV (Pout)} = P_i \times \text{EHS} \quad (2)$$

Menurut [15] untuk mengetahui jumlah modul perlu diketahui kapasitas PLTS dan kapasitas modul surya yang dipakai.

$$\text{Jumlah modul} = \frac{\text{Kapasitas PLTS}}{\text{Kapasitas Modul}} \quad (3)$$



Gambar. 2 Daily Result

Efisiensi sistem dapat dilihat dengan persamaan :

$$\text{efisiensi} = \frac{P_{\text{output}}}{P_{\text{input}}} \times 100\% \quad (4)$$

### Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi dalam suatu proyek bertujuan untuk melihat manfaat yang diperoleh dari penanaman modal atau investasi dalam proyek tersebut. Analisis keuangan proyek adalah penyelidikan keuangan apakah ide, tujuan atau rencana proyek akan dilaksanakan dengan rasio ekonomis [27]. Ketika menganalisis proyek desain secara finansial, membandingkan alternatif dan penganggaran modal sangat penting dalam evaluasi proyek. Dalam proyek, analisis arus kas saat ini dalam periode yang dipilih diperiksa dan diselesaikan pada tanggal yang sesuai [17].

$$P = F \left( \frac{1}{(1+i)^n} \right) \quad (4)$$

Break Even Point (BEP) adalah titik waktu dimana nilai investasi dan tingkat pengembalian adalah 0 atau dapat dikatakan dalam keadaan tidak ada kerugian dan tidak ada keuntungan [28]. Nilai BEP digunakan untuk melihat pada tahun berapa investor akan untung.  $BEP =$

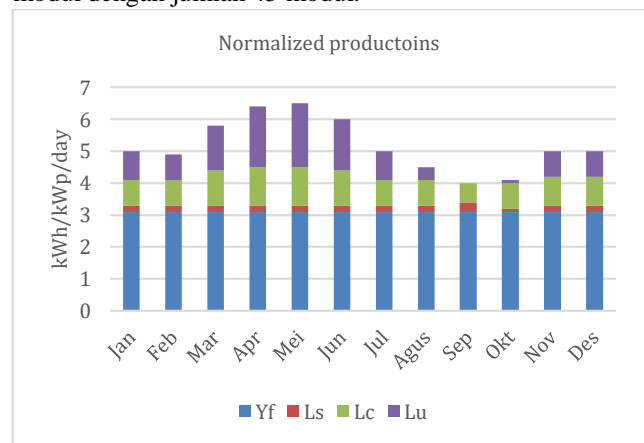
$$\left( \frac{\text{Fix Cost}}{\text{Cost of Energy-Variable Cost}} \right) \quad (5)$$

Net Present Value (NPV) adalah nilai selisih antara nilai arus kas masuk dan keluar selama periode waktu tertentu. NPV sering digunakan saat menganalisis profitabilitas suatu proyek atau investasi. Nilai saat ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^r \frac{C_t}{(1+r)^t} - C_0 \quad (6)$$

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah rata-rata beban di Desa Panggul Kabupaten Trenggalek sebesar 35.3 kWh/hari yang dijabarkan dalam grafik pada Gambar 2. kapasitas daya terpasang pada PLTS sebesar 11.25 kWp, produksi energi per kWp modul array pada Gambar 3. Hasil simulasi pada PVSyst, energi tersedia 46.90 kWh/hari atau 17.119 MWh/tahun sudah termasuk dalam rugi-rugi sistem. Luas lahan yang diperlukan untuk pemasangan sistem PLTS seluas 103.6 m<sup>2</sup>. PLTS di Desa Panggul Kabupaten Trenggalek menggunakan modul surya Mikachi model MC-1250 yang memiliki kapasitas daya 250 Wp per modul dengan jumlah 45 modul.



Gambar. 3 Produksi Sistem per kWp

Yf : energi yang tersuplay ke beban  
Ls : Kerugian sistem dan pengisian baterai  
Lc : rugi-rugi daya pada PV  
Lu : baterai tak terpakai

Pada sistem Stand alone jumlah hari baterai dapat terus memberi daya pada beban saat panel surya tidak dapat menghasilkan listrik karena kekurangan sinar matahari dikenal

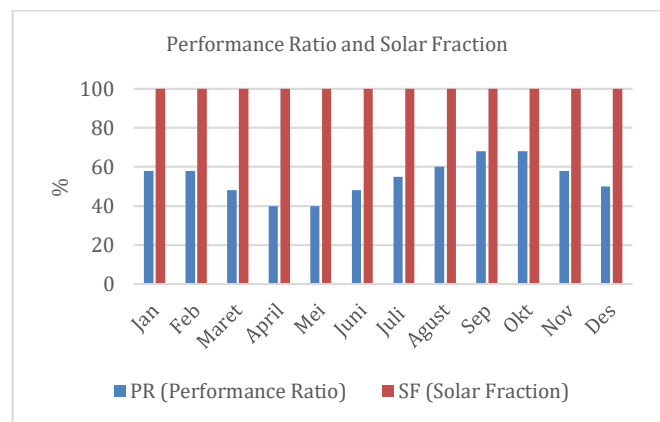
sebagai hari otonom.. Pada penelitian ini menggunakan 2 hari otonom. Dari perhitungan diperoleh kapasitas baterai sebesar 2.400 Ah 48 V ,menggunakan 60 baterai yang dihubungkan secara paralel dan seri dengan spesifikasi baterai 12 V 160 Ah. Solar Charge Controller (SSC) sebesar 5000Watt sejumlah 2 buah dan inverter ukuran 9000 Watt . Hasil utama simulasi pada PVsys pada Tabel 8.

TABEL VIII  
Main Results Simulation

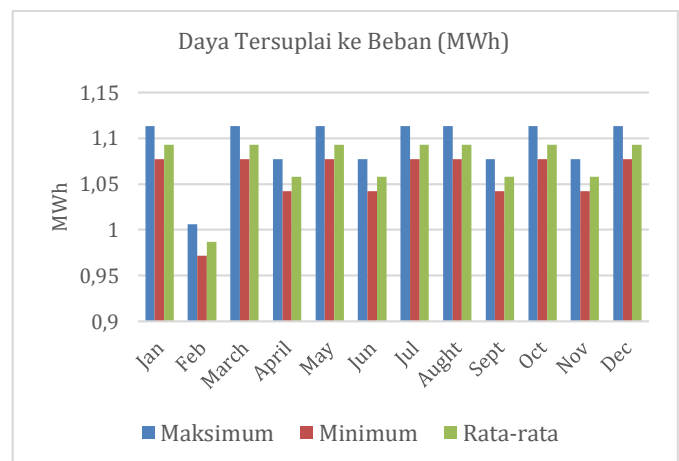
	GlobHor kWh/m	Globeff kWh/m	E Avail MWh	E Unused MWh	E Miss MWh	E User MWh	E Load MWh	SolFrac
Jan	129.9	144.8	1.35	0.27	0	1.093	1.093	1
Feb	124.3	145.9	1.362	0.236	0	0.987	0.987	1
March	152.2	175	1.617	0.486	0	1.093	1.093	1
April	162.4	173.9	1.599	0.563	0	1.058	1.058	1
May	203.1	193.6	1.789	0.652	0	1.093	1.093	1
Jun	206.1	171.9	1.609	0.514	0	1.058	1.058	1
Jul	191.6	143.4	1.377	0.382	0	1.093	1.093	1
Augst	158.7	113.6	1.095	0.252	0	1.093	1.093	1
Sept	161.8	119.7	1.152	0.017	0	1.058	1.058	1
Oct	168.3	135.9	1.303	0.171	0	1.093	1.093	1
Nov	157.5	143.7	1.354	0.225	0	1.058	1.058	1
Dec	157.5	161.6	1.512	0.026	0	1.093	1.093	1
Year	1973.4	1823	17.119	3.794	0	12.87	12.87	1

GlobHor : Horizontal global irradiation  
Globeff : Effective global, corr, for IAM and shading  
E Avail : Available solar energi  
E Unused : Unused energi (full battery) loss  
E Miss : Missing energi  
E User : Energi supplied to the user  
E load : Energi neet to the user (load)  
Solfrac : Solar fraction (E Used/ E load)

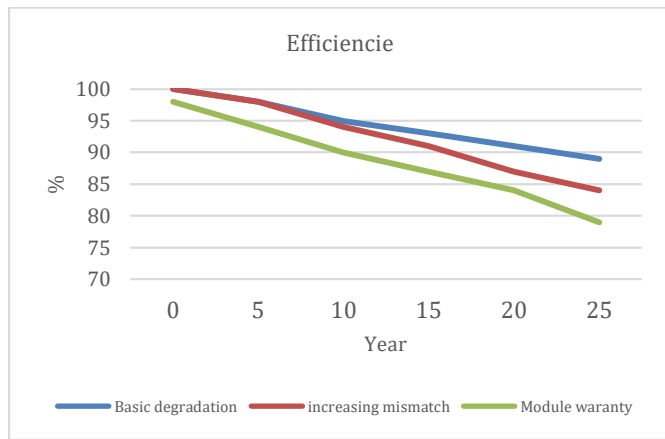
Gambar 4 menunjukkan *Performance Ratio* (PR) dan *Solar Fraction* (SF). PR adalah efisiensi sistem sepanjang tahun dan memberikan informasi tentang dampak kerugian sistem secara keseluruhan keluaran terukur. Berdasarkan persamaan (4) efisiensi pada sistem PLTS sebesar 78%, dari seluruh ketersediaan energi pada sistem, rata-rata energi yang terpakai sebesar 12.783 MWh/tahun dengan rugi-rugi daya sebesar 4.56 MWh/tahun. PLTS dengan kapasitas yang sama akan menghasilkan daya tersuplai ke beban yang berbeda saat kondisi beban rata-rata, maksimum, dan minimum seperti grafik pada Gambar 5.



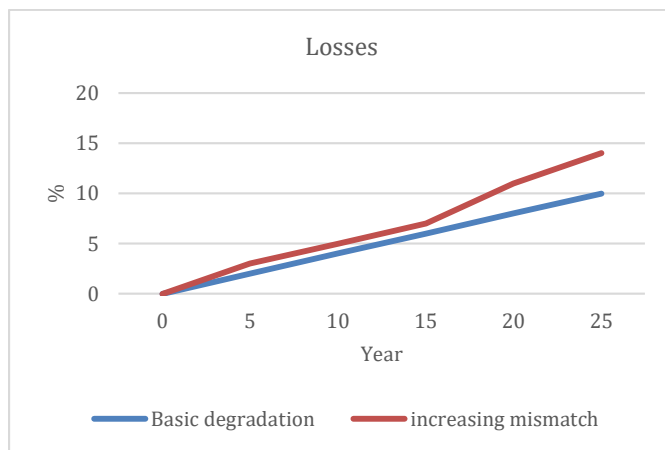
Gambar. 4 PR dan SF



Gambar. 5 Daya yang Tersuplai ke beban



Gambar. 6 Efisiensi PV



Gambar. 7 PV Losses

Analisis ekonomi juga dilakukan untuk memastika proyek PLTS yang akan dilakukan mengalami keuntungan di masa yang akan datang. Jumlah investasi bisa diketahui dari harga komponen dan instalasi PLTS pada Tabel 9.

TABEL IX  
Data Harga Komponen PLTS dan Instalasi

No	Komponen	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	PV	45	Rp 1,790,000.00	Rp 80,550,000.00
2	SCC	2	Rp 16,596,991.00	Rp 33,193,982.00
3	Inverter	1	Rp 20,917,497.00	Rp 20,917,497.00
4	Baterai	60	Rp 2,466,885.98	Rp 148,013,158.80
				Rp
Investasi				282,674,637.80

Biaya pemeliharaan dan operasional untuk PLTS umumnya diperhitungkan sebesar 1 – 2% dari total biaya investasi awal [29]. Pada penelitian ini ditetapkan sebesar 1% dari investasi awal dikarenakan di Indonesia hanya mengalami dua musim, musim hujan dan musim kemarau jadi pemeliharaan PLTS tidak sebesar pada negara dengan empat musim selama satu tahun, maka biaya pemeliharaan dan operasional sebesar Rp 2.826.746,00/tahun. Nilai NPV dengan suku bunga 6% berdasarkan persamaan (6) sebesar Rp 9.447.427,00 dimana bisa dikatakan investasi PLTS ini layak untuk dijalankan, sedangkan berdasarkan persamaan (5) nilai BEP tercapai di tahun ke 12, jika umur proyek dari PLTS selama 25 tahun maka masyarakat mempunyai keuntungan selama 13 tahun tidak perlu membayarkan tagihan listrik.

Konsumsi energi listrik setiap tahun sebesar 12.87 MWh sedangkan ketersediaan energi sebesar 17.119 MWh, maka energi sebesar 4.25 MWh dapat disalurkan ke daerah lain berdasarkan ketentuan tarif listrik PLN. Dimana asumsi harga per kWh sebesar Rp 1.500,00. Maka cost of energy sebesar Rp 25.678.500,00.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem PLTS berkapasitas 11.25 kWp dengan energi keluaran 46.90 kWh/hari atau 17.14 MWh/tahun yang mensuplai beban sebesar 35.3 kWh/hari atau 12.87 MWh/tahun. Sistem menggunakan 45 modul surya dengan kapasitas 250 WP, menggunakan inverter sebesar 9000 Watt, 2 SSC dengan kapasitas 5000 Watt dan baterai 2.400 Ah 48 V dengan 60 baterai kapasitas 12 V 160 Ah yang dihubungkan secara seri dan paralel. Produksi energi maksimum pada bulan Mei sebesar 1.789 MWh dan minimum pada bulan Agustus sebesar 1.095 MWh.

Nilai PWA atau jumlah modal sebesar Rp 282.674.638,00 dengan biaya operasional dan pemeliharaan sebesar Rp 2.826.746,00/tahun dan biaya penggantian baterai Rp 6.709.922,00/tahun. Penerapan sistem PLTS untuk kampung hemat energi dengan efisiensi sistem mencapai 78% dan nilai NPV sebesar Rp 9.447.427,00 dirasa sangat layak untuk beralih dari penggunaan energi konvensional menuju energi baru terbarukan. BEP tercapai di tahun ke 12, jika umur proyek

dari PLTS selama 25 tahun maka masyarakat mempunyai keuntungan selama 13 tahun tidak perlu membayarkan tagihan listrik. Cost of energy sebesar Rp 25.678.500,00/ tahun. Keluaran sistem sangat tergantung pada lokasi situs geografis, juga, serangkaian faktor, seperti ketersediaan sumber daya surya, jenis aplikasi, periode operasi, dll., hasil simulasi tentunya akan berbeda di wilayah dan PV yang berbeda.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan jurnal ini. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, cukup sulit bagi saya untuk menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Oleh sebab itu saya mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang berkontribusi atas terselesaikannya jurnal ini. Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih dan semoga jurnal ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karmiathi, N.M., (2011), Rancang Bangun Modul Solar Cell Dengan Memanfaatkan Komponen Fotovoltaik Kompatibel, *Jurnal Logic*, 11.
- [2] N. A. Handayani and D. Ariyanti, "Potency of solar energy applications in Indonesia," *Int. J. Renew. Energy Dev.*, vol. 1, no. 2, pp. 33–38, 2012.
- [3] Paper mas fitrah
- [4] Jjaeger, "Renewable energy for Indonesia," *Alliance Rural Electrification*, vol. 2017, pp. 1–8, 2016
- [5] Chia-Hung Lin; Wei-Lin Hsieh; Chao-Shun Chen; Cheng-Ting Hsu; Te-Tien Ku; Cheng-Ta Tsai (2011). Financial Analysis of a Large-Scale Photovoltaic System and Its Impact on Distribution Feeders. 47(4), 0–1891
- [6] M. Klempeter, *Energy Planning and Policy*. Wiltshire, U.K.: Wiley, 1995, p. 107
- [7] G. Nofuentes, J. Armilera, and F. J. Muñoz, "Tools for the profitability—Analysis of grid-connected photovoltaics," *Prog. Photovolt.: Res. Appl.*, vol. 10, no. 8, pp. 555–570, Dec. 2002
- [8] M. M. Shebani, and T. Iqbal, "Dynamic Modeling, Control, and Analysis of a Solar Water Pumping System for Libya," *Journal of Renewable Energy*, Vol. 2017, Apr. 2017
- [9] Sandia National Laboratories, "Stand-Alone Photovoltaic Systems," *National Technical Information Service (NTIS)*, 1995.
- [10] Mohd Rizwan Sirajuddin Shaikh, Santosh B. Waghmare, Suvama Shankar Labade, Pooja Vitthal Fuke, Anil Tekale, "A Review Paper on Electricity Generation from Solar Energy"
- [11] Mingzhi Zhao, Zhizhang Liu and Mingjun Yu, "Data acquisition and analyzing of solar energy resource", "Information and Automation (ICIA), Harbin, p.p., 2205-2208, 20-23 June 2010
- [12] Fabio, Viola.; Romano, Pietro; Miceli, Rosario; Spataro, Ciro; Schettino, Giuseppe (2017). *Technical and Economical Evaluation on the Use of Reconfiguration Systems in Some EU Countries for PV Plants. IEEE Transactions on Industry Applications*, 53(2), 1308–1315
- [13] D Antonio, Michael; Shi, Chuan; Wu, Bin; Khaligh, Alireza (2019). *Design and Optimization of a Solar Power Conversion System for Space Applications. IEEE Transactions on Industry Applications*, ( ), 1–1.
- [14] Chauhan, Akash; Sharma, Mayank; Baghel, Sarita (2020). [IEEE 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA) - Coimbatore, India (2020.7.15-2020.7.17)] 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA) - Designing and Performance Analysis of 15KWP Grid Connection Photovoltaic System Using PVSyst Software. ( ), 1003–1008
- [15] Thippongtorn, Atithan; Suluksna, Keerati (2021). *2021 International Electrical Engineering Congress (iEECON2021) – March 10-12, 2021, Pattaya, THAILAND. Feasibility Study of Installing a Rooftop PV System in Suranaree University of Technology*.
- [16] Mehdipour, Cyrus; Mohammad, Fazel (2019). *Journal of Solar Energy Research* Vol 4 No 2 Spring (2019) 85-91. *Design and Analysis of a Stand-Alone Photovoltaic System for Footbridge Lighting*.
- [17] C. P. Kandasamy, P. Prabhu and K. Niruba, "Solar potential assessment using PVSYS software", International Conference on Green Computing, Communication and Conservation of Energy (ICGCE) 2013, pp. 667-672.
- [18] B. Kailash Krishna Prasad, K. Prahlada Reddy, K. Rajesh, P. Viswanath Reddy, "Design and Simulation Analysis of 12.4 kWp Grid Connected Photovoltaic system by using PVSYS Software".
- [19] Surakit Thongsuk. A Study of Efficiency and Cost-Effectiveness of a Rooftop PV Systems installation Srinakharinwirot University Journal (Science and Technology Branch). 10 (19), 157-168; 2018
- [20] A. A. Hafez and A. Alblawi 2018 A feasibility study of PV installation: Case study at Shaqra University. 2018 9th International Renewable Energy Congress IREC 1–5.
- [21] E Tarigan 2018 Simulation and Feasibility Studies of Rooftop PV System for University Campus Buildings in Surabaya, Indonesia. *International Journal Of Renewable Energy Research* 8(2) 895–908.
- [22] Umar H; Amudy M; Rizal T A (2019). *Journal of Physics: Conference Series. Feasibility Study of Installation Photovoltaic System at University in Indonesia : A Case Study*.
- [23] O. Dominic Ekanem, "Determination of Yearly Fixed Optimal Tilt Angle for Flat-Plate Photovoltaic Modules Based on Perez Transposition Model," *Am. J. Softw. Eng. Appl.*, vol. 6, no. 3, p. 80, 2017
- [24] Fabio Viola, Pietro Romano, Eleonora Riva Sanseverino, Rosario Miceli, Marzia Cardinale, Giuseppe Schettino "An economic study about the installation of PV plants reconfiguration systems in Italy", proceedings of 2014 International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA), DOI:10.1109/ICRERA.2014.7016534
- [25] Fabio Viola, Pietro Romano, Rosario Miceli, Ciro Spataro, Giuseppe Schettino, "Economic benefits of the use of a PV plants reconfiguration systems", in 2015 International Conference on Renewable Energy Research and Application (ICRERA), 22-25 November 2015 Palermo, Italy
- [26] Sukmaaji, Sigit; Hafidz, Mohammad (2015). *Jurnal Energi dan Kelistrikan* Vol 7 No.1, Januari-Mei 2015. *Perancangan dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW on Grid di Yogyakarta*.
- [27] Hasanah, A., Hariyati, R., & Qosim, M. (2019). Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN. *Energi & Kelistrikan*, 11(1), 17 - 26.
- [28] Kodoatie, Robert, J. 1995. *Analisis Ekonomi Teknik*. Yogyakarta: Andi Offset
- [29] Ramadhan, S.G. (2016). *Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Atap Gedung Harry Hartono Universitas Trisakti*. Seminar Nasional CeniKawian. 11(8). 8-10.