

Perencanaan dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop dengan Sistem On Grid sebagai Catu Daya Tambahan pada RSUD Kabupaten Mimika

Yakobus Kariongan¹, Joni²

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Cenderawasih

e-mail: yakobuskariongan.ft.uncen@gmail.com¹, me.uncen@gmail.com²

Abstrak

Konsumsi energi saat ini yang terus meningkat, sehingga cadangan energi fosil suatu saat akan habis. Selain itu, energi berbasis fosil juga tidak ramah lingkungan, karena menghasilkan emisi gas buang (CO₂) yang tinggi dan berdampak buruk terhadap lingkungan. Oleh sebab itu, penggunaan sumber energi terbarukan, misalnya energi surya. Sangat dibutuhkan untuk menggantikan energi fosil, karena dapat dipulihkan kembali secara alami dengan cepat dan prosesnya berkelanjutan. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan atap beton gedung IRD RSUD Kab. Mimika sebagai peletakan panel surya. PLTS yang akan dikembangkan ini direncanakan untuk dapat mensuplai 60% dari kebutuhan beban puncak sebesar 211,2 kWh dengan sistem on-grid sebagai catu daya tambahan. Hasil dari perencanaan menghasilkan luas array seluas 375 m² dengan daya yang dibangkitkan 63.000 Wp. Menggunakan panel surya kapasitas 300 Wp sebanyak 210 buah tersusun tiga array kapasitas daya sebesar 21.000 W tiap array dengan kapasitas daya total 63.000 Wp, PLTS rooftop pada RSUD Kab. Mimika dapat menghasilkan energi listrik sebesar 242,874 kWh/hari dan 90.474 kWh/tahun. biaya energi (Cost Of Energy) PLTS rooftop RSUD Kab. Mimika sebesar Rp. 1.700,00/kWh. Analisis kelayakan investasi dilakukan dengan menggunakan Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI) dan Discounted Payback Period (DPP) untuk menentukan hasil bahwa investasi PLTS layak untuk dilaksanakan. Hasil analisa Net present Value (NPV) menunjukkan nilai positif Rp. 1.761.529,00, sedangkan hasil analisa Profitability Index (PI) menunjukkan nilai positif 1,0015 dan Discounted Payback Period (DPP) masih dibawah umur proyek 25 tahun yaitu 24 tahun 8 bulan. Kesimpulan dari kajian ini adalah investasi proyek PLTS pada RSUD Kab. Mimika, berdasarkan aspek teknis dan aspek ekonomi layak dilaksanakan.

Kata kunci: *PLTS Rooftop, Cost Of Energy, Net Present Value*

Abstract

The current energy consumption continues to increase, so that fossil energy reserves will one day run out. In addition, fossil-based energy is also not environmentally friendly, because it produces high exhaust emissions (CO₂) and has a negative impact on the environment. Therefore, the use of renewable energy sources, such as solar energy. It is urgently needed to replace fossil energy, because it can be recovered naturally quickly and the process is sustainable. Based on this, this research was conducted by utilizing the concrete roof of the IRD RSUD Kab. Mimika as the laying of solar panels. The PLTS to be developed is planned to be able to supply 60% of the peak load requirement of 211.2 kWh with an on-grid system as an additional power supply. The results of the planning produce an array area of 375 m² with 63,000 Wp generated power. Using solar panels with a capacity of 300 Wp as many as 210 pieces arranged in three arrays with a power capacity of 21,000 W each with a total power capacity of 63,000 Wp, rooftop PLTS at RSUD Kab. Mimika can produce electrical energy of 242.874 kWh/day and 90,474 kWh/year. energy costs (Cost Of Energy) PLTS rooftop RSUD Kab. Mimika Rp. 1.700.00/kWh. Investment feasibility analysis is carried out

using Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI) and Discounted Payback Period (DPP) to determine the results that PLTS investment is feasible to implement. The results of the Net Present Value (NPV) analysis show a positive value of Rp. 1,761,529.00, while the results of the Profitability Index (PI) analysis show a positive value of 1.0015 and the Discounted Payback Period (DPP) is still below the project age of 25 years, namely 24 years and 8 months. The conclusion of this study is the PLTS project investment in RSUD Kab. Mimika, based on technical and economic aspects, is feasible.

Keywords : *PLTS Rooftop, Cost Of Energy, Net Present Value*

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi saat ini sangat besar, dan terus meningkat seiring berjalannya waktu. Instansi, perindustrian, transportasi, perkantoran, serta kebutuhan rumah tangga. Dan kebutuhan energi yang sangat besar tadi, sebagian besar masih dipenuhi oleh energi berbasis fosil: minyak bumi, batu bara, gas alam. Energi berbasis fosil ini bukan jenis energi terbarukan, dan akan memerlukan waktu sangat lama untuk meregenerasinya. Dengan tingkat konsumsi energi saat ini yang terus meningkat, cadangan energi fosil suatu saat akan habis. Selain itu, energi berbasis fosil juga tidak ramah lingkungan, karena menghasilkan emisi gas buang (CO₂) yang tinggi yang dalam jangka panjang akan berdampak buruk terhadap lingkungan. Oleh sebab itu, penggunaan sumber energi terbarukan sangat dibutuhkan untuk menggantikan energi fosil, karena dapat dipulihkan kembali secara alami dengan cepat dan prosesnya berkelanjutan. Misalnya energi surya.

Indonesia merupakan Negara yang terletak di garis katulistiwa yang memiliki potensi energi matahari yang besar. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu aplikasi dari penggunaan energi terbarukan yang berpotensi diterapkan di Indonesia yang memiliki potensi radiasi matahari rata-rata 4,8 kWh/m²/hari. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) rooftop adalah pembangkit listrik yang memanfaatkan sumber energi terbarukan dari sinar matahari dan atap (rooftop) digunakan sebagai sarana tempat pembangkitan. Penggunaan solar panel sebagai energi baru terbarukan (EBT) menjadi sebuah gerakan untuk mengurangi penggunaan listrik konvensional yang menggunakan bahan bakar minyak berasal dari fosil hal ini dikarenakan solar panel hanya memerlukan sinar matahari sebagai sumber utama penghasil listrik.

RSUD. Kab. Mimika merupakan sebuah rumah sakit dengan fasilitas yang cukup lengkap, berlokasi di daerah timur Kab. Mimika. Untuk aktifitasnya diperlukan energi listrik yang disuplai dari PLN sebesar 1.100 kVA dengan trafo terpasang 1.250 kVA, dan dibackup oleh satu generator 650 kVA dan dua generator 350 kVA. RSUD Kab. Mimika mengonsumsi energi listrik sebesar 352 kWh saat beban puncak. Total luas rooftop gedung IRD adalah 3.534 m² sedangkan total area rooftop yang bisa digunakan untuk peletakan panel surya adalah 2.960 m²

Berdasarkan penjabaran berbagai permasalahan dan solusi diatas bahwa untuk mengatasi permasalahan konsumsi energi yang terus meningkat dan energi berbasis fosil yang terus menipis perlu dilakukan sebuah penelitian untuk memanfaatkan energi baru terbarukan (EBT) berdasarkan potensi yang tersedia.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kebutuhan kapasitas komponen utama untuk perencanaan PLTS rooftop pada RSUD Kab. Mimika, untuk mengetahui besarnya daya yang dapat dibangkitkan PLTS rooftop pada RSUD Kab. Mimika, untuk mengetahui kelayakan investasi pada PLTS rooftop RSUD Kab. Mimika dengan metode :Net Present Value (NPV), Profitability Index (PI), dan Discounted Payback Periode (DPP).

METODE PENELITIAN

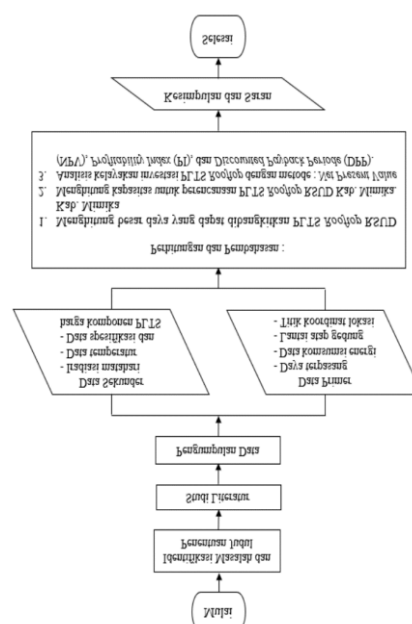
Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini yang pertama dilakukan adalah identifikasi masalah dan tujuan penelitian yang ada distudi dan didukung dengan literatur-literatur yang ada kaitannya dengan permasalahan. Setelah itu dilakukan pengumpulan data dan informasi, baik yang didapat langsung dari lapangan maupun segala bentuk informasi yang didapat dari pengurus RSUD Kab. Mimika. Pengumpulan data primer terdiri dari data beban puncak RSUD Kab. Mimika dan luas atap dari gedung.

Analisis Data

Analisis data yang dilakukan dengan mengolah data berdasarkan aspek teknis dan aspek biaya sebagai berikut :

1. Menghitung energi listrik yang akan disuplai dari PLTS, energi PLTS yang direncanakan sebesar 60% dari pemakaian beban listrik PLN.
2. Menghitung daya yang dibangkitkan PLTS meliputi :
 - a. Menghitung Area Array
 - b. Menghitung daya yang dibangkitkan
3. Menghitung kapasitas komponen meliputi:
 - a. Menghitung jumlah panel surya
 - b. Menghitung kapasitas inverter
4. Menghitung energi yang dihasilkan PLTS *Rooftop*
5. Menghitung *performace ratio*
6. Menghitung biaya energi PLTS *Rooftop* meliputi:
 - a. Biaya investasi awal
 - b. Biaya pemeliharaan dan operational
 - c. Biaya siklus hidup
 - d. Faktor pemulihan modal
 - e. Biaya energi PLTS
7. Menganalisa kelayakan investasi PLTS *Rooftop* menggunakan metode:
 - a. *Net Present Value* (NPV)
 - b. *Profitability Index* (PI)
 - c. *Discounted Payback Period*(DPP)
8. Kesimpulan dan Saran



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Teknis Perencanaan PLTS Rooftop

1. Menghitung Energi Listrik yang akan disuplai dari PLTS Rooftop

Direncanakan energi listrik dari PLTS untuk mensuplai RSUD Kab. Mimika sebesar 60% dari kebutuhan beban puncak sebesar 352 kWh per hari. Besar pemakaian energi listrik (E_L) yang akan disuplai oleh PLTS rooftop adalah:

$$\begin{aligned} E_L &= 60\% \times \text{Total beban} \\ &= 60\% \times 352 \text{ kWh} \\ &= 211,2 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Sesuai dengan ketentuan yang berlaku, panel surya memiliki penurunan kapasitas daya yang dihasilkan jika melebihi dari standar temperatur optimal panel surya tersebut bekerja. Jika panel surya tersebut bekerja diatas temperatur 25°C maka akan berkurang 0,5% setiap perubahan temperaturnya. Temperatur tertinggi 27,3°C pada bulan mei dan oktober sedangkan temperatur terendah 26,6°C pada bulan juni, maka kenaikan menjadi 2,3°C, maka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} P_{\text{saat } 27,3^{\circ}C} &= 0,5\% \left/ \right.^{\circ} C \times P_{MPP} \times \Delta t \\ &= 0,5\% \left/ \right.^{\circ} C \times 300W \times 2,3^{\circ}C \\ &= 3,45 W \end{aligned}$$

Keluaran daya saat temperatur naik menjadi 27,3°C dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{MPP \text{ saat } 27,3^{\circ}C} &= P_{MPP} - P_{\text{saat } t \text{ naik}^{\circ}C} \\ &= 300 W - 3,45 W \\ &= 296,55 W \end{aligned}$$

P_{MPP} saat 27,3°C adalah keluaran maksimum panel surya pada saat temperatur disekitar panel naik menjadi 2,3°C dari suhu standar. Faktor koreksi temperatur (*Temperatur Correction Factor*) dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} TCF &= \frac{P_{MPP \text{ saat } 27,3^{\circ}C}}{P_{MPP}} \\ &= \frac{296,55}{300} \\ &= 0,98 \end{aligned}$$

Jika G_{AV} , η_{PV} , η_{OUT} , dan TCF telah diketahui, maka dilakukan perhitungan Area PV Area keseluruhan, yaitu:

$$\begin{aligned} PVArea &= \frac{E_L}{G_{AV} \times \eta_{PV} \times TFC \times \eta_{OUT}} \\ &= \frac{211,2}{3,90 \times 0,168 \times 0,98 \times 0,9} \\ &= 365,46 m^2 \end{aligned}$$

Dengan Area PV Array sebesar 365,46 m², secara teknis sangat layak untuk diterapkan, karena luas atap gedung IRD RSUD Kab. Mimika melebihi dari luas Area PV Array tersebut.

2. Daya yang dibangkitkan PLTS Rooftop (Wattpeak)

Dari perhitungan area array, maka besar daya yang dibangkitkan PLTS (*Wattpeak*) dapat ditentukan, dengan area array adalah 165,46 m², *Peak Sun Insolation* (PSI) adalah

1000 W/m² dan efisiensi modul surya adalah 16,8% maka besar daya yang dibangkitkan PLTS *rooftop* dapat diperhitungkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{watt\ peak} &= PV\ Area \times PSI \times \eta_{PV} \\ &= 365,46 \times 1000 \times 0,168 \\ &= 61.397,28Wp \end{aligned}$$

3. Menghitung Jumlah Panel Surya

Panel surya yang digunakan untuk merencanakan PLTS pada RSUD Kab. Mimika adalah panel surya dengan kapasitas 300 Wp. Sehingga berdasarkan kapasitas panel surya yang digunakan, maka jumlah panel surya yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel surya} &= \frac{P_{watt\ peak}}{P_{MPP}} \\ &= \frac{61.396,28}{300} \\ &= 204,65 \approx 205\ \text{buah} \end{aligned}$$

Kebutuhan energi listrik RSUD Kab. Mimika saat ini disuplai oleh PLN dengan kapasitas daya sebesar 1.100 kVA dan didapat dari trafo phasa dengan daya 1.200 kVA, karena RSUD Kab. Mimika menggunakan jaringan tiga phasa maka harus dijaga keseimbangan instalasi dan pemakaian beban disetiap phasanya. Akan tetapi panel surya sebanyak 205 buah tidak seimbang dibagi tiap phasanya, maka panel surya ditambah menjadi 210 buah. Panel surya dibagi menjadi tiga *array*, masing- masing 70 buah tiap phasa. Agar memperoleh tegangan besar, maka panel surya harus dikombinasikan secara seri dan paralel. $P_{wattpeak}$ PLTS *rooftop* dengan jumlah panel surya sebanyak 210 buah diperoleh:

$$\begin{aligned} P_{watt\ peak} &= P_{MPP} \times \text{Jumlah panel surya} \\ &= 300 \times 210 \\ &= 63.000Wp \approx 63\ kWp \end{aligned}$$

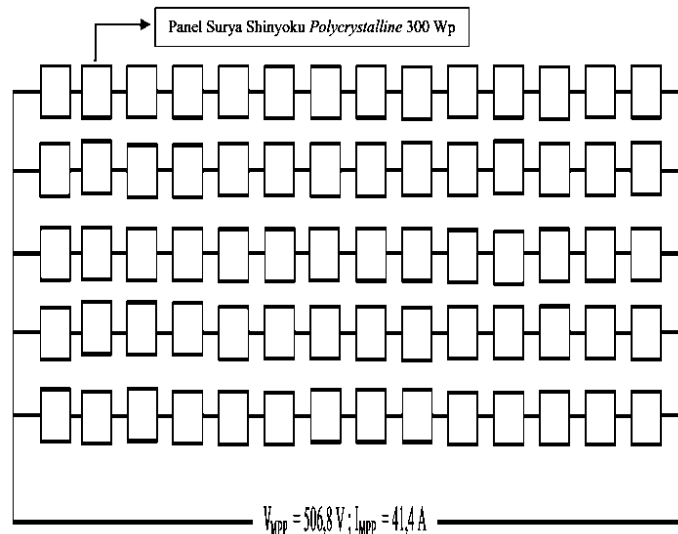
Tabel 1 Spesifikasi Panel Surya Shinyoku Polycrystalline 300 Wp

Spesifikasi	Keterangan
Max. Power (PMPP)	300 Wp
Max. Power Voltage (VMPP)	36,2 V
Max. Power Current (IMPP)	8,28 A
Open Circuit Voltage (Voc)	43,4 V
Short Circuit Current (Isc)	9,27 A
Nominal Operating Cell Temp(NOCT)	45±2°C
Max. Sistem Voltage	1000 V
Max. Series Fuse	16 A
Weight	20,65 Kg
Dimension	1956 × 992 × 40 mm
Efficiency	16,8 %

Untuk $P_{wattpeak}$ sebesar 63.000 Wp maka luas area *array* adalah:

$$\begin{aligned} Area\ array &= \frac{P_{watt\ peak}}{PSI \times \eta_{PV}} \\ &= \frac{63.000}{1000 \times 0,168} \\ &= 375\ m^2 \end{aligned}$$

Dengan jumlah panel surya sebanyak 210 buah maka setiap fasa terdiri dari 70 buah panel surya. Rangkaian panel surya membentuk *array* untuk 1 fasa terdiri dari 5 rangkaian yang terhubung paralel dengan 1 rangkaian terdiri dari 14 panel surya yang terhubung seri.



Arus maksimum dan tegangan maksimum yang dihasilkan panel setiap fasanya, yaitu:

$$I_{MPP} = 5 \times 8,28 = 41,4\ A$$

$$V_{MPP} = 14 \times 36,2 = 506,8\ V$$

Sehingga daya maksimum yang dihasilkan panel surya setiap fasanya adalah:

$$\begin{aligned} P_{MPP} &= I_{MPP} \times V_{MPP} \\ &= 41,4 \times 506,8 \\ &= 20.981,52\ W \approx 21\ kW \end{aligned}$$

4. Menghitung Kapasitas Inverter

Inverter merupakan komponen yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC sesuai tegangan PLN, pemilihan inverter kapasitasnya harus sesuai dengan kapasitas daya yang dilayani agar mendapat efisiensi kerja inverter maksimal. Dengan daya yang dihasilkan sebesar 21 kW pada setiap fasanya perlu inverter yang dapat mengubah sesuai tegangan PLN. Karena RSUD Kab. Mimika menggunakan jaringan tiga fasa, panel surya dibagi menjadi tiga *array* maka digunakan tiga buah inverter disesuaikan dengan jumlah *array*.

$$P_{in} > P_{MPP}$$

Inverter yang digunakan pada setiap *array* dipilih berdasarkan Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi Inverter *Grid-tie ICA Solar 22 kW*

Spesifikasi	Keterangan
Model	GRID-TIED SNV-GT-2002-DM
Max. DC Input Power	22,5 kW
Max. DC Input Voltage	1000 Vdc
MPPT Tracking Voltage Range	250 V – 950 Vdc
Rated Output Power	20 kW
Max. AC Output Power	22 kW
Rated Output Voltage	400 Vac
Output Voltage Range	400 Vac \pm 20%
Frekuensi	50/60Hz
Max. Efficiency	>98,0%

5. Menghitung Energi Yang Dihasilkan PLTS *Rooftop*

Energi yang dihasilkan oleh modul surya berkaitan dengan data intensitas matahari. Pada perencanaan PLTS *Rooftop*, intensitas yang digunakan adalah intensitas harian terendah sebesar 3,90 kWh/m²/hari. Energi yang dihasilkan PLTS selama satu hari dapat dihitung sebagai berikut:

$$E_{out} = E_{in} \times GAV$$

$$E_{in} = \text{Jumlah panel} \times P_{MPP \text{ saat t naik } ^{\circ}C}$$

$$= 210 \times 296,55$$

$$= 62.275,5 \text{ Wp}$$

$$E_{out} = 62.275,5 \times 3,90$$

$$= 242.874,45 \text{ W}$$

$$\eta = \frac{242,874}{352} = 0,69$$

Ini berarti PLTS *rooftop* yang direncanakan mampu memberikan catu daya tambahan sebesar 69%, sedangkan energi yang dihasilkan selama 1 tahun adalah:

$$A kWh = E_{out} \times 365$$

$$= 242,874 \times 365$$

$$= 90.474 kWh / tahun$$

Analisis Biaya Perencanaan PLTS *Rooftop*

1. Biaya Investasi Awal

Yang termasuk kedalam biaya investasi awal PLTS *Rooftop* pada RSUD Kab. Mimika adalah biaya komponen sistem PLTS, biaya pembuatan penyangga panel dan pemasangan instalasi. PLTS yang direncanakan pada RSUD Kab. Mimika yaitu PLTS *on grid* atau terhubung dengan jaringan PLN tanpa baterai. Dengan demikian, komponen yang digunakan dalam sistem PLTS ini hanya panel surya dan inverter.

Tabel 3 Biaya Investasi Awal

N O	Komponen	Jumlah	Satuan	Harga	Total Harga
Biaya Komponen Utama dan Instalasi					
1	Panel surya Shinyoku 300 Wp	210	Buah	Rp. 3.900.000	Rp. 819.000.000
2	Inverter <i>Grid-tie</i> ICA Solar 22 kW	3	Buah	Rp. 54.000.000	Rp. 162.000.000
3	kWh Exim 3 phase	1	Buah	Rp. 764.000	Rp. 764.000
4	Biaya Pemasangan dan Instalasi				Rp. 196.200.000
Biaya Komponen Rak Penyangga					
1	Besi hollow 50x50x3mm	30	6 Meter	Rp. 214.000	Rp. 6.420.000
2	Besi siku 50x50x3,2mm	65	6 Meter	Rp. 97.000	Rp. 4.940.000
3	Baut M8x15	1000	Buah	Rp. 650	Rp. 650.000
4	Baut M8x60	1000	Buah	Rp. 1.100	Rp. 1.100.000
5	Biaya Pekerjaan Sipil				Rp. 6.000.000
Total Investasi Awal					Rp. 1.193.074.000

2. Biaya Operasi Dan Pemeliharaan

Untuk itu biaya operasi dan pemeliharaan (O&M)/tahun PLTS pada RSUD Kab. Mimika diperhitungkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 M &= 1\% \times IA \\
 &= 1\% \times Rp.1.193.074.000 \\
 &= Rp.11.930.740 / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

Sedangkan nilai sekarang dari biaya operasional dan pemeliharaan adalah:

$$\begin{aligned}
 M_{pw} &= M \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \\
 &= Rp.11.930.740 \times \left[\frac{(1+0,11)^{25} - 1}{0,11 \times (1+0,11)^{25}} \right] \\
 &= Rp.11.930.740 \times \left[\frac{12,5855}{1,4944} \right] \\
 &= Rp.100.477.114
 \end{aligned}$$

3. Biaya Siklus Hidup (*Life Cycle Cost*)

Biaya siklus hidup (LCC) PLTS *Rooftop* pada RSUD Kab. Mimika dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}LCC &= IA + M_{pw} \\ &= Rp.1.193.074.000 + Rp.100.477.114 \\ &= Rp.1.293.551.114\end{aligned}$$

4. Faktor Pemulihan Modal (*Capital Recovery Factor*)

Faktor pemulihan modal adalah faktor yang dipergunakan untuk mengkonversikan semua arus kas biaya siklus hidup (LCC) menjadi serangkaian pembayaran atau biaya tahunan dengan jumlah yang sama. Untuk mengetahui faktor pemulihan modal dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}CRF &= \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \\ &= \frac{0,11(1+0,11)^{25}}{(1+0,11)^{25} - 1} = 0,1187\end{aligned}$$

5. Biaya Energi (*Cost of Energy*)

Biaya energi (*cost of energy*) penting untuk diketahui sebagai pertimbangan kelayakan suatu proyek PLTS. Biaya energi PLTS ditentukan oleh berbagai faktor. Beberapa faktor tersebut yaitu biaya siklus hidup (LCC). Faktor pemulihan modal (CRF) dan kWh produksi tahunan. Dari berbagai perhitungan yang sudah dilakukann diatas, maka biaya energi dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}COE &= \frac{LCC \times CRF}{A kWh} \\ &= \frac{1.293.551.114 \times 0,1187}{90.474} \\ &= Rp.1.697,11 \approx Rp.1.700 / kWh\end{aligned}$$

Analisis Kelayakan Investasi Perencanaan PLTS Rooftop

Arus kas masuk tahunan PLTS dihasilkan dengan mengalikan kWh produksi tahunan PLTS dengan biaya energi. Dengan kWh produksi tahunan PLTS sebesar 90.474 kWh/tahun dan biaya energi sebesar Rp. 1.700,00/kWh, maka besar arus kas masuk tahunan adalah Rp. 153.800. Arus kas keluar tahunan PLTS sebesar Rp. 11.930.740/tahun berasal dari biaya pemeliharaan dan operasional tahunan PLTS. Sedangkan faktor diskontonya pada tahun pertama dengan tingkat diskonto sebesar 11%, adalah:

$$\begin{aligned}DF &= \frac{1}{(1+i)^n} \\ &= \frac{1}{(1+0,11)^1} = 0,9009\end{aligned}$$

Tabel 4. Pengolahan arus kas PLTS rooftop RSUD Kab. Mimika

Periode	Biaya Investasi Awal	Arus Kas Masuk	Arus Kas Keluar	Arus Kas Bersih	DF	PVNCF	Kumulatif PVNCF
0	1.193.074.000				1		
1		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,9009	127.815.369	127.815.369
2		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,8116	115.148.981	242.964.350
3		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,7312	103.737.821	346.702.172
4		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,6587	93.457.496	440.159.668
5		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,5935	84.195.943	524.355.611
6		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,5346	75.852.201	600.207.811
7		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,4817	68.335.316	668.543.127
8		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,4339	61.563.348	730.106.475
9		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,3909	55.462.475	785.568.951
10		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,3522	49.966.194	835.535.145
11		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,3173	45.014.589	880.549.734
12		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,2858	40.553.684	921.103.418
13		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,2575	36.534.850	957.638.268
14		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,2320	32.914.280	990.552.548
15		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,2090	29.652.504	1.020.205.052
16		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,1883	26.713.968	1.046.919.020
17		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,1696	24.066.638	1.070.985.658
18		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,1528	21.681.656	1.092.667.313
19		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,1377	19.533.023	1.112.200.336
20		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,1240	17.597.318	1.129.797.654
21		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,1117	15.853.440	1.145.651.094
22		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,1007	14.282.378	1.159.933.472
23		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,0907	12.867.007	1.172.800.479
24		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,0817	11.591.898	1.184.392.377
25		153.805.800	11.930.740	141.875.060	0,0736	10.443.152	1.194.835.529

1. *Net Present Value (NPV)*

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa total nilai sekarang arus kas bersih yang merupakan hasil perkalian antara arus bersih dengan faktor dikonto adalah sebesar Rp. 1.194.835.529, bila investasi awal sebesar Rp. 1.193.074.000, maka besar nilai NPV dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 NPV &= \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1+i)} - IA \\
 &= Rp.1.194.835.529 - Rp.1.193.074.000 \\
 &= Rp.1.761.529
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan NPV yang bernilai positif sebesar Rp. 1.761.529 (>0). Menunjukkan bahwa investasi PLTS Rooftop yang akan direncanakan pada RSUD Kab. Mimika layak untuk dilaksanakan.

2. *Profitability Index (PI)*

Dengan total nilai sekarang arus kas bersih sebesar Rp. 1.194.835.529 dan biaya

investasi awal sebesar 1.193.074.000, maka nilai PI dapat dihitung sebagai berikut:

$$PI = \frac{NPV}{IA} = \frac{Rp.1.194.835.529}{Rp.1.193.074.000} = 1,0015$$

Hasil perhitungan PI yang bernilai 1,0015 (>1). Menunjukkan bahwa investasi PLTS *Rooftop* yang akan direncanakan pada RSUD Kab. Mimika layak untuk dilaksanakan.

3. *Discounted Payback Period* (DPP)

Tabel 4.6 menunjukkan bahwa pada tahun ke-24, nilai sekarang arus kas bersih kumulatif mendekati nilai investasi awal dengan kekurangan sebesar Rp. 8.681.623, sedangkan pada tahun ke-25 nilai arus kas bersih sebesar Rp. 10.461.981, sehingga waktu yang diperlukan adalah sebagai berikut:

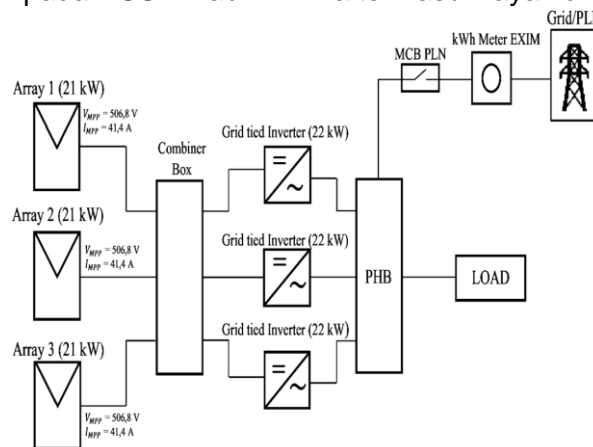
$$DPP = Year\ before\ recovery + \frac{Investment\ Cost}{NPV_{Kumulatif}}$$

$$= 24 + \frac{Rp.8.681.623}{Rp.10.443.152}$$

$$= 24,83 \approx 24\ tahun\ 8\ bulan$$

Dihasilkan DPP sekitar 24 tahun 8 bulan, menunjukkan bahwa PLTS *rooftop* yang akan direncanakan pada RSUD Kab. Mimika layak dilaksanakan, karena DPP hasilnya memiliki nilai lebih kecil dari pada umur proyek yang direncanakan yaitu selama 25 tahun.

Hasil analisis dari ketiga metode menunjukkan bahwa investasi PLTS *rooftop* sebagai catu daya tambahan pada RSUD Kab. Mimika termasuk layak dilaksanakan.



Gambar 2. Diagram Single Line PLTS Rooftop RSUD Kab. Mimika.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian mengenai perencanaan dan analisis ekonomi pembangkit listrik tenaga surya *rooftop* dengan sistem *on-grid* sebagai catu daya tambahan pada RSUD Kabupaten Mimika, maka didapat kesimpulan kapasitas sistem pembangkit listrik tenaga surya *rooftop* pada RSUD Kab. Mimika menggunakan 210 buah panel surya *polycrystalline* 300 Wp dan tiga buah inverter Grid-tie ICA Solar dengan kapasitas 22 kW. PLTS *rooftop* pada RSUD Kabupaten Mimika dapat menghasilkan sistem pembangkit sebesar 63 kWp dengan energi listrik sebesar 242,874 kWh/hari dan 90.474 kWh/tahun. Ini berarti PLTS *rooftop* yang direncanakan mampu memberikan catu daya tambahan sebesar 69% dari beban puncak sebesar 352 kWh. Analisis kelayakan investasi perencanaan PLTS *rooftop* di RSUD Kab. Mimika dengan metode *Net Present Value* (NPV) yang bernilai positif (>0) sebesar Rp. 1.761.529,00, *Profitability Index* (PI) yang bernilai (>1) sebesar 1,0015, dan

Discounted Payback Period (DPP) selama sekitar 24 tahun 8 bulan. Dari hasil analisis menggunakan ketiga metode menunjukkan bahwa investasi PLTS *rooftop* sebagai catu daya tambahan pada pada RSUD Kab. Mimika layak untuk dilaksanakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Angelbertus, T. (2016). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Catu Daya Tambahan Pada Hotel Kini Kota Pontianak.
- ESDM, K. (2018). Panduan Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat.
- ESDM, K. (2020). Panduan Perencanaan Dan Pemanfaatan PLTS Atap Di Indonesia.
- Gifson, A., Siregar, M. R., & Pambudi, M. P. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) On Grid Di Ecopark Ancol.
- Kossi, V. R. (2018). Perencanaan PLTS Terpusat (Off-Grid) Di Dusun Tikalong Kabupaten Mempawah.
- Pradika, G., Giriantari, I. A., & Setiawan, N. (2020). Potensi Pemanfaatan Atap Tribun Stadion Kaptan I Wayan Dipta Gianyar Sebagai PLTS Rooftop.
- Santiari, I. D. (2011). Studi Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Catu Daya Tambahan Pada Industri Perhotelan Di Nusa Lembongan Bali.
- Sinaipar, R. (2014). Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya.
- Sitohang, M. P. (2019). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Off-Grid System.
- Yuliananda, S. (2013). Kajian Aspek Teknis Dan Aspek Biaya Investasi Proyek Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Atap Beton Gedung.