

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid pada Area Perkebunan Desa Bismarak

Breggy E. Kodo¹, Frans J. Likadja^{*1,2}, Evtaleny R. Mauboy³

^{1,2,3}Teknik Elektro, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia

^{*}Corresponding author, email: frans.likadja@staf.undana.ac.id

Abstrak	INFO.
<p>Masyarakat desa Bismarak sebagian besar berprofesi sebagai petani sayuran. Para petani di desa Bismarak menggunakan listrik PLN sebagai sumber energi utama untuk penerangan dan pengoperasian pompa air yang digunakan untuk proses penyiraman tanaman. Desa Bismarak memiliki sumber potensi energi terbarukan yakni potensi sinar matahari yang mencukupi. Perancangan PLTS sistem <i>off-grid</i> menjadi pilihan terbaik sebagai energi alternatif yang nantinya bisa dikembangkan oleh pemerintah setempat. Dalam perhitungan perkiraan beban, total kebutuhan daya listrik pada Desa Bismarak yakni 11.641 Wh per hari atau diperlukan suplai daya listrik sebesar 68.2 kWp. Dari hasil analisis dan perhitungan, dibutuhkan komponen panel surya sebanyak 155 unit dengan kapasitas 440 Wp per unitnya, 1 unit SCC dengan kapasitas daya input 1040 W, 184 unit baterai kapasitas 26 V 180 Ah, dan 2 unit Inverter dengan kapasitas 25 kW. Diperoleh nilai efisiensi saat PLTS beroperasi sebesar 73,7 %, ini menunjukkan perancangan ini dapat dikatakan layak.</p>	<p>Info. Artikel: No. 006 Received. April, 15, 2024 Revised. May, 23, 2024 Accepted. May, 28, 2024 Page. 40 – 47</p> <p>Kata kunci: ✓ Bismarak ✓ PLTS off grid ✓ Efisiensi ✓ Area Perkebunan</p>
<p>Abstract</p> <p><i>The majority of the Bismarak village community works as vegetable farmers. Farmers in Bismarak Village use PLN electricity as the main energy source for lighting and operating water pumps used for the plant watering process. Bismarak Village has a potential source of renewable energy, namely sufficient sunlight. The design of an off-grid PLTS system is the best choice as an alternative energy that can later be developed by the local government. In calculating the estimated load, the total electricity requirement in Bismarak Village is 11,641 Wh per day or an electricity supply of 68.2 kWp is required. From the results of the analysis and calculations, 155 solar panel components are needed with a capacity of 440 Wp per unit, 1 SCC unit with an input power capacity of 1040 W, 184 battery units with a capacity of 26 V 180 Ah, and 2 Inverter units with a capacity of 25 kW. The efficiency value obtained when the PLTS is operating is 73.7%, which shows that this design is feasible.</i></p>	

PENDAHULUAN

Pemanfaatan energi terbarukan salah satunya dengan memanfaatkan tenaga radiasi matahari. Energi sinar matahari merupakan energi yang sangat melimpah di Indonesia, karena Indonesia terletak di garis khatulistiwa [1]. Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) memiliki potensi energi matahari yang tersebar hampir merata di seluruh wilayah. Di Provinsi NTT, tingkat radiasi surya rata-rata sebesar 4,8 kWh/m²/hari (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2012). Pemanfaatan radiasi surya menggunakan sel surya sebagai pengkonversi energi matahari menjadi energi listrik sering disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki tiga sistem kerja yaitu sistem *On-Grid*, *Off-grid*, dan *Hybrid*. Salah satu sistem yang digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah sistem *Off-grid*.

Beberapa perangkat lunak yang digunakan untuk mempermudah merancang, menganalisis perhitungan, dan studi kelayakan pembangunan PLTS *Off-grid* antara lain *PVsyst*, *GUI (Graphic User Interface)* pada *MATLAB*, *HOMER*, dan *RETScreen*. Untuk menghitung biaya investasi, kelayakan pembangunan, serta daya listrik yang dihasilkan PLTS *Off-grid* menggunakan perangkat lunak *HOMER* yang diaplikasikan pada SMAN 6 Surakarta, menunjukkan bahwa perancangan dan analisa lebih cepat dan lebih sederhana [2]. Penggunaan *PVsyst* juga digunakan untuk menentukan kapasitas komponen, analisis

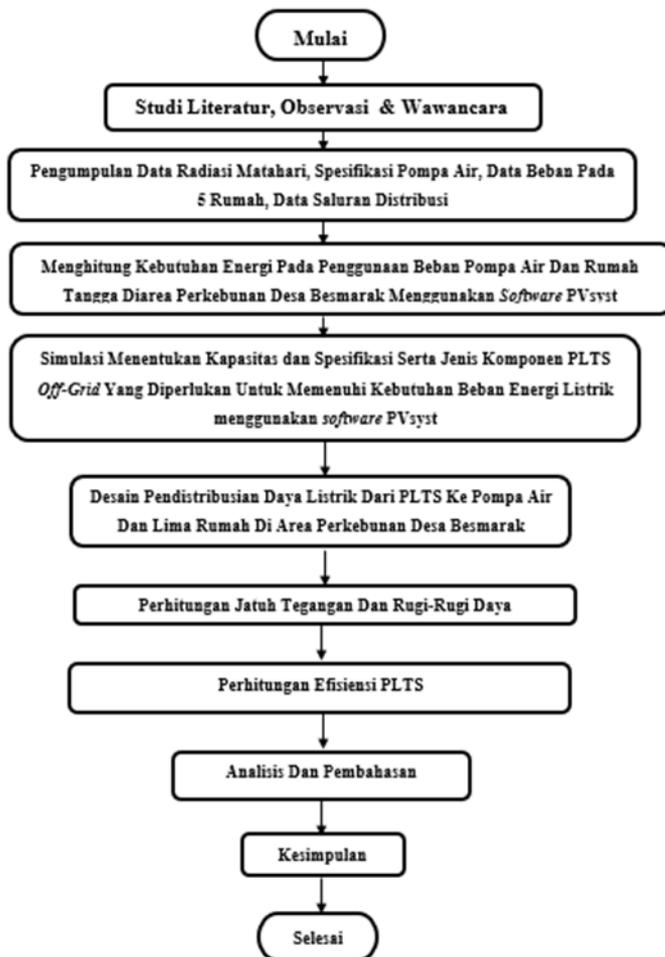
ekonomis, serta kelayakan PLTS, untuk digunakan dalam perencanaan pemenuhan kebutuhan listrik masyarakat, seperti data beban pompa air, penerangan, dan luas lahan [3].

Desa Bismarak, Kecamatan Nekamese, Kabupaten Kupang adalah salah satu desa yang hampir semua penduduknya berprofesi sebagai petani sayuran. Para petani di desa Bismarak menggunakan energi listrik dari Perusahaan Listrik negara (PLN) sebagai sumber energi utama untuk penerangan dan pengoperasian pompa air pada proses penyiraman tanaman sehari-hari. Desa Bismarak memiliki sumber energi terbarukan yakni potensi sinar matahari yang mencukupi. Melihat potensi yang terdapat di Desa Bismarak tersebut, perlu dirancang pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *Off-grid*, sebagai sumber energi utama untuk penerangan dan pengoperasian pompa air untuk penyiraman tanaman menggunakan perangkat lunak *PVsys*.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif, yakni merancang Pembangunan PLTS *off grid* di Desa Bismarak. Data primer yang dikumpulkan antara lain data jumlah rumah tangga, konsumsi daya Listrik, serta rencana lokasi penempatan PLTS pada area perkebunan Desa Bismarak.

Untuk menentukan kapasitas pembangkit, suplai energi, dan efisiensi PLTS, digunakan perangkat lunak *PVsys* dan perangkat lunak *ETAP 19*, untuk mengetahui aliran daya, rugi daya dan jatuh tegangan pada sistem pendistribusian tenaga Listrik. Setelah itu, akan dihitung efisiensi keseluruhan Sistem PLTS *off-grid* dari pembangkit sampai pendistribusian tenaga Listrik. Pada Gambar 1 berikut disajikan diagram alir penelitian.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada dikawasan perkebunan Desa Bismarak (-10.241092°, 123.669598°). Luas lokasi perkebunan sebesar 15,9 hektar, dan keliling 1,47 km. Pada Gambar 2 berikut disajikan gambar lokasi penelitian.



Gambar 2. Lokasi penelitian

Total beban listrik

Terdapat 4 unit pompa air dan 5 rumah tinggal yang berada di area perkebunan Desa Bismarak. Setiap pompa air dipasang daya Listrik, disesuaikan dengan spesifikasi pompa air yakni 1,744 VA sejumlah 2 (dua) unit, dan pompa air berkapasitas 2.560 VA sebanyak 2 (dua) unit. Direncanakan, setiap rumah dipasang daya sebesar 900 VA, dengan $\cos \phi$ yakni 0,85. Total kebutuhan listrik pada area perkebunan di Desa Bismarak dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan total beban

No	Jenis Beban Listrik	Jumlah Unit	Jumlah Daya		Total Kebutuhan Daya	
			Daya (VA)	Daya x Cos ϕ (W)	Daya (VA)	Daya (W)
1.	Kontrak Rumah	5	900 VA	765 W	4,500 VA	3.825 W
2.	Pompa Air 1 dan 2	2	1.744 VA	1.482 W	3,488 VA	2.964 W
3.	Pompa Air 3 dan 4	2	2.560 VA	2.176 W	5,120 VA	4.352 W
Total					13,108 VA	11.141 W

Perencanaan saluran distribusi

Data saluran distribusi meliputi data panjang saluran, jumlah tiang, jenis kabel, dan ukuran penghantar. Pemetaan panjang saluran distribusi PLTS ke beban Listrik, digunakan *Global Positioning System (GPS) Waypoint*. Data saluran distribusi dapat dilihat pada Tabel 2.

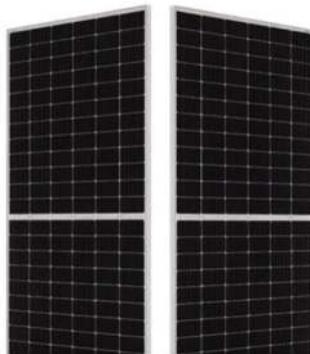
Tabel 2. Data saluran distribusi

No	Jenis Beban	panjang Saluran (kms)	Jumlah Tiang	Jenis Kabel	Ukuran Kabel
1	Rumah 1	0.09 km	2	NFA2X	2x10 mm ²
2	Rumah 2	0.054 km	2	NFA2X	2x10 mm ²
3	Rumah 3	0.074 km	2	NFA2X	2x10 mm ²
4	Rumah 4	0.187 km	6	NFA2X	2x10 mm ²
5	Rumah 5	0.179 km	8	NFA2X	2x10 mm ²
6	Sumur Bor 1	0.260 km	8	NFA2X	2x10 mm ²
7	Sumur Bor 2	0.175 km	7	NFA2X	2x10 mm ²

Perancangan PLTS *off-grid*

a. Panel surya mono 440 Wp twin 144 half-cells

Panel surya yang digunakan pada perancangan ini yakni panel surya mono 440 Wp twin 144 half-cells, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Panel surya mono 440 Wp twin 144 half-cells

b. Inverter

Inverter yang digunakan pada perancangan ini yakni 2 buah inverter merek SMA Solar Teknologi AG dengan kapasitas 25.000 W. Jenis inverter tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Inverter SMA Solar Teknologi AG

c. Solar charge controller Epever Xtra Series (10-40A)

Solar charge controller yang digunakan pada perancangan ini adalah solar charge controller jenis Epever Xtra Series (10-40A) seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Solar Charge Controller Epever Xtra Series (10-40A)

d. Baterai Huawei 26 V 180 Ah

Baterai yang digunakan pada perancangan ini yakni baterai dengan jenis Huawei 26 V 180 Ah yang dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.



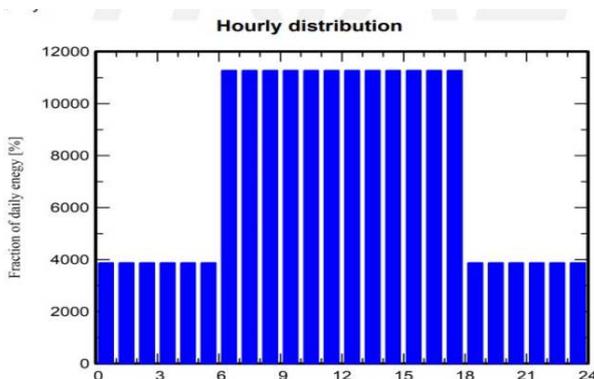
Gambar 6. Baterai Huawei 26 V 180 Ah

e. Rugi – rugi daya total PLTS *off-grid*

Rugi-rugi daya total PLTS dapat diperoleh melalui perangkat lunak *PVsys*. Total rugi-rugi daya PLTS yakni 18.2 %, atau energi yang hilang sebesar 12567 KWH/ tahun.

f. Kurva beban harian

Beban harian mencapai 4.000 KWP, dan beban puncak sebesar 11.000 KWP saat jam 6.00-17.00 Wita. Kurva beban harian dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Hasil simulasi kurva beban menggunakan *PVsys*

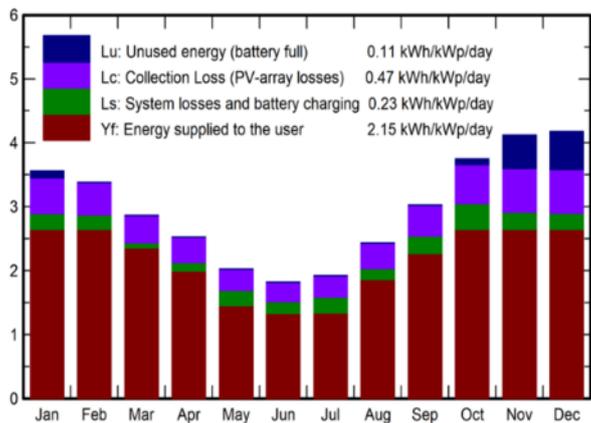
g. Rugi energi listrik pada PLTS

Rugi energi Listrik yang terjadi pada PLTS sebesar 0,11 kWh/kWp/hari, rugi – rugi pada *PV array* sebesar 0.47 kWh/kWp/hari, rugi – rugi pada sistem dan baterai sebesar 0.23 kWh/kWp/hari. Sedangkan energi Listrik yang disuplai ke beban sebesar 2.15 kWh/kWp/hari. Rugi Energi Listrik pada PLTS dapat dilihat pada Gambar 8.

h. Efisiensi total pembangkit listrik tenaga surya

Efisiensi total PLTS *off-grid* Bismarak, dapat diuraikan sebagai berikut:

- $\eta_{photovoltaic}$: 20,39%
- η_{MPPT} : 99,5%
- $\eta_{Baterai}$: 80%
- $\eta_{Inverter}$: 95%



Gambar 8. Rugi energi listrik PLTS

$$\eta_{total} = \frac{20,39 + 99,5 + 80 + 95}{4} \times 100\%$$

$$\eta_{total} = \frac{294,89}{4} \times 100\%$$

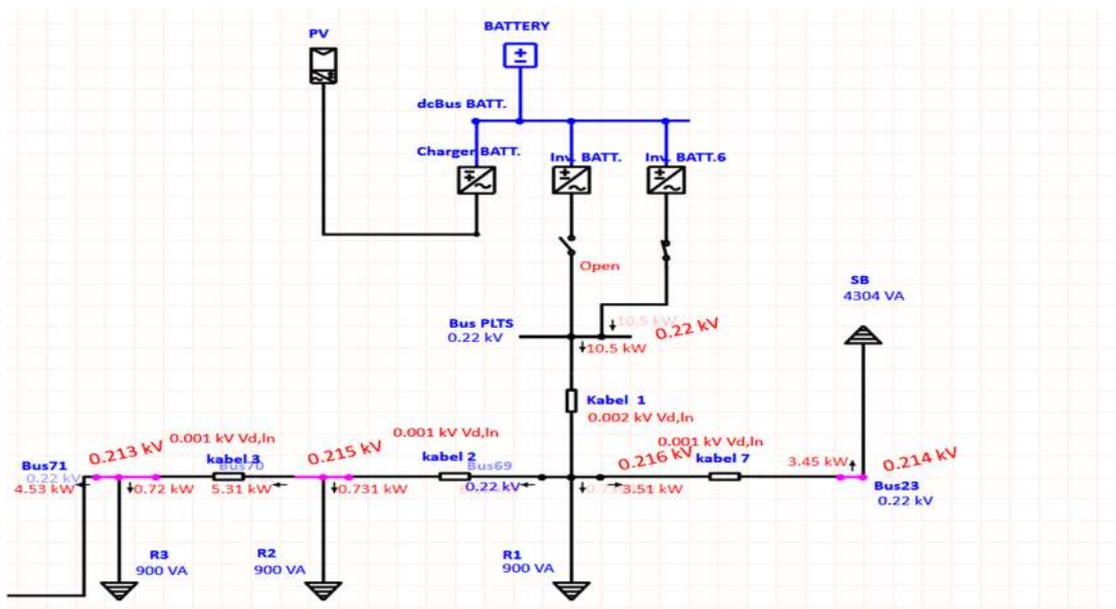
$$\eta_{total} = 73,7\%$$

Berdasarkan tabulasi perhitungan efisiensi total yang diperoleh dari simulasi *PVSystem*, diperoleh efisiensi total PLTS *off-grid* Bismarak sebesar 73,7 %.

Perancangan distribusi tenaga listrik

a. Diagram satu garis jaringan tegangan rendah 380/220 v

Diagram satu garis Jaringan Tegangan Rendah 380/220 V, energi Listrik yang disalurkan sebesar 2.15 kWh/kWp/hari. Sistem kelistrikan PLTS *off-grid* Bismarak dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Diagram satu garis jaringan tegangan rendah 380/220 V

b. Perhitungan jatuh tegangan

Dari hasil simulasi menggunakan *Etap 19*, diperoleh jatuh tegangan pada ujung jaringan (rumah ke-5) sebesar 1 Volt. Tegangan yang dikirim dari PLTS sebesar 220 Volt, dan tegangan diterima pada rumah terjauh sebesar 19 Volt. Persentasi jatuh tegangan dapat dihitung sebagai berikut:

$$\% \Delta V = \frac{V_s - V_r}{V_s} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

% ΔV : Prosentase jatuh tegangan

V_s : Tegangan kirim (Volt)

V_r : Tegangan terima (Volt)

$$\Delta V \text{ Bus rumah ke-5} = 220 \text{ V} - 209 \text{ V} \\ = 11 \text{ V}$$

$$\% \Delta V = \frac{11}{220} \times 100 \% \\ = 5 \%$$

Diperoleh persentase jatuh tegangan sebesar 5 %. Secara lengkap perhitungan jatuh tegangan per masing-masing rumah tangga dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai prosentase jatuh tegangan

No	BEBAN	TEGANGAN KIRIM (V)	TEGANGAN TERIMA (V)	JATUH TEGANGAN (V)	PROSENTASE JATUH TEGANGAN (%)
1	Rumah 1	220	216	4	1,81%
2	Rumah 2	220	215	5	2,27%
3	Rumah 3	220	213	7	3,18%
4	Rumah 4	220	210	10	4,54%
5	Rumah 5	220	209	11	5%
6	Sumur Bor 1	220	210	10	4,54%
7	Sumur Bor 2	220	214	6	2,72%

c. Rugi – Rugi Daya pada Distribusi Tenaga Listrik

Rugi-rugi daya yang diperoleh dari hasil simulasi aliran daya menggunakan perangkat lunak ETAP 19 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rugi – rugi daya pada distribusi tenaga listrik

Branch Losses Summary Report

Branch ID	From-To Bus Flow		To-From Bus Flow		Losses		% Bus Voltage		Vd % Drop in Vmag
	MW	Mvar	MW	Mvar	kW	kvar	From	To	
Cable1	-0.012	0.000	0.012	0.000	0.2	0.0	98.1	100.0	1.87
Cable16	0.007	0.000	-0.007	0.000	0.0	0.0	98.1	97.6	0.51
Cable18	0.006	0.000	-0.006	0.000	0.1	0.0	97.6	96.8	0.80
Cable19	0.005	0.000	-0.005	0.000	0.1	0.0	96.8	95.1	1.75
Cable20	0.005	0.000	-0.005	0.000	0.0	0.0	95.1	94.8	0.22
Cable23	0.001	0.000	-0.001	0.000	0.0	0.0	94.8	94.6	0.27
Cable26	0.004	0.000	-0.004	0.000	0.1	0.0	98.1	96.9	1.25
					0.5	0.1			

* This Transmission Line includes Series Capacitor.

Berdasarkan data pada Tabel 4 di atas, total rugi-rugi daya pada jaringan distribusi tegangan rendah 220 V, PLTS Bismarak sebesar 0,5 kW.

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisis, maka disimpulkan sebagai berikut:

1. Total kebutuhan daya Listrik di area Perkebunan Bismarak sebesar 11.141 W, sedangkan energi Listrik yang disuplai ke beban oleh PLTS *off-grid* Bismarak sebesar 11,641W aatau 2.15 kWh/kWp/hari
2. Efisiensi total PLTS *off-grid* Bismarak sebesar 73,7 %.
3. Persentase jatuh tegangan distribusi tenaga listrik tegangan rendah 220 V, PLTS Bismarak sebesar 5 %, atau rugi-rugi daya pada sistem distribusi sebesar 0,5 kW.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sambodo MT, Negara SD, Fuady AH, Handoyo FW, Mychelisda E. Akses Listrik Dan Kesejahteraan Masyarakat.; 2020
- [2] Winardi, B., Nugroho, A., & Dolphina, E, "Perencanaan Dan Analisis Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpusat Untuk Desa Mandiri," Jurnal Tekno, vol. 16, no. 2, pp. 1–11, 2019.
- [3] Wahid, A., Junaidi, & Arsyad, M, "Analisis Kapasitas Dan Kebutuhan Daya Listrik Untuk Menghemat Penggunaan Energi Listrik," Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, vol. 2, no. 1