

## Simulasi dan Audiensi PLTS Untuk Gedung Baru Dekanat FT Untirta Menggunakan Software Pvsyst

Wahyuni Martiningsih, Khairul Huda Amti, Ceri Ahendyarti

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon, Banten.

### Informasi Artikel

Naskah Diterima : 01 Juni 2022

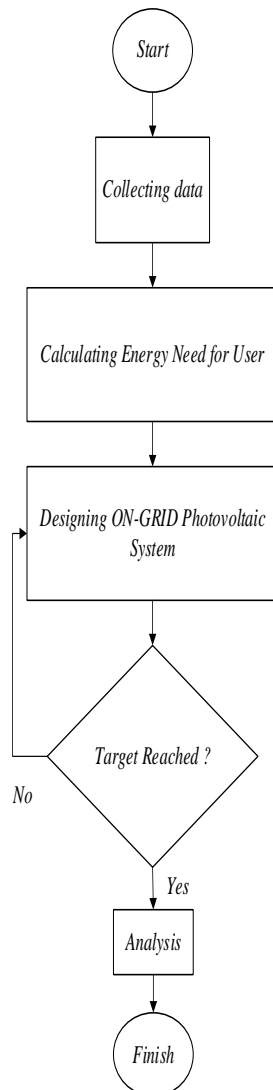
Direvisi : 08 Juni 2022

Disetujui : 24 Juni 2022

doi:10.36055/setrum.v11i1.15902

\*Korespondensi Penulis:  
y\_martiningsih@untirta.ac.id

### Graphical abstract



### Abstract

Degradation availability of fossil energy is caused by overused to it. One of the solutions for this problem is using renewable energy like Photovoltaic System. Pvsyst is software for design and simulation for it. This design optimized for gedung dekanat roof FT Untirta to fulfill energy load. Design has 2 conditions. Result for condition 1 which have 32.850 kWh/year energy consumption fulfilled. Irradiance 5.08 kWh/m<sup>2</sup>/day is making this design produced 32,912 kWh/year, 13,481 kWh/year energy consumed, and 19,431 kWh/year energy sold. Then Condition 2 have 11,624.5 kWh/year energy consumption fulfilled. Irradiance 5.08 kWh/m<sup>2</sup>/day is making this design produced 11,211 kWh/year, 6,253 kWh/year energy consumed, and 4,958 kWh/year energy sold. Based on NPV, PV, and DPP Investation method make this system worth to be done.

Keywords: Photovoltaic System, On Grid, Pvsyst, Renewable Energy

### Abstrak

Ketersediaan energi fosil pada saat ini sudah semakin menipis akibat pemakaian yang sudah terlalu banyak. Salah satu solusi untuk mengurangi tingkat penggunaan energi fosil yaitu menggunakan energi baru terbarukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Software Pvsyst digunakan untuk membuat perancangan dan melakukan simulasi. Perancangan PLTS dioptimalkan untuk atap gedung dekanat FT. Untirta untuk memenuhi kebutuhan energi listrik. Perancangan dilakukan dengan 2 kondisi. Hasil pengujian dengan menggunakan software Pvsyst pada kondisi 1 dengan beban penggunaan energi seluruh gedung sebesar 32.850 kWh/tahun mampu terpenuhi, dengan radiasi matahari 5,08 kWh/m<sup>2</sup>/hari, perancangan PLTS memberikan konversi energi sebesar 32.912 kWh/tahun, energi yang dipakai 13.481 kWh/tahun, dan energi yang terjual sebesar 19.431 kWh/tahun. Sedangkan pada kondisi 2 dengan beban hanya energi yang digunakan lampu sebesar 11.624,5 kWh/tahun mampu terpenuhi, dengan radiasi matahari 5,08 kWh/m<sup>2</sup>/hari, perancangan PLTS memberikan konversi energi sebesar 11.211 kWh/tahun, energi yang dipakai 6.253 kWh/tahun, dan energi yang terjual sebesar 4.958 kWh/tahun. Berdasarkan metode NPV, PI dan DPP investasi untuk PLTS pada gedung dekanat layak untuk dilaksanakan.

Kata Kunci: PLTS, On Grid, Pvsyst, Energi Baru Terbarukan

## 1. PENDAHULUAN

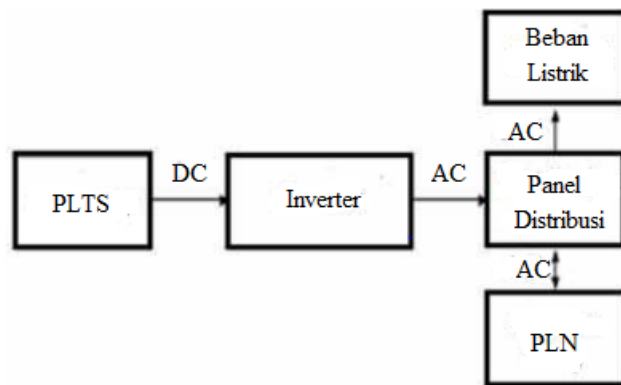
Fakultas Teknik Untirta yang terletak di kota Cilegon, Banten mempunyai visi yaitu "Terwujudnya Fakultas Teknik Untirta yang UNGGUL, SMART, dan GREEN di Kawasan ASEAN Tahun 2030".

FT.Untirta terdiri dari beberapa bangunan yang salah satunya adalah gedung dekanat terdiri dari 5 lantai dengan masing-masing lantai merupakan ruang kerja Prodi yang ada. Setiap ruangan terdapat fasilitas berupa komputer, AC (*Air Conditioner*), lampu, dan lain-lain untuk mendukung kinerja para staff dan dosen. Dengan banyaknya fasilitas tersebut penggunaan listrik rata-rata di Gedung Dekanat sebesar 90 kWh/hari. Dengan penggunaan energi tersebut peneliti ingin membantu melakukan simulasi penghematan energi yang bersumber dari PLN dengan melakukan simulasi memanfaatkan sumber dari panel surya.

Indonesia memiliki potensi pengembangan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebesar 207.898 MW (4,80 kWh/m<sup>2</sup>/hari)[1]. Untuk daerah Banten memiliki potensi 98,77 MW (4,52 kWh/m<sup>2</sup>/hari) dan 753,28 W/m<sup>2</sup>[2].

Berkaitan dengan potensi dan visi Untirta sebagai *green university* tersebut, maka pada penelitian ini akan membahas penerapan teknologi ramah lingkungan di Fakultas Teknik. Peneliti melakukan simulasi perancangan PLTS on-grid dengan menggunakan software PVsyst.

Aplikasi PLTS on-grid banyak dijumpai pada bangunan, biasanya modul PV akan diletakkan pada atap bangunan atau terintegrasi dengan bangunan. Modul PV yang terintegrasi biasa disebut Building Integrated Photovoltaics (BIPV). Penempatan modul PV akan terletak pada dinding jendela atau menyesuaikan dengan bentuk bangunan yang ingin digunakan seperti atap yang miring atau datar.



Gambar 1. Diagram PLTS *On-Grid* [3]

Ketika beban tinggi dan tidak ada/sedikit sinar matahari yang mengenai modul PV, misalnya saat cuaca berawan atau malam hari, secara otomatis melalui skema pembagian beban pada panel distribus bangunan akan menggunakan sumber daya dari PLN [4]. Besarnya kapasitas daya yang dihasilkan, dapat diketahui melalui pengukuran terhadap arus (I) dan tegangan (V) pada gugusan sel surya yang disebut panel atau modul.

Pengukuran arus maksimum dilakukan dengan cara kedua terminal dari modul dibuat rangkaian hubung singkat sehingga tegangannya menjadi nol dan arusnya maksimum yang dinamakan short circuit current atau  $I_{sc}$ . Pengukuran terhadap tegangan (V) dilakukan pada terminal positif dan negatif dari modul sel surya dengan tidak menghubungkan sel surya dengan komponen lainnya. Pengukuran ini dinamakan open circuit voltage atau  $V_{oc}$ . Kurva I-V tersebut menunjukkan hal-hal yang penting, yaitu [5] :

1. Maksimum Power Point ( $V_{mp}$  dan  $I_{mp}$ ) pada kurva I-V adalah titik operasi yang menunjukkan daya maksimum yang dihasilkan oleh PV.
2. *Open Circuit Voltage* ( $V_{oc}$ ) adalah kapasitas tegangan maksimum yang dapat dicapai pada saat tidak adanya arus.
3. *Short Circuit Current* ( $I_{sc}$ ) adalah maksimum arus keluaran dari panel sel surya yang dapat dikeluarkan di bawah kondisi dengan tidak ada resistansi atau hubung singkat.

Berdasarkan ketiga parameter tersebut, maka daya keluaran sel surya dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$P_{out} = V_{foc} \times I_{sc} \times FF \tag{1}$$

FF (*Fill Factor*) merupakan parameter yang menentukan daya maksimum dari panel sel surya. Besarnya FF diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut ini [3]

$$FF = \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \text{ atau } FF = \frac{P_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}} \tag{2}$$

Efisiensi konversi energi cahaya menjadi energi listrik diperoleh dari perbandingan antara daya keluaran dengan daya masukan. Daya masukan dan daya keluaran sel surya diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut [3]:

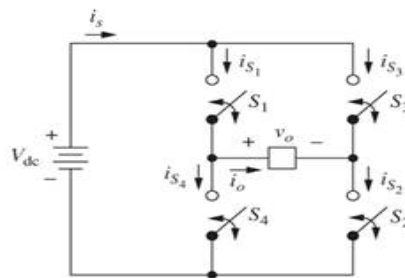
$$P_{in} = G \times A \tag{3}$$

$$P_{out} = V_{max} \times I_{max} \tag{4}$$

Sehingga besarnya nilai efisiensi diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \tag{5}$$

Pemilihan inverter yang tepat tergantung pada kebutuhan beban dan juga kepada sistem itu sendiri, apakah inverter akan menjadi bagian dari system yang terhubung ke jaringan listrik atau sistem yang berdiri sendiri. Efisiensi inverter pada saat pengoperasian adalah sekitar 90% [6]. Pada pemilihan inverter diupayakan 20% lebih tinggi dari daya maksimum beban AC [7]. Rangkaian sederhana inverter dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian Inverter [8]

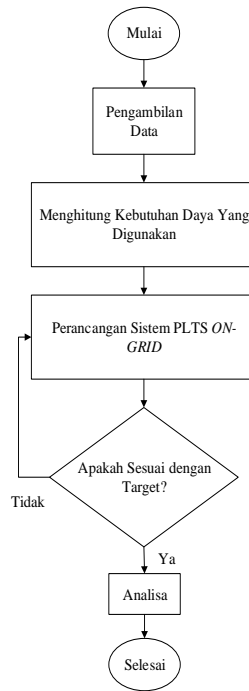
Baterai yang dipergunakan pada PLTS mengalami proses siklus mengisi (*Charging*) dan mengosongkan (*Discharging*), tergantung pada ada atau tidaknya sinar matahari. Tingkat kedalaman pengosongan (*Depth of Discharge*) baterai biasanya dinyatakan dalam persentase. Misalnya, suatu baterai memiliki DOD 80%, ini berarti bahwa hanya 80% dari energi yang tersedia dapat dipergunakan dan 20% tetap berada dalam cadangan. Pengaturan DOD berperan dalam menjaga usia pakai dari baterai tersebut [3]. Besar kapasitas baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi konsumsi energi harian, dapat diperoleh dengan persamaan berikut ini [9]:

$$Ah = \frac{Et}{V_s} \tag{6}$$

$$Cb = \frac{Ah \times n}{\% DOD} \times 100\% \tag{7}$$

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada perancangan PLTS *On-Grid* dibuat secara keseluruhan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Penelitian

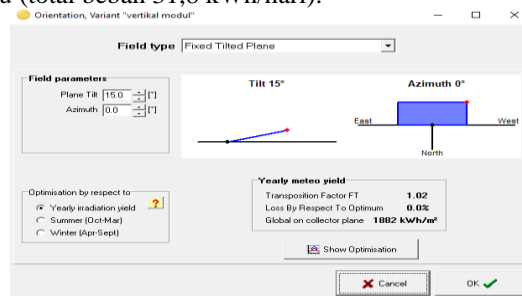
Pengambilan data sensor di dapat dari pendeteksian sensor terhadap objek yang di deteksi seperti sensor tegangan mendeteksi tegangan kemudian data dikirimkan ke Arduino agar di proses. Proses tersebut berupa pembacaan program yang telah di *upload* ke Arduino yang di dapat dari *study* literatur untuk menjalankan sensor agar dapat mendeteksi objek. Mengubah nilai data sensor dimaksudkan mengkonversi masukan analog menjadi digital atau digital to digital agar dapat dibaca pada saat sistem *running*.

Jadi ketika 5 sensor yaitu sensor tegangan, ACS758, sensor tegangan, MPX5050dp dan DS18B20 mengalami peristiwa seperti nilai tegangan menurun, nilai arus menurun, volume BBM hampir habis, volume air radiator hampir habis dan suhu radiator tidak normal maka buzzer akan menyala mengirimkan suara alarm menandakan mobil Tawon dalam kondisi kurang baik. *Output* ditampilkan dengan dua cara pengguna dapat dengan mudah melihat melalui LCD 16x2 dan *smartphone* Android pengguna. *Interface* yang digunakan yaitu aplikasi App Inventor 2 yang sudah di program agar Bluetooth HC-06 dapat terkoneksi dengan *smartphone* Android. Semua data yang telah di proses akan dikirimkan melalui Bluetooth HC-06 dengan cara melakukan *pairing* terlebih dahulu antara HC-06 dengan *smartphone* Android, bila hasil data belum dapat menampilkan maka dilakukan *pairing* ulang hingga hasil data dapat tampil pada *smartphone* pengguna.

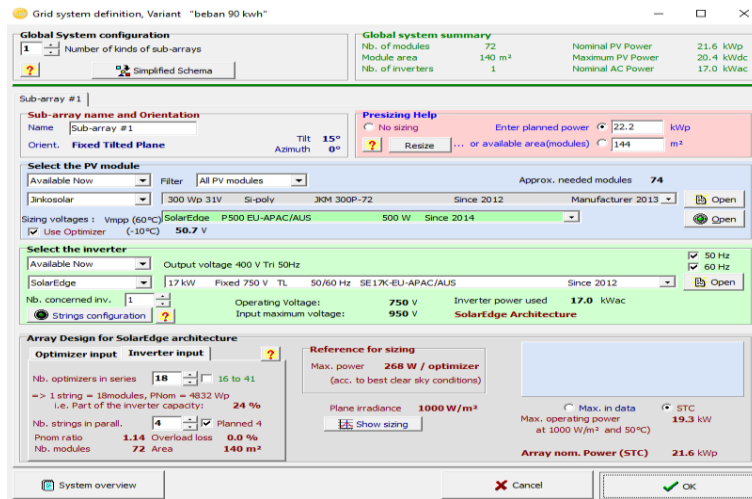
### 2.1 Perancangan dan Simulasi pada Pvsyst

Pada perancangan sistem PLTS menggunakan Pvsyst 6.81, aplikasi ini dapat mensimulasikan energi yang dihasilkan setelah memilih komponen yang kita inginkan. Pemasangan panel dapat dilihat pada Gambar 4 sampai Gambar 8.

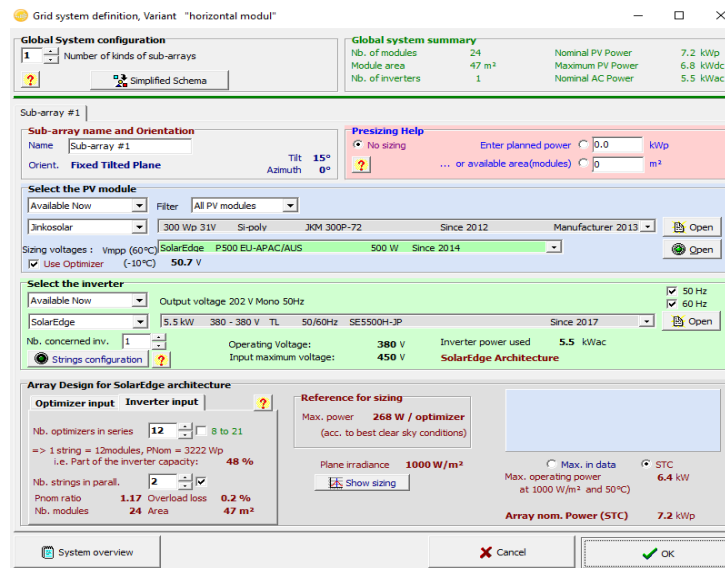
Simulasi dilakukan dengan dua kondisi yaitu: kondisi 1 dengan total beban 90 kWh/hari dan kondisi 2 dengan beban hanya lampu (total beban 31,8 kWh/hari).



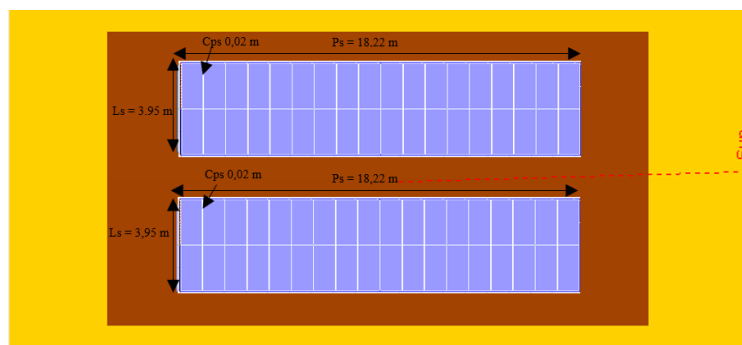
Gambar 4. Orientasi Pemasangan Panel Surya



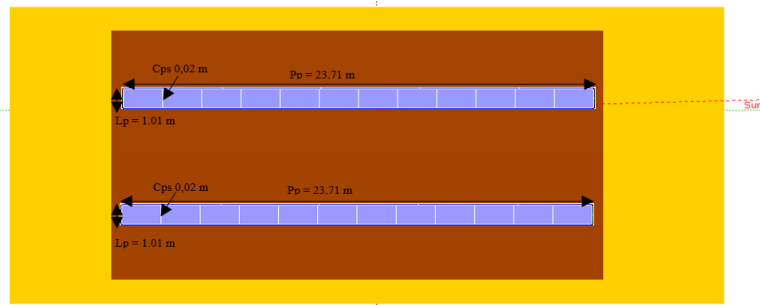
Gambar 5. Perancangan Sistem Kondisi 1 untuk PLTS *On-Grid* pada menu PVsyst.



Gambar 6. Perancangan Sistem Kondisi 2 untuk PLTS *On-Grid* pada menu Pvsyst.



Gambar 7. Pemasangan Panel Surya kondisi 1



Gambar 8. Pemasangan Panel Surya kondisi 2

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Sistem PLTS

Pengujian sistem dibagi atas 2 kondisi yaitu kondisi 1 dengan beban total konsumsi pada gedung dekanat dan kondisi 2 dengan beban konsumsi hanya lampu.

Kondisi 1

Tabel 1. Total Energi (kWh) per Jam Tiap Bulan

Bulan/Jam	Waktu (WIB)												Total
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Januari	15	95	198	282	331	338	321	282	240	180	100	24	2406
Februari	7	91	185	246	308	310	307	294	245	195	111	28	2327
Maret	15	129	254	337	398	384	374	341	295	213	113	26	2879
April	23	142	249	322	373	373	359	339	289	203	105	10	2787
Mei	23	138	246	311	371	388	388	361	302	218	117	7	2870
Juni	16	126	228	309	351	374	368	347	295	213	116	10	2753
Juli	12	129	237	324	368	398	407	387	324	255	141	14	2996
Augustus	16	143	262	350	398	423	426	399	343	255	141	15	3171
September	39	154	267	350	406	418	409	371	316	230	121	11	3092
October	45	151	250	339	387	394	386	347	279	194	88	3	2863
November	42	134	219	284	324	329	320	290	240	166	76	3	2427
December	31	117	209	281	328	315	302	275	225	162	85	11	2341
Total	284	1548	2805	3735	4343	4443	4366	4032	3393	2484	1315	164	32912

Tabel 2. Hasil Simulasi Energi Sistem PLTS

Bulan	E_Avail (kWh)	E_User (kWh)	E_Solar (kWh)	E_Grid (kWh)	E_FrGrid (kWh)	SolFrac
Januari	2.405	2.790	1.100	1.306	1.690	0,394
Februari	2.326	2.520	1.001	1.325	1.519	0,397
Maret	2.880	2.790	1.145	1.735	1.645	0,41
April	2.789	2.700	1.108	1.681	1.592	0,41

Mei	2.872	2.790	1.122	1.750	1.668	0,402
Juni	2.753	2.700	1.122	1.631	1.578	0,415
Juli	2.997	2.790	1.164	1.833	1.626	0,417
Augustus	3.169	2.790	1.172	1.997	1.618	0,42
September	3.091	2.700	1.158	1.933	1.542	0,429
October	2.863	2.790	1.161	1.702	1.629	0,416
November	2.427	2.700	1.108	1.319	1.592	0,41
Desember	2.340	2.790	1.122	1.219	1.668	0,402
Rata-rata	2.742,67	2.737,50	1.123,58	1.619,25	1.613,92	0,41
Total	32.912	32.850	13.481	19.431	19.369	

Kondisi 2

Tabel 3. Total Energi (kWh) per Jam Tiap Bulan

Bulan/Jam	Waktu (WIB)												Total
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Januari	5	32	67	96	113	115	109	96	82	61	34	8	818
Februari	2	31	63	84	105	106	105	100	84	66	38	10	794
Maret	5	44	87	115	135	130	127	116	101	73	39	9	981
April	8	49	85	110	127	126	121	116	99	69	36	3	949
Mei	8	47	84	106	126	131	131	123	103	74	40	2	975
Juni	5	43	78	105	120	127	125	118	101	73	40	4	939
Juli	4	44	81	111	125	135	139	132	111	87	48	5	1022
Augustus	6	49	89	119	136	144	145	136	117	87	48	5	1081
September	13	52	91	119	138	141	139	126	108	78	41	4	1050
October	15	51	85	116	132	134	132	118	95	66	30	1	975
November	14	46	75	97	110	112	109	99	82	57	26	1	828
December	11	40	71	96	112	107	103	94	77	55	29	4	799
Total	97	528	956	1274	1478	1509	1484	1375	1158	848	449	57	11213

Tabel 4. Total Energi (kWh) per Jam Tiap Bulan

Bulan	E_Avail (kWh)	E_User (kWh)	E_Solar (kWh)	E_Grid (kWh)	E_FrGrid (kWh)	SolFrac
Januari	820	987,3	474,4	345,8	512,9	0,481
Februari	793	891,7	468,3	324,7	423,4	0,525
Maret	979	987,3	540,1	439,2	447,2	0,547
April	948	955,4	508,2	440	447,3	0,532



Mei	977	987,3	538,9	437,9	448,3	0,546
Juni	938	955,4	537,3	401,2	418,1	0,562
Juli	1.021	987,3	590,7	430,8	396,6	0,598
Augustus	1.080	987,3	601,1	478,8	386,2	0,609
September	1.052	955,4	566,4	485,6	389	0,593
October	976	987,3	528,4	447,4	458,8	0,535
November	828	955,4	453,9	373,6	501,5	0,475
Desember	798	987,3	445,2	353	542,1	0,451
Rata-rata	934,167	968,700	521,075	413,167	447,617	0,538
Total	11.211	11.624,5	6.253	4.958	5.371,5	

Keterangan :

$E_{Avail}$  : Energi yang dihasilkan oleh sistem plts (kWh)

$E_{User}$  : Energi yang dipasok ke beban (kWh)

$E_{Solar}$  : Energi Solar yang digunakan (kWh)

$E_{Grid}$  : Energi yang disuplai ke PLN (kWh)

$E_{FrGrid}$  : Energi yang disuplai oleh PLN (kWh)

$SolFrac$  : Keandalan sistem plts dalam memenuhi beban ( $E_{Solar}/E_{User}$ )

### 3.2 Analisis Biaya Sistem PLTS

Berdasarkan metode analisis ekonomi didapat hasil seperti tabel

Kondisi 1

Tabel 4. Hasil Perhitungan NCF, DF dan PVNCV dengan  $i = 11\%$

Thn	Investasi Awal (\$)	Arus kas masuk (\$)	Arus Kas Keluar (\$)	Arus Kas Bersih (NCF) (\$)	DF	Present Value NCF (\$)	Kumulatif NCF (\$)
0	26.611,460						
1		5.829	266,11	5.562,89	0,901	5.011,61	5.011,61
2		5.829	266,11	5.562,89	0,812	4.514,84	9.526,45
3		5.829	266,11	5.562,89	0,731	4.067,59	13.594,03
4		5.829	266,11	5.562,89	0,659	3.664,28	17.258,31
5		5.829	266,11	5.562,89	0,594	3.301,58	20.559,89
6		5.829	266,11	5.562,89	0,535	2.973,92	23.533,81
7		5.829	266,11	5.562,89	0,482	2.679,64	26.213,45
8		5.829	266,11	5.562,89	0,434	2.413,74	28.627,19
9		5.829	266,11	5.562,89	0,391	2.174,53	30.801,72
10		5.829	266,11	5.562,89	0,352	1.959,25	32.760,97
11		5.829	266,11	5.562,89	0,317	1.765,10	34.526,08
12		5.829	266,11	5.562,89	0,286	1.589,87	36.115,95
13		5.829	266,11	5.562,89	0,258	1.432,44	37.548,39
14		5.829	266,11	5.562,89	0,232	1.290,59	38.838,99
15		5.829	266,11	5.562,89	0,209	1.162,64	40.001,63
16		5.829	266,11	5.562,89	0,188	1.047,49	41.049,12





17		5.829	266,11	5.562,89	0,170	943,47	41.992,59
18		5.829	266,11	5.562,89	0,153	850,01	42.842,60
19		5.829	266,11	5.562,89	0,138	766,01	43.608,61
20		5.829	266,11	5.562,89	0,124	689,80	44.298,41

**Kondisi 2**

Tabel 3.6 Hasil Perhitungan NCF, DF dan PVNCF dengan  $i = 11\%$

Thn	Investasi Awal (\$)	Arus kas masuk (\$)	Arus Kas Keluar (\$)	Arus Kas Bersih (NCF) (\$)	DF	Present Value NCF (\$)	Kumulatif NCF (\$)
0	10.043,04						
1		1.487	100,43	1.386,57	0,901	1249,16	1.249,16
2		1.487	100,43	1.386,57	0,812	1125,34	2.374,50
3		1.487	100,43	1.386,57	0,731	1013,86	3.388,36
4		1.487	100,43	1.386,57	0,659	913,33	4.301,69
5		1.487	100,43	1.386,57	0,594	822,93	5.124,62
6		1.487	100,43	1.386,57	0,535	741,26	5.865,88
7		1.487	100,43	1.386,57	0,482	667,91	6.533,80
8		1.487	100,43	1.386,57	0,434	601,63	7.135,43
9		1.487	100,43	1.386,57	0,391	542,01	7.677,44
10		1.487	100,43	1.386,57	0,352	488,35	8.165,79
11		1.487	100,43	1.386,57	0,317	439,96	8.605,75
12		1.487	100,43	1.386,57	0,286	396,28	9.002,03
13		1.487	100,43	1.386,57	0,258	357,04	9.359,07
14		1.487	100,43	1.386,57	0,232	321,68	9.680,75
15		1.487	100,43	1.386,57	0,209	289,79	9.970,55
16		1.487	100,43	1.386,57	0,188	261,09	10.231,64
17		1.487	100,43	1.386,57	0,170	235,16	10.466,80
18		1.487	100,43	1.386,57	0,153	211,87	10.678,67
19		1.487	100,43	1.386,57	0,138	190,93	10.869,60
20		1.487	100,43	1.386,57	0,124	171,93	11.041,53

Dari tabel hasil simulasi menggunakan PVSyst, maka diperoleh kelayakan investasi PLTS menggunakan metode NPV, PI dan DPP menunjukkan hasil bahwa investasi PLTS pada gedung baru FT. Untirta layak untuk dilaksanakan.

Untuk Kondisi 1, konsumsi energi listrik yang di perlukan sebesar 32.850 kWh per tahun, kebutuhan ini dipenuhi oleh sistem plts yang dirancang sebesar 13.481 kWh dan 19.369 kWh dari daya PLN, dan energi yang dijual ke PLN sebesar 19.431 kWh per tahun.

Dengan nilai NPV = 17.686,95 \$, PI = 1,66, dan PP = 4,56 tahun, nilai investasi dapat dikembalikan dalam rentang waktu 7 tahun 2 bulan dengan umur proyek 20 tahun.

Untuk Kondisi 2, konsumsi energi listrik yang di perlukan sebesar 11.624,5 kWh per tahun, kebutuhan ini dipenuhi oleh sistem plts yang dirancang sebesar 6.253 kWh dan 5.371,5 kWh dari daya PLN, dan energi yang dijual ke PLN sebesar 4.958 kWh per tahun.

Dengan nilai NPV = 1.528,29 \$, PI = 1,1, dan PP = 6,4 tahun, nilai investasi dapat dikembalikan dalam rentang waktu 13 tahun 6 bulan dengan umur proyek 20 tahun.

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh hasil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Energi yang dibangkitkan untuk gedung dekanat FT Untirta adalah 32,912 kWh dalam setahun untuk kondisi 1, dan 11.211 kWh dalam setahun untuk kondisi 2
2. Sistem PLTS yang dikembangkan adalah sistem PLTS *On-Grid*. Pemasangan panel surya dengan posisi yang tetap dengan kemiringan 15° dan azimuth 0°. Sistem pada kondisi 1 menggunakan 72 panel surya, 1 inverter dan alat pelengkap lainnya, sedangkan pada kondisi 2 menggunakan 24 panel surya, 1 inverter dan alat pelengkap lainnya
3. Kebutuhan komponen PLTS pada kondisi 2 yaitu 72 panel surya 300 Wp, 72 *optimizer*, 72 rak panel surya, inverter 17kW kW dan alat pendukung lainnya. Untuk kondisi 2 yaitu 24 panel surya 300 Wp, 24 *optimizer*, 24 rak panel surya, inverter 5,5 kW dan alat pendukung lainnya.

#### Daftar Pustaka

- [1] “Peluang Besar Kejar Target EBT Melalui Energi Surya - Kementerian ESDM Republik Indonesia.” [Online]. Available: <http://ebtke.esdm.go.id/post/2019/09/26/2348/peluang.besar.kejar.target.ebt.melalui.energi.surya>. [Accessed: 13-Feb-2021].
- [2] “Energi Baru Terbarukan.” [Online]. Available: <https://geoportal.esdm.go.id/ebtke/>. [Accessed: 13-Feb-2020].
- [3] M. Y. Apriyansah, *Optimalisasi Pemanfaatan Atap Gedung Perkuliahan Untuk Pemasangan Panel Surya Sebagai Sumber Listrik*. 2016.
- [4] A. K. S. David Tan, “Handbook for Solar Photovoltaic Systems,” *Energy Mark. Authority, Singapore Publ.*, pp. 4–9, 2011.
- [5] R. WiryadinataR. Munarto, “Studi Pemanfaatan Energi Matahari di Pulau Panjang Sebagai Pembangkit Listrik Alternatif,” *Jurnal Setrum, Untirta*, vol. 2, no. 1, 2013.
- [6] P. H. J, “ANALISIS KEEKONOMIAN KOMPLEKS PERUMAHAN BERBASIS ENERGI SEL SURYA (STUDI KASUS: PERUMAHAN CYBER ORCHID TOWN HOUSES, DEPOK),” *FMIPA UI*, no. 0806455143, 2012.
- [7] A. E.-S. A. Nafeh, “Design and Economic Analysis of a Stand-Alone PV System to Electrify a Remote Area Household in Egypt,” *Open Renew. Energy J.*, 2009, doi: 10.2174/1876387100902010033.

- [8] “inverter.png (251×206).” [Online]. Available: <https://www.ourpcb.com/wp-content/uploads/2016/08/inverter.png>. [Accessed: 28-Feb-2020].
- [9] M. B. Djaufani, N. Hariyanto, and S. Saodah, “Perancangan dan Realisasi Kebutuhan Kapasitas Baterai untuk Beban Pompa Air 125 Watt Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya,” *Elka Elkonika*, vol. 3, no. 2, pp. 75–86, 2015.