

Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Offgrid* Untuk Rumah Tinggal di Kota Banjarbaru

Renaldy Rahman¹, Saiful Karim², Irfan³

^{1,2,3}Prodi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Islam Kalimantan

renaldyrahman08@gmail.com¹, ifulsuperindo@gmail.com², irfan9617@gmail.com³

Lebih dari 50 % kebutuhan energi yang ada saat ini menggunakan energi bahan bakar fosil seperti minyak bumi dan batubara. Namun persediaan energi tersebut semakin berkurang. Jika tidak ditangani, kemungkinan akan terjadi krisis energi. Inovasi energi alternatif dari sumber terbarukan sangatlah diperlukan, untuk memenuhi kebutuhan energi salah satunya penggunaan PLTS untuk keberlangsungan generasi masa depan. Dikawasan kota berpotensi besar dikembangkannya PLTS *Offgrid* yang diaplikasikan pada atap bangunan. Dalam hal ini yang dibahas adalah analisis perencanaan PLTS *Offgrid* untuk rumah tinggal tipe 45 di Kota Banjarbaru yang berdekatan dengan garis khatulistiwa sehingga mendapat sinar matahari melimpah. Metode penelitian menggunakan metode analisis kuantitatif, dengan menggunakan teknik pengumpulan data literatur dan pengukuran yang selanjutnya diperhitungkan dengan rumus. Dengan total kebutuhan daya perharinya sebesar 8.108 W. Panel surya yang digunakan tipe Monocrystalline 300 Wp sebanyak 8 buah. Jumlah hari otonomi selama 3 hari, maka diperoleh biaya investasi awal sebesar Rp. 139.862.500 dan biaya pemeliharaan tahunan selama periode 25 tahun sebesar Rp. 13.986.250. Hal tersebut sangat membantu masyarakat mengetahui perencanaan PLTS dari segi kebutuhan komponen, luas area panel surya, dan nominal biaya yang diperlukan serta *renewable energy*.

Kata Kunci : PLTS, *renewable energy*, *Monocrystalline*, *Solar Cell*

1. Pendahuluan

Energi Listrik merupakan salah satu sumber kebutuhan dasar manusia yang harus terpenuhi untuk mendorong aktivitas kehidupan manusia, yaitu dapat digunakan sebagai pencahayaan, fasilitas umum, keperluan rumah tangga, dan keperluan industri. Revolusi industri 4.0 memaksa segala aspek kehidupan untuk berubah khususnya perubahan penggunaan *renewable energy*. Lebih dari 50 % kebutuhan energi yang ada saat ini ditopang oleh energi bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batubara dan gas alam. Kondisi persediaan energi yang ada saat ini sudah mulai berkurang. Jika tak segera ditangani, kemungkinan tak terhindarkan adanya krisis energi. Untuk itu inovasi tentang energi alternatif, terutama dari sumber daya yang tak terbatas sangatlah diperlukan, untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat di masa yang akan datang. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah inovasi pemanfaatan sel surya. Sel surya adalah perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip photovoltaic. Selain itu, PT PLN (Persero) melakukan transformasi yang disebut “*Power Beyond Generations*” yaitu PLN mulai mengurangi pemakaian bahan bakar fosil dengan mulai menggunakan *green energy* seperti PLTS dan pembangkit listrik hybrid sebagai pembangkit masa depan yang makin murah dan upaya menghadirkan energi ramah lingkungan untuk melindungi generasi masa depan.

Dikawasan kota memiliki potensi besar untuk dikembangkan PLTS yang dapat diaplikasikan pada atap bangunan. Sitem PLTS dapat dilakukan dengan sistem *offgrid*, dimana sistem PLTS *offgrid* yaitu PLTS yang berdiri sendiri tanpa terhubung dengan jaringan listrik lain seperti PLN dan memproduksi daya listrik harian secara mandiri yang keunggulannya mudah jika ingin diintegrasikan dengan sistem kelistrikan yang sudah ada atau ingin menghasilkan listrik secara mandiri (*offgrid*) dan dapat memanfaatkan lahan yang ada yaitu atap sehingga dapat mengurangi biaya investasi lahan serta

letak Kota Banjarbaru berdekatan dengan garis khatulistiwa sehingga mendapat sinar matahari melimpah.

Penelitian dengan judul Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya *Offgrid* untuk rumah tinggal tipe 45 di daerah Kota Banjarbaru dilakukan untuk membantu masyarakat mengetahui perencanaan dalam pembangunan PLTS *Offgrid* untuk rumah tinggal tipe 45 dari segi kebutuhan komponen, luas area panel surya, dan nominal biaya yang diperlukan serta renewable energy.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan metode analisis kuantitatif, dengan menggunakan teknik pengumpulan data literatur dan pengukuran yang selanjutnya diperhitungkan dengan rumus.

Data primer, melalui Studi Literatur Pengumpulan data utama yang berupa spesifikasi dan referensi harga komponen peralatan PLTS, potensi energi matahari dan iklim serta Pengukuran langsung kebutuhan daya rumah tipe 45. Data sekunder, didapat dari hasil analisis dan perumusan data yang dikumpulkan didapat dari jurnal dan penelitian orang lain.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Potensi Energi Surya dan Iklim

Data potensi energi surya dan iklim pada wilayah Kota Banjarbaru sepanjang tahun 2019 dari bulan Januari 2019 sampai dengan Desember 2019 diperoleh dari data iklim yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Kelas1 Banjarbaru sesuai dengan tabel di bawah ini : [1]

Tabel 1, Data Potensi Energi Surya dan Iklim Kabupaten Kota Banjarbaru Tahun 2019

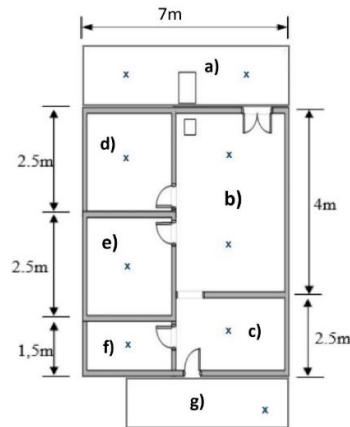
Tahun	Bulan	Daily Solar Radiation [kWh/m ² /hari]	Temperatur Minimum [°C]	Temperatur Maksimum [°C]	Kecepatan Angin [m/s]
2019	Januari	3,30	23,86	31,21	3,74
	Februari	4,87	23,89	32,14	4,29
	Maret	4,18	24,20	31,63	4,58
	April	4,94	24,55	32,27	3,80
	Mei	6,82	24,46	33,47	3,87
	Juni	4,73	23,63	31,49	3,43
	Juli	7,14	22,39	32,68	4,03
	Agustus	8,29	22,32	33,98	4,77
	September	7,85	22,63	35,37	4,57
	Oktober	6,40	23,74	35,38	4,52
	November	6,15	24	34,48	4,33
	Desember	4,38	24,39	32,40	3,94
Minimum		3,30	22,32	31,21	3,29
Median		4,87	-	-	-
Maksimum		8,29	24,55	35,38	4,77
Rata-rata		5,75	23,67	33,04	3,99

Sumber : BMKG Kelas 1 Banjarbaru

Perencanaan sistem PLTS menggunakan nilai tengah potensi energi harian matahari selama periode tahun 2019 sebesar 4,87 kWh/m²/hari dengan tujuannya agar saat insolasi harian matahari berada pada nilai tidak terlalu tinggi, temperatur udara harian menggunakan nilai rata-rata maksimum sebesar 33,4 °C agar temperatur berada pada nilai tertinggi.

3.2. Kebutuhan Daya Rumah Tipe 45

Kebutuhan daya di dapat dari pengukuran daya peralatan elektronik dilakukan dengan mengambil sampling salah satu rumah tipe 45 yang terletak di Kota Banjarbaru.



- Keterangan gambar :
- a) Teras
 - b) Ruang Tamu dan Keluarga
 - c) Ruang Dapur
 - d) Kamar 1
 - e) Kamar 2
 - f) Kamar Mandi + WC
 - g) Teras Belakang
 - x Titik Lampu

Gambar 2 ; Denah Rumah Tipe 45

Sumber : Data Primer

Luas rumah tipe 45 seluas 45,5 m² dengan luas masing-masing atap rumah sebesar 22,75 m². Pengukuran kebutuhan energi menggunakan *Wattmeter* dengan mengukur daya peralatan elektronik dan lampu yang ada di rumah tipe 45 dimana jumlah titik lampu berdasarkan luas ruangan [2] kemudian dikalikan dengan jam terpasang atau jam penggunaan dari setiap peralatan elektronik yang ada di rumah tipe 45 dengan dengan hasil pengukuran berikut:

Tabel 2 Kebutuhan Daya Rumah Tipe 45

Peratalan	Keterangan	Watt Pengukuran	Jam Terpasang [hour]	Volume	Total Daya [W]
Kulkas	Operasi	69,5	3	1 Unit	475
	<i>Sleep Mode</i>	12,7	21		
Pompa Air		247,2	2	1 Unit	494
Blender		155	0,25	1 Unit	39
Mesin Cuci	2 x Pencuci	334,2	0,5	1 Unit	200
	2x Pengering	192,2	0,17		
Ricecom	Penanak	269,3	0,5	1 Unit	140
	Pemanas	0,7	8		
Televisi 40in		58,5	4	1 Unit	234
Kipas Angin		37,5	7	1 Unit	263
Charger HP		20,4	2	3 Buah	122
Laptop		47,7	2	1 Unit	95
Lampu LED	KM 1 (1 titik)	18	12	9 titik	1.992
	KM2 (1 titik)	18	12		
	Toilet (1 titik)	18	12		
	Dapur (2 titik)	23	12		
	Teras depan (1 titik)	10	12		
	Teras Belakang(1titik)	10	12		
	R. Tamu (2 titik)	23	12		
Total					4.054

Sumber : Data Pimer

Pada perhitungan ini kebutuhan daya dikali 2 agar dapat mengantisipasi hari tanpa sinar matahari selama 1 hari. Sehingga total konsumsi daya menjadi $4.054 \times 2 = 8.108$ Watt.

3.3. Spesifikasi Komponen PLTS

Informasi spesifikasi panel surya tersebut didapat dari informasi produk yang disediakan oleh PT. Wedosolar Indonesia yang sudah memiliki izin usaha spesifikasi komponen berikut : [3]

a. Panel Surya

Tabel 3 Panel Surya CSUN 300-60M
Monocrystalline

Rated Power (P_{max})	300 Wp
Modul Type	Monocrystalline
Max. Power Voltage (V_{mpp})	32.2V
Max. Power Current (I_{mpp})	9.31 A
Cell Efficiency	18.48%
Dimension	1640x992x34 mm
Lifetime	25 th

b. Solar Charge Controller

Tabel 4 Solar Charge Controller MPPT Charger
WD3-SCC

Nominal System Voltage	48 Vdc
Max Battery Current	60 A
PV Array MPPT Voltage	60-115 Vdc
Max Input Power	48 V-3200 W
Efficiency	98 %

c. Inverter

Tabel 5 Inverter PV3000 Series

Nominal System Voltage	48 Vdc
Rated Power	4000 W
Output Frequency	50 Hz
Efficiency	>88-95 %
Voltage Range	220 Vac
MPPT Range Voltage	60-145 Vdc @48 V
Maximum PV Array	3200 W

d. Baterai

Tabel 6 Baterai VRLA Inpowers

Nominal System Voltage	12 V
Capacity	200 Ah
Dimension	522x240x218
Max. Capacity	209,1 Ah
Efficiency	95 %
Depth of Discharge	80 – 100 %

3.4. Analisis Aspek Teknik dan Komponen

a. Perhitungan PV Area

Temperatur maksimum untuk wilayah Kota Banjarbaru periode tahun 2019 adalah sebesar 33,4°C. Ada peningkatan suhu panel surya sebesar 8,4°C dari temperatur standar pada panel surya sebesar 25°C. Kenaikan temperatur udara 1°C pada panel surya berakibat pada daya yang dihasilkan panel surya berkurang sebesar 0,5 %. Selanjutnya dapat diperhitungkan besar daya yang berkurang sesuai persamaan berikut : [4]

$$\begin{aligned}
 P_{mpp} &= 300 \text{ W} \quad \Delta t = 8,4 \text{ } ^\circ\text{C} & P_{\text{oC}} &= \text{Daya pada saat naik dari suhu standar} \\
 P_{8,4 \text{ } ^\circ\text{C}} &= 0,5\% \text{ per } ^\circ\text{C} \times P_{mpp} \times \Delta t & P_{mpp} &= \text{Daya keluaran maksimal dari panel surya (1)} \\
 &= 0,5\% \times 300 \text{ W} \times 8,4 \text{ } ^\circ\text{C} & \Delta t &= \text{Kenaikan suhu} \\
 &= 12,6 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Penentuan daya keluaran maksimum panel surya pada saat temperatur panel surya naik menjadi 33,4°C, yang diperhitungkan dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{MPP} &= 300 \text{ W} \quad P_{8,4\text{oC}} = 12,6 \text{ W} \\
 P_{mpp \text{ } 33,4 \text{ } ^\circ\text{C}} &= P_{MPP} - P_{\text{oC}} & (2) \\
 &= 300 \text{ W} - 12,6 \text{ W} = 287,4 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Penentuan nilai faktor koreksi tempertur/TCF (*Temperature Correction Factor*), diperhitungkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 TCF &= \frac{P_{mpp \text{ } t \text{ } ^\circ\text{C}}}{P_{MPP}} & (3) \\
 &= \frac{287,4 \text{ W}}{300 \text{ W}} = 0,958
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat menentukan luas PV Area, diperhitungkan dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 E_b &= 8.108 \text{ Watt} = 8,1 \text{ kWh} \quad G_{sr} = 4,87 \text{ kWh/m}^2/\text{hari} \quad TCF = 0,958 \\
 \eta_{PV} &= 18\% \quad \eta_{ef} = 95\% \text{ (diambil dari rata-rata efisiensi komponen)} \\
 PV \text{ Area} &= \frac{E_b}{G_{sr} \times TCF \times \eta_{PV} \times \eta_{ef}} & E_b &= \text{Energi yang dibangkitkan [kWh/hari]} \\
 &= \frac{8,1}{4,87 \times 0,958 \times 0,18 \times 0,95} & PV \text{ Area} &= \text{Luas permukaan panel surya [m}^2\text{]} & (4) \\
 & & G_{sr} &= \text{Intensitas matahari harian [kW/m}^2/\text{hari]} \\
 & & G_{sr} &= \text{Intensitas matahari harian [kW/m}^2/\text{hari]} \\
 & & TCF &= \text{Temperature coefficient factor [\%]}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{8,1}{0,797} = 10,16 \text{ m}^2$$

η_{PV} = Efisiensi panel surya [%]

η_{ef} = Efisiensi keluaran [%] asumsi 0,9

b. Perhitungan Wattpeak

Besar daya yang dibangkitkan oleh PLTS, diperhitungkan dengan persamaan berikut : [4]

$$\begin{aligned}
 PV \text{ area} &= 10,16 \quad PSI = 1000 \quad \eta_{PV} = 18 \% \\
 P_{wp} &= PV \text{ area} \times PSI \times \eta_{PV} \\
 &= 9,7 \times 1000 \times 0,18 \\
 &= 1.746 \text{ Wattpeak, dibulatkan} = 2000 \text{ W}
 \end{aligned}$$

P_{wp} = Daya yang dibangkitkan panel
 PSI = Peak solar insolation adalah 1.000 W/m²
 η_{PV} = Efisiensi panel surya [%] (5)

Dari total kebutuhan harian sebesar 8.108 Watt per hari/24 jam dengan daya yang dibangkitkan oleh panel surya sebesar 2000 W.

c. Perhitungan Jumlah Panel Surya

Panel surya yang digunakan tipe monocrystalline 300 Wp dengan besar daya dibangkitkan 2.000 Watt, Perhitungan jumlah panel surya diperhitungkan persamaan berikut : [4]

$$P_{MPP} = 300 \text{ W}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah panel surya} &= \frac{P_{wp}}{P_{mpp}} \text{ [unit]} \\
 &= \frac{2.000}{300} \\
 &= 6,66 = 7 \text{ Unit}
 \end{aligned}$$

(6)

Jumlah minimal panel surya adalah sebanyak 7 unit yang dihubungkan secara paralel 4 unit dan 2 unit dihubungkan seri maka total dari panel surya adalah sebanyak 8 buah. Panel surya yang digunakan tipe monocrystalline dengan $V_{mpp} = 32,2 \text{ V}$, $I_{mpp} = 9,31 \text{ A}$ dan $P_{mpp} = 300 \text{ Wp}$ per panel surya dan Tegangan *Solar Charge Controller* antara 60-115 Vdc dengan arus maksimum 60A, yang diperhitungkan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 V_{mpp} &= 32,2 \text{ V} \times 2 = 64,4 \text{ V} \\
 I_{mpp} &= 9,31 \text{ A} \times 4 = 37,24 \text{ A} \\
 P_{mpp} &= 64,4 \times 37,24 = 2.398,25 \text{ W, dibulatkan} = 2.500 \text{ W}
 \end{aligned}$$

(7)

Panel surya memiliki spesifikasi Panjang x lebar yaitu 1,64 x 0,99 = 1,623 m². Maka, luas PV area 8 buah panel surya adalah sebesar 1,623 x 8 = 12,98 m². Luas atap rumah tipe 45 cukup untuk ditempati array tersebut yaitu 45,5 m² dan menghasilkan 2 rangkaian seri dan 4 rangkaian paralel.

d. Perhitungan Kapasitas Charge Controler

Kapasitas *Charge Controler* dapat ditentukan dengan perhitungan sebagai berikut : [5]

$$Demand \text{ watt} = 2.500 \text{ W} \quad Safety \text{ Factor} = 1,25 \quad Sistem \text{ Voltage } (V_{mpp}) = 64,4$$

$$\begin{aligned}
 C_{sc} &= \frac{D_w \times S_f}{V_{mpp}} \\
 &= \frac{2.500 \times 1,25}{64,4} \\
 &= 48,52 \text{ A}
 \end{aligned}$$

C_{sc} = Kapasitas dari *charge controler*
 D_w = Demand\ watt
 S_f = safety factor (factor kemanan) ditentukan sebesar 1,25 (8)

Kapasitas charger ntroler yang dipasang dengan nilai minimal 48,52 A atau lebih. Besar daya maksimal dihasilkan panel surya yakni 2.500 watt dan besar arus keluaran 37,24 A. Sehingga *Charge Controler* yang digunakan pada PLTS adalah tipe MPPT dengankapasitas minimal sesuai perhitungan yang mendekati *Charge Controler* yang beredar di pasaran yaitu sebesar 60 A sebanyak 1 buah dengan voltase 60-115 V dan daya 3200 W.

e. Perhitungan Kapasitas Inverter

Kapasitas inverter diperhitungkan persamaan berikut : [5]

$$\begin{aligned}
 Demand \text{ watt} &= 2.500 \text{ W} \quad Safety \text{ Factor} = 1,25 \\
 C_{iv} &= D_w \times S_f \text{ [watt]} \\
 &= 2.500 \times 1,25 \\
 &= 3.125 \text{ W}
 \end{aligned}$$

(9)

Kapasitas inverter harus di atas atau mendekati 3.125 W. Sehingga kapasitas inverter yang digunakan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sebesar 4000 W dengan input power 48 V dan Votage 220 Vac sebanyak 1 buah.

f. Perhitungan Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai ditentukan persamaan berikut : [6]

$$DN = 3 \text{ [7]} \quad DOD = 80 \% = 0,8 \quad \eta_{ef} = 95 \% = 0,95$$

$$E_{day} = 8.108 \quad V_s = 48$$

$$C = \frac{D_N \times E_{day}}{V_s \times DOD \times \eta_{ef}} \quad C = \text{Kapasitas Baterai [Ampere-hour]}$$

$$= \frac{3 \times 8.108}{48 \times 0,8 \times 0,95} \quad D_N = \text{Jumlah hari otonomi [hari] ditentukan dengan 3 hari} \quad (10)$$

$$= \frac{24.324}{36,48} \quad E_{day} = \text{Konsumsi Energi harian [kWh]}$$

$$= 666,77 \text{ Ah} \quad V_s = \text{Tegangan baterai [Volt]}$$

$$\quad \quad \quad DOD = \text{maksimum pengosongan baterai [%]}$$

Kapasitas Baterai yang digunakan sesuai spesifikasi adalah sebesar 12 V – 200 Ah. Sehingga dapat ditentukan jumlah baterai yang diperlukan sebagai berikut :

$$\text{Jumlah baterai yang disusun seri} = \frac{48}{12} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Jumlah baterai yang disusun paralel} = \frac{666,77}{200} = 3,333 \text{ (dibulatkan 4 buah)}$$

Total jumlah baterai yang dibutuhkan pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Offgrid untuk rumah tinggal tipe 45 adalah sebanyak $4 \times 4 = 16$ buah.

3.5. Analisis Biaya PLTS

a. Menentukan Biaya Komponen (Investasi Awal)

Biaya komponen didapat dari informasi harga dari PT. Wedosolar Indonesia. Biaya Komponen ini lah yang menjadi investasi awal dari PLTS sesuai tabel di bawah ini [3]

Tabel 7 Harga Komponen PLTS PT. Wedosolar Indonesia

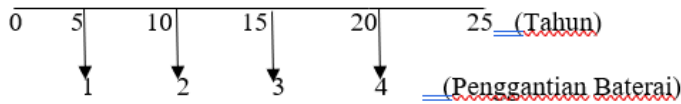
Komponen	Jumlah	Harga[Rp]	Total Harga [Rp]
Panel Surya CSUN 300-60M Monocrystalline 300 Wp ; 46 Vdc ; 60 A	8	3.240.000	25.920.000
Solar Charge Controller MPPT Charger WD3-SCC 48 V; 60 A; 3200 W	1	4.750.000	4.750.000
Inverter PV3000 Series 48 V; 4000 W; 50 Hz; 220 V Pure Sine Wape	1	22.946.000	22.946.000
Baterai VRLA Inpowers 12 V; 200 Ah	16	4.600.000	73.600.000
Kabel PV 2x2,5 mm	100	16.000	1.600.000
Kabel NYAF 6 mm	3	825.500	2.476.500
Kabel AC 3 core	100	38.000	3.800.000
Aksesoris (Skun,mur,klem, skrup, kabel ties, Mcb dll)	1	2.000.000	2.000.000
Panel Box	1	1.650.000	1.650.000
Rak Baterai	1	750.000	750.000
Socket Connector	20	18.500	370.000
Total			139.862.500

Sumber : Informasi Harga PT Wedosolar Indonesia

Berdasarkan tabel di atas, maka biaya investasi awal Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Offgrid untuk rumah tinggal tipe 45 di Kota Banjarbaru adalah sebesar 1a = Rp. 139.862.500.

b. Perhitungan Biaya Operasional dan Pemeliharaan

Biaya operasional PLTS dihitung berdasarkan masa pakai baterai dengan perhitungan sebagai berikut : [8]



Nb = 4 kali (penggantian baterai)
 harga baterai = 73.600.000 (4.600.000 x 16)
 Biaya Operasional = Nb x biaya baterai (11)
 $= 4 \times 73.600.000 = \text{Rp. } 294.400.000$

Biaya pemeliharaan PLTS pertahun dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Biaya Pemeliharaan (A) = 1% x (Ia)
 $= 0,01 \times (139.862.500) = \text{Rp. } 1.398.625$ (12)

c. Perhitungan Biaya Siklus Hidup (LCC)

PLTS pada penelitian ini dapat beroperasi selama 25 tahun sesuai dengan masa pakai panel surya. Besar tingkat diskonto yang digunakan sebesar $i=10,02\%$ yang dihitung dengan persamaan berikut berikut : 8,9]

$A = 1.398.625$
 $n = 25$ (masa penggunaan)
 $AW = A \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right]$
 $= 1.398.625 \left[\frac{(1+0,1)^{25} - 1}{0,1(1+0,1)^{25}} \right]$
 $= 1.398.625 \times 10 = \text{Rp. } 13.986.250$

LCC= Biaya Siklus Hidup
 Ct= Biaya Investasi awal dan Biaya Operasional
 Aw= Biaya nilai sekarang untuk total biaya pemeliharaan dan operasional selama n tahun umur proyek (12)

Biaya tetap pemeliharaan selama periode 25 tahun sebesar Rp. 13.986.250, maka dapat ditentukan biaya siklus hidup (LCC) sebagai berikut :

$LCC = Ct + AW$
 $= (139.862.500 + 294.400.000) + 13.986.250$ (14)
 $= \text{Rp. } 448.248.750$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapat biaya siklus hidup (LCC) Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Offgrid sebesar Rp. 448.248.750.

d. Perhitungan Biaya Energi (Cost of Energy)

Perhitungan biaya energi sebagai berikut : [8]

Faktor pemulihan modal (CRF) untuk mengkonversi semua arus kas biaya siklus hidup menjadi serangkaian biaya tahunan dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$CRF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$
 $= \frac{0,1(1+0,1)^{25}}{(1+0,1)^{25} - 1}$ (15)
 $= \frac{1,0834}{9,834} = 0,11$

Perhitungan kWh Produksi Tahunan yang dibangkitkan pertahun sesuai persamaan berikut :

kWh harian = 8,1
 $nKWH = kWh \text{ harian} \times 365$ (1 tahun) (16)
 $= 8,1 \times 365 = 2.956 \text{ kWh}$

Berdasarkan perhitungan LCC, CRF dan kWh Tahunan di atas, maka dapat ditentukan Biaya Energi (COE), dengan perhitungan sebagai berikut :

$COE = \frac{LCC \times CRF}{nKWH}$ (17)
 $= \frac{448.248.750 \times 0,11}{2.956}$

$$= \frac{49.307.362}{2.956} = \text{Rp. } 16.680 /\text{kWh}$$

Maka didapat biaya per kwh sebesar Rp. 16.680 /kWh. Sehingga pemakaian energi PLTS selama 1 hari rumah tipe 45 sebesar = $7,74 \times 16.680 = \text{Rp } 135.108$ dan selama satu bulan sebesar = $135.108 \times 30 = \text{Rp. } 4.053.240$.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengumpulan data dan perhitungan kebutuhan energi harian rumah tipe 45 sebesar 8.108 watt per hari dengan daya yang dibangkitkan sebesar 2.500 watt, dengan panel surya yang digunakan tipe *Monocrystalline* 300 Wp sebanyak 8 Unit, Solar Charge Controller MPPT 48 V dengan arus 60 A dan daya 3200 watt sebanyak 1 buah, Inverter 48 V (220Vac) dengan arus 60 A dan daya 4000 W sebanyak 1 buah, Baterai VRLA 12 V dengan daya 200 Ah sebanyak 16 buah dengan luas area array 8 buah panel surya adalah sebesar $12,98 \text{ m}^2$, luas penempatan panel surya dengan luas atap rumah tipe 45 cukup untuk ditempati panel surya tersebut dengan luas rumah tipe 45 yaitu sebesar $45,5 \text{ m}^2$

Total Biaya yang dikeluarkan Rp. 448.248.750 dengan biaya energi per kWh sebesar Rp. 16.680 dan per bulan sebesar Rp. 4.053.240.

Dalam pemilihan komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) agar dapat memperhatikan harga masing-masing komponen dengan memilih harga yang lebih murah namun tetap memerhatikan kualitas, sehingga total biaya investasi dan biaya operasional penggantian baterai dapat lebih murah

5. Referensi

- [1] BMKG. 2020, Analisa Iklim dan Energi Matahari Kota Banjarbaru Tahun 2019, BMKG Kelas 1 Banjarbaru, Banjarbaru.
- [2] Faridha, Moethia dan Noor, M. 2018, “Analisis Perhitungan Pemakaian Energi Lampu LED Pada Rumah Tinggal Tipe 45 Selama Sebulan”, Jurnal EEICT Vol 1, Banjarmasin: Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al-Banjari.
- [3] Wedosolar Indonesia. 2020, Informasi Harga Komponen PLTS, PT Wedosolar Indonesia, Jakarta.
- [4] Nafeh, A.E.A. 2009, “Design and Economic Analysis of a Stand-Alone PV System to Electrify a Remote Area Household in Egypt. The Open Renewable Energy Journal 2: 33-37, Cairo, Egypt: Electronics Research Institute.
- [5] Muzzamir, Md. Naim dan Foraji, Abdullah Al Masum. 2014, “An Economic Analysis of Solar PV System in Bangladesh”, Departement of Electrical and Electronics Engineering, Bangladesh: Daffodil International University.
- [6] Lynn, PA. 2010, Electricity form Sunlight : An Introduction Photovoltaic, London: Jhon Wiley & Sons, Ltd, hal 163, 206-210.
- [7] Effendi, Muslimin Nur, Hidayat, Syarif dan Syamsudin, Zalmadi. 2017. “Perencanaan Penggunaan PLTS di Stasiun Kereta Api Cirebon Jawa Barat”, Jurnal Energi & Kelistrikan Vol. 9 No 1, Jakarta Barat: Sekolah Tinggi Teknik-PLN
- [8] Al-Qutub, R.W.A. 2010, “Treatment of Surface Water by Autonomous Solar Powered Membrane Cells”, Palestine: An-Najah National University.
- [9] BI. 2019, I.26 Suku Bunga Pinjaman Rupiah yang diberikan Menurut Kelompok Bank dan Jenis Pinjaman, Bank Indonesia, Jakarta.