

ANALISIS POTENSI DAN UNJUK KERJA PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA SISTEM HYBRID PADA ATAP KANDANG AYAM CLOSED HOUSE DI TUALANG KABUPATEN SERDANG BEDAGAI

Eldina Megawati^{*}), Susatyo Handoko dan Ajub Ajulian Zahra

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

E-mail: eldinamegawati@students.undip.ac.id

Abstrak

Kabupaten Serdang Bedagai memiliki tingkat intensitas radiasi matahari yang cukup tinggi. Pada makalah Tugas Akhir ini, dilakukan analisis mengenai potensi dan unjuk kerja dari perencanaan PLTS sistem hybrid pada atap kandang ayam closed house di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai. Perencanaan PLTS ini menggunakan software PVSyst dan SketchUp Pro. SketchUp Pro merupakan software pemodelan 3D untuk berbagai macam aplikasi menggambar dimana outputnya berupa pemodelan desain 3D. PVSysts merupakan software yang digunakan untuk proses pengukuran dan analisis data dari sistem PLTS secara lengkap dimana outputnya berupa data potensi produksi energi listrik tiap tahunnya, seperti energi total yang dihasilkan, energi yang disalurkan, dan nilai rasio kerja dari PLTS tersebut. Dengan menggunakan PVSyst, simulasi PLTS ini diharapkan memiliki sistem dan konfigurasi yang optimal sesuai dengan output data yang dihasilkan. Konfigurasi yang paling tepat dipasang di peternakan ayam closed house Tualang Kabupaten Serdang Bedagai ini adalah PLTS-baterai-Grid dengan PV 250WP. Produksi energi yang dihasilkan sistem adalah 10.366,9 kWh/tahun dengan jumlah PV 32 buah. Produksi energi yang digunakan untuk menyuplai beban adalah 10.071,7 kWh/tahun dengan rasio kinerja PLTS rata-rata per tahunnya sebesar 75,9%.

Kata kunci: PLTS, PV, PVSyst, SketcUp Pro, Hybrid, Grid

Abstract

Serdang Bedagai Regency has a fairly high level of solar radiation intensity. In this final project, an analysis of the potential and performance of PLTS hybrid systems on the roof of a closed chicken coop is carried out in Tualang, Serdang Bedagai Regency. This mini PV mini-grid package uses PVSyst and SketchUp Pro software. SketchUp Pro is a 3D modeling software for various drawing applications where the output is 3D design modeling. PVSysts is a software used to measure and analyze data from a complete PV mini-grid system whose output is in the form of data on potential production of electrical energy each year, such as total energy produced, distributed energy, and the value of electrical energy produced. the energy produced. PLTS work ratio. By using PVSyst, this PLTS simulation is expected to have an optimal system and configuration according to the output data generated. The most appropriate configuration to be installed in the Tualang closed house chicken farm, Serdang Bedagai Regency, is PLTS-Battery-Grid with 250WP. The energy production produced by the system is 10.366,9 kWh/year with 32 PV units. Energy production used to supply loads is 10.071,7 kWh/year with an average PLTS performance ratio per year of 75,9%.

Keywords : PLTS, PV, SketcUp Pro, Hybrid, Grid

1. Pendahuluan

Meningkatnya kualitas infrastruktur, ilmu pengetahuan, dan teknologi berdampak terhadap laju pertumbuhan kebutuhan energi di Indonesia. Meningkatnya kebutuhan konsumsi energi ini dapat memicu permasalahan dalam usaha penyediaannya[1]. Penggunaan energi fosil yang saat ini banyak digunakan menyebabkan ketersediaan energi fosil tersebut menjadi semakin menipis[2]. Oleh karena itu, Pemerintah terus berusaha dalam meningkatkan dan mengembangkan peran Energi Baru

dan Terbarukan (EBT) di Indonesia sebagai bentukantisipasi terhadap penurunan ketersediaan energi fosil serta komitmen global dalam pengurangan emisi gas rumah kaca dan sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi[3]. Berdasarkan PP No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional, target bauran Energi Baru dan Terbarukan (EBT) pada tahun 2025 paling sedikit mencapai 23% dan 31% pada tahun 2050[4]. Potensi Energi Baru dan Terbarukan (EBT) yang cukup besar di Indonesia ini dapat ditingkatkan dan dikembangkan untuk mencapai target bauran energi

primer tersebut[1]. Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang secara geografis dilalui oleh garis khatulistiwa[5]. Indonesia terletak di 6° LU - 11° LS dan 95° - 141° BT, letak garis lintang, kondisi atmosfer, dan posisi matahari terhadap garis khatulistiwa inilah yang menyebabkan tingginya radiasi matahari di Indonesia, yaitu 4,8 kWh/m²/hari[2]. Dengan potensi tersebut, modal yang dimiliki Indonesia cukup besar untuk pengembangan energi alternatif teknologi panel surya (*photovoltaic*) dengan menggunakan energi matahari atau energi surya untuk menghasilkan tenaga listrik. Dengan demikian, penggunaan teknologi panel surya (*photovoltaic*) di Indonesia dapat lebih bervariasi, yaitu pada bangunan perumahan, industri, perkantoran, dan sarana lainnya[6]. Teknologi panel surya (*photovoltaic*) bekerja mengkonversikan energi matahari atau energi surya menjadi energi listrik (searah)[7]. Radiasi matahari, orientasi panel surya, sudut kemiringan panel surya, temperatur sel surya, dan pengaruh bayangan dapat memengaruhi efisiensi daya keluaran sel surya[3].

Serdang Bedagai merupakan kabupaten hasil pemekaran dari Kabupaten Deli Serdang yang terletak di Provinsi Sumatera Utara dengan luas wilayah 1952,38 km² yang terletak pada 03°01'2,5" - 3°46'33" Lintang Utara dan 98°44'22" - 99°19'01" Bujur Timur dengan penyinaran matahari rata-rata 51%[2]. Berdasarkan data *National Aeronautic and Space Administration (NASA)*, Kabupaten Serdang Bedagai memiliki rata-rata radiasi matahari sebesar 4,65 kWh/m²/hari, dan suhu rata-rata sebesar 29,25°C[2]. Berdasarkan data ini, Kabupaten Serdang Bedagai sangat potensial sebagai lokasi pengembangan sumber energi baru dan terbarukan yang ramah lingkungan dengan menggunakan teknologi *photovoltaic* dimana energi matahari sebagai sumber utama pembangkitan energi listrik.

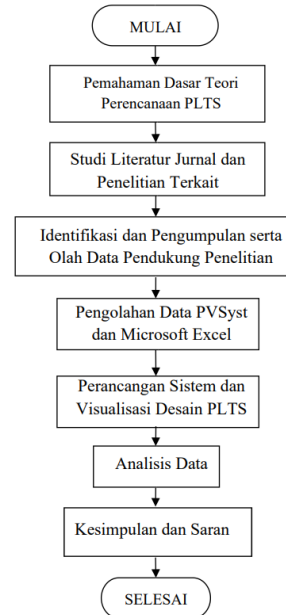
Berdasarkan keterkaitan data dengan pemanfaatan PLTS, simulasi perancangan PLTS sistem *hybrid* pada atap kandang ayam *closed house* Tualang Kabupaten Serdang Bedagai dapat dilakukan dengan perangkat lunak PVSyst 6.8.1. PVSysts 6.8.1 merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk proses pembelajaran, pengukuran (*sizing*), dan analisis data dari sistem PLTS secara lengkap[4]. Dengan perangkat lunak ini, memungkinkan banyak pemodelan untuk membandingkan banyak pilihan sistem desain yang berbeda berdasarkan variabel, manfaat teknis, dan juga ekonomi. Dengan demikian, dapat dipilih suatu sistem yang optimal sesuai dengan input dan output data yang diberikan[8].

2. Metode

2.1. Perancangan PLTS Untuk Analisis Potensi dan Unjuk Kerja pada Atap Kandang Ayam *Closed House* di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai

Diagram alir dari Tugas Akhir berjudul “Analisis Potensi dan Unjuk Kerja Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga

Surya Sistem *Hybrid* pada Atap Kandang Ayam *Closed House* di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai” dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram alir perancangan sistem

2.2. Data Sistem

Data sistem dibutuhkan sebagai input dalam perancangan PLTS sistem *hybrid* pada atap kandang peternakan ayam *closed house* di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai.

2.2.1. Profil Beban

Tabel 1. Profil Beban

Jam	Beban (Wh)
00.00-01.00	1540
01.00-02.00	1540
02.00-03.00	1540
03.00-04.00	1540
04.00-05.00	1540
05.00-06.00	1540
06.00-07.00	1540
07.00-08.00	1540
08.00-09.00	1940
09.00-10.00	1740
10.00-11.00	1540
11.00-12.00	1540
12.00-13.00	1540
13.00-14.00	0
14.00-15.00	0
15.00-16.00	0
16.00-17.00	0
17.00-18.00	1540
18.00-19.00	1940
19.00-20.00	1740
20.00-21.00	1540
21.00-22.00	1540
22.00-23.00	1540
23.00-00.00	1540
Total	32000

Tugas akhir ini menggunakan peternakan ayam *closed house* di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai sebagai objek penelitian. Alamat Gedung tersebut berada di Kecamatan Perbaungan, Kabupaten Serdang Bedagai, Provinsi Sumatera Utara. Secara astronomis peternakan ayam *closed house* Tualang Kabupaten Serdang Bedagai terletak pada 3°34'32" Lintang Utara dan 98°58'52" Bujur Timur[2]. Data tersebut digunakan sebagai input di perangkat lunak PVSyst 6.8.1. Profil beban didapat dan dihitung berdasarkan penggunaan per-jam sebagai terlihat pada tabel berikut ini[9].

2.2.2. Potensi Energi Matahari

Kabupaten Serdang Bedagai merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi energi matahari. Potensi energi matahari yang dapat dimanfaatkan adalah intensitas radiasi matahari dan juga energi panas (suhu)[10]. Peternakan ayam *closed house* yang berada di wilayah Kabupaten Serdang Bedagai ini mendapat intensitas radiasi sinar matahari yang cukup tinggi setiap tahunnya. Intensitas radiasi sinar matahari dan suhu tersebut digunakan untuk merancang kapasitas terbesar yang ditangkap oleh panel surya[11]. Data mengenai intensitas radiasi dan suhu di dapat melalui *website* resmi NASA (*National Aeronautic and space Administration*) dapat dilihat pada Tabel 2 [2].

Tabel 2. Data radiasi dan suhu

Bulan	Radiasi (kWh/m ² /hari)
Januari	4,41
Februari	5,13
Maret	6,06
April	5,12
Mei	4,61
Juni	4,84
Juli	4,82
Agustus	5,12
September	4,75
Oktober	4,61
November	4,78
Desember	4,19
Rata-Rata	4,65

Tabel 3. Data temperature

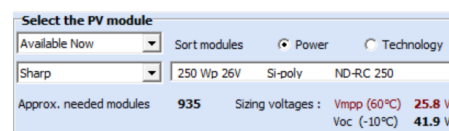
Bulan	Temperatur Rata-rata (°C)
Januari	28,61
Februari	29,14
Maret	29,95
April	30,19
Mei	29,75
Juni	29,59
Juli	29,46
Agustus	29,90
September	29,34
Oktober	28,50
November	28,60
Desember	27,96
Rata-rata	29,25

2.2.3. Komponen Utama Sistem Perancangan Sistem

Komponen utama yang akan digunakan dalam perancangan sistem adalah sebagai berikut.

A. Panel Surya (PV)

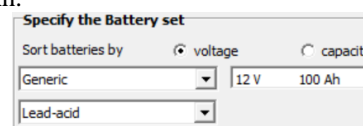
Pada perancangan sistem PLTS sistem *hybrid* di atap peternakan ayam *closed house* Kabupaten Tualang Serdang Bedagai, PV yang akan digunakan adalah 32 buah PV merk Sharp tipe ND-RC 250 dengan kapasitas 250 Wp. Potensi daya dari PV ini akan dibandingkan untuk mengetahui konfigurasi paling optimal[12]. Berdasarkan jumlah unit PV dan dimensi PV, perencanaan ini akan menggunakan *site plan* dengan luas lahan 52,5888 m² atau 3,42% dari total luas lahan yang tersedia, yaitu 1537 m². Panel surya sendiri menggunakan jenis peyangga tetap (*fixed tilted plane*) dengan sudut kemiringan 5,3° dengan sudut azimuth -94,1° menyesuaikan kondisi lapangan[12].



Gambar 2. Input PV

B. Baterai

Fungsi baterai untuk menyimpan arus atau energi yang dihasilkan panel surya pada waktu siang hari[13]. Kebutuhan baterai harus juga mempertimbangkan hari otonomi atau hari-hari dimana matahari tidak bisa bersinar maksimal karena keadaan cuaca[5]. Biasanya hal tersebut diperhitungkan agar sistem tetap aktif walaupun cuaca mendung[14]. Pada perencanaan PLTS ini, digunakan 94 buah baterai *generic* dengan kapasitas 12 Volt 100 Ah.



Gambar 3. Input baterai

C. Inverter

Fungsi dari *inverter* adalah mengubah arus DC (*direct current*) yang dihasilkan dari panel surya menjadi arus AC (*alternating current*)[6]. Untuk mengatasi kelebihan daya pada saat pemakaian di lokasi maka perlu dipasang *inverter* yang melebihi daya di lapangan. Nilai *inverter* yang lebih besar dari beban puncak akan memberikan keandalan dan *lifetime* yang optimal bagi sistem PLTS[15]. Sehingga pada perencanaan Tugas Akhir ini digunakan satu buah *inveter* merk Xian Ke Zhi dengan daya 4000 watt.

D. Grid

Perencanaan sistem pembangkit energi terbarukan ini di buat dengan sistem *hybrid off-grid* sehingga membutuhkan aliran listrik dari PLN sebagai *back up* jika baterai tidak dapat menyuplai kebutuhan beban yang dibutuhkan. Tapi perencanaan ini, energi tidak diekspor ke PLN dikarenakan daya yang dihasilkan terbilang cukup kecil sehingga tidak memenuhi batasan kapasitas energi yang dapat diekspor ke PLN.

E. Solar Charge Controller

Peran utama SCC adalah melindungi dan melakukan otomatisasi pada pengisian baterai. Hal ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem dan menjaga agar masa pakai baterai dapat dimaksimalkan[15]. *Solar charge controller* dapat mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena batere sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya/*solar cell*[6]. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban[15]. Pada perencanaan PLTS ini digunakan 10 buah *Solar Charge Controller* merk Epever XTRA3210N dengan arus 30 Ampere.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Simulasi PVSyst 6.8.1

Berdasarkan hasil dari simulasi PVSyst 6.8.1 tanpa memperhitungkan pengaruh bayangan/ *shading factor*, Pembangkit Listrik Tenaga Surya Peternakan Ayam Tualang Kabupaten Serdang Bedagai memiliki potensi optimal untuk menghasilkan energi listrik sebesar 10426,7 KWh per tahunnya. Adapun hasil simulasi PVSyst 6.8.1 pada perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Peternakan Ayam Tualang Kabupaten Serdang Bedagai dapat dilihat pada gambar 4 di bawah ini.

Peternakan Ayam Closed House
Balances and main results

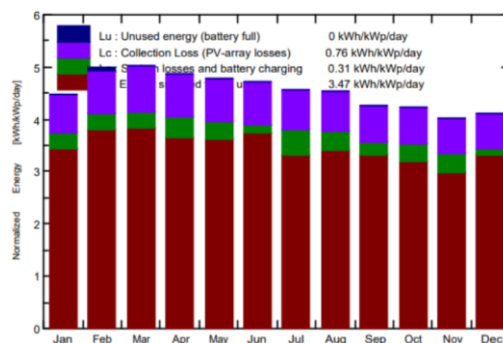
	GloHior kWh/m ²	GlobEFF kWh/m ²	E_Avail kWh	E_Unused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac
January	139.2	133.7	875.4	0.05	138.7	853.3	992.0	0.860
February	139.7	135.3	882.2	13.77	46.5	849.5	896.0	0.948
March	155.6	150.6	969.2	0.06	44.5	947.5	992.0	0.955
April	146.1	141.3	916.6	0.06	83.2	876.8	960.0	0.913
May	147.9	143.0	924.2	0.09	91.4	900.6	992.0	0.908
June	141.3	136.6	885.7	0.05	58.1	901.9	960.0	0.939
July	141.4	136.8	892.1	0.14	58.7	823.3	992.0	0.830
August	146.1	135.8	883.9	0.11	145.8	946.2	992.0	0.853
September	128.1	123.3	805.4	0.03	161.5	798.5	960.0	0.832
October	132.7	126.3	814.1	0.08	202.0	790.0	992.0	0.796
November	122.4	116.3	780.9	0.06	241.7	718.3	960.0	0.748
December	128.0	122.9	807.1	0.03	169.5	822.5	992.0	0.829
Year	1662.5	1601.9	10426.7	14.54	1551.6	10128.4	11680.0	0.867

Legends: GloHior Horizontal global irradiation E_Miss Missing energy
 GlobEFF Effective Global, corr. for IAM and shadings E_User Energy supplied to the user
 E_Avail Available Solar Energy E_Load Energy need of the user (Load)
 E_Unused Unused energy (battery full) SolFrac Solar fraction (E_Load / E_User)

Gambar 4. Potensi energi listrik

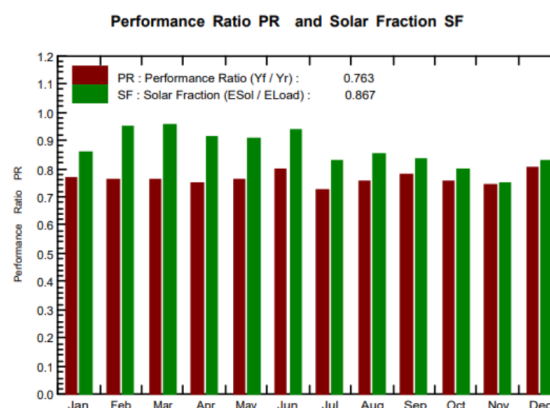
Berdasarkan gambar 4, energi listrik yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Peternakan Ayam

Tualang Kabupaten Serdang Bedagai adalah sebesar 10426,7 kWh setiap tahunnya. Sedangkan energi listrik yang dibangkitkan untuk mensuplai beban peternakan ayam *closed house* Tualang Kabupaten Serdang Bedagai, yaitu sebesar 10128,4 kWh setiap tahunnya.



Gambar 5. Grafik produksi listrik PLTS

Berdasarkan gambar 5, energi listrik yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya peternakan ayam *closed house* Tualang Kabupaten Serdang Bedagai memiliki hasil produksi energi listrik yang beragam dan fluktuatif ditiap bulannya. Dengan produksi energi listrik terbesar pada bulan Februari dan terendah pada bulan November.



Gambar 6. Grafik rasio kinerja PLTS

Performance Ratio atau rasio kinerja dari sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Peternakan Ayam Tualang Kabupaten Serdang Bedagai adalah rasio atau tingkat perbandingan energi listrik yang diproduksi secara efektif (digunakan) dengan energi listrik yang akan dihasilkan jika sistem terus bekerja dalam kondisi standar (STC). Berdasarkan gambar 6, dapat dilihat bahwa sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Peternakan Ayam Tualang Kabupaten Serdang Bedagai memiliki tingkat rasio kinerja yang cukup baik yaitu sebesar 76,3%.

3.2. Desain Teknis PLTS

Secara teknis, desain perencanaan menggunakan *software* PVSyst versi 6.8.1. Pemodalan desain dan *siteplan* dari

PLTS Peternakan Ayam Tualang Serdang Bedagai ini dipengaruhi oleh beragam parameter dan kondisi lingkungan sekitar, diantaranya adalah letak geografis, intensitas radiasi matahari, temperatur wilayah, dan beban harian yang digunakan oleh Peternakan Ayam Tualang Serdang Bedagai sendiri. Pemodalan desain dan *siteplan* dari PLTS ini dilakukan dengan menggunakan *software* SketchUp Pro 2020 dengan *render* V-Ray guna mendapatkan visualisasi desain yang mudah dimengerti oleh berbagai kalangan dalam bentuk 2D, 3D, maupun video animasi guna menjelaskan detail perencanaan PLTS Peternakan Ayam Tualang Serdang Bedagai ini. Dalam visualisasi 2D dan 3D, penting untuk memproyeksikan sistem PLTS dengan mengacu pada dimensi panel surya.

3.2.1. Atap Peternakan Ayam Tualang Serdang Bedagai

Atap peternakan ayam *closed house* Tualang Kabupaten Serdang Bedagai ini memiliki luas 1537 m². Diproyeksikan terdapat 32 buah panel surya yang memakan luas 43 m² yang akan dipasang pada kandang 3. Perancangan desain 3D menggunakan *software* SketchUp Pro 2020 dengan menggunakan acuan ukuran, dan dimensi luas area, diperoleh desain 3D seperti di bawah ini.



Gambar 7. Visualisasi 3D PLTS

3.3. Analisis Produksi PLTS

3.3.1. Hubungan Radiasi dan Temperatur Terhadap Produksi Energi Listrik

Tabel 4. Hubungan radiasi dan temperature terhadap produksi energi listrik

Bulan	Temperatur (°C)	Radiasi (kWh/m ² /hari)	Produksi Energi Listrik (kWh)
Januari	28,61	4,41	875,4
Februari	29,14	5,13	882,2
Maret	29,95	6,06	969,2
April	30,19	5,12	916,6
Mei	29,75	4,61	924,2
Juni	29,59	4,84	885,7
Juli	29,46	4,82	892,1
Agustus	29,90	5,12	883,9
September	29,34	4,75	805,4
Oktober	28,50	4,61	824,1
November	28,60	4,78	760,9
Desember	27,96	4,19	807,1
Rata-Rata	29,25	4,65	10426,7

Berdasarkan tabel 4, dapat dilihat bahwa produksi energi listrik terbesar adalah bulan Maret yang mencapai 969,2 kWh. Pada bulan maret tersebut, dapat dilihat bahwa nilai intensitas radiasi matahari berada dalam nilai tertinggi, yaitu 6,06 kWh/m²/hari sedangkan untuk temperature

berada dalam nilai relatif tinggi, yaitu 29,95°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar intensitas radiasi matahari yang diterima maka akan semakin besar pula energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Sedangkan untuk temperatur, didapatkan nilai energi listrik dan temperatur yang fluktuatif. Hal ini terjadi karena energi listrik yang dihasilkan lebih bergantung terhadap intensitas radiasi matahari yang merupakan parameter utama dalam produksi energi listrik oleh sel surya. Nilai temperatur tidak banyak berubah atau dapat dikatakan rentang perubahannya kecil (2,6°C).

4. Kesimpulan

Dalam perancangan ini, sistem menggunakan modul sebanyak 32 buah dengan merk Sharp tipe ND-RC 250 berkapasitas 250 Wp. Untuk sudut kemiringan panel surya adalah 5,3° dengan sudut azimut -94,1° dengan penyangga berjenis *fixed tilt*. Sedangkan baterai yang digunakan, yaitu baterai Generic berkapasitas 12V 100Ah sebanyak satu buah. Potensi produksi energi listrik yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Peternakan Ayam Tualang Kabupaten Serdang Bedagai adalah sebesar 10366,9,7 kWh setiap tahunnya dan 10071,7 kWh untuk mensuplai beban peternakan ayam *closed house* Tualang Kabupaten Serdang Bedagai. Berdasarkan hasil simulasi *software* PVSyst 6.8.1, pengaruh intensitas radiasi matahari terhadap potensi produksi energi listrik PLTS berbanding lurus. Hal ini terbukti bahwa produksi energi listrik terbesar Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Atap Kandang Ayam *Closed House* Tualang Kabupaten Serdang Bedagai adalah bulan Maret yang mencapai 969,2 kWh dan pada saat itu intensitas radiasi matahari berada dalam nilai tertinggi pula, yaitu 6,06 kWh/m²/hari. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar intensitas radiasi matahari yang diterima maka akan semakin besar pula energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya Peternakan Ayam Tualang Kabupaten Serdang Bedagai ini juga memiliki tingkat rasio kinerja yang cukup baik, yaitu sebesar 75,9%.

Referensi

- [1]. Suharyati, S. H. Pambudi, J. L. Wibowo, dan N. I. Pratiwi. 2019. Outlook Energi Indonesia. Jakarta
- [2]. NASA, "NASA Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) Higher Resolution Daily Time Series Climatology Resource for SSE-Renewable Energy." [Online]. Available: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. [Accessed: 08-Feb-2020].
- [3]. W. Omran, "Performance Analysis of Grid-Connected Photovoltaic Systems", Ph.D thesis, University of Waterloo at Ontario, 2010.
- [4]. E.Setyani, B. Winardi, dan Karmoto. "Analisis Potensi dan Unjuk Kerja Perencanaan PLTS On Grid System di GOR Jatidiri Semarang Menggunakan Software PVSyst 6.43". Universitas Diponegoro. 2019.

- [5]. Bagus Ramadhani, Intsalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts. 2018.
- [6]. ABB, Techincal Application Papers No. 10 Photovoltaic Plants, Bergamo Italy, 2008.
- [7]. International Finance Corporation (IFC), Utility-Scale Solar Photovoltaic Power Plants. India, 2012.
- [8]. Nelly Safitri, Teuku Rihayat, ShafiraRiskina, Teknologi Photovoltaic. Banda Aceh, 2019.
- [9]. E. P. D. Hattu, J. A. Wabang, dan A. Palinggi, "Pengaruh Bayangan terhadap Output Tegangan dan Kuat Arus pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)," Politeknik Negeri Kupang, 2018.
- [10]. Nadia Al-Rousan, Nor Ashidi Mat Isa, and Mohd Khairunaz M.D "Advances in Solar Photovoltaic Tracking Systems: A review," Universiti Sains Malaysia, 2018.
- [11]. G.H. Susilo dan B. Winardi, "Diesel dan Energi Terbarukan di Pulau Enggano Bengkulu" Universitas Diponegoro. 2004.
- [12]. Meriani, "Kajian Potensi dan Efisiensi Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Wilayah Pekanbaru" Universitas Andalas. 2017.
- [13]. Dian F.A., Juara M.T., "Pengaturan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya(PLTS) 1000 WATT" STT PLN Jakarta. 2016.
- [14]. Duffie, John A. William A. Beckman. and Nathan Blair, Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind, 5th, John Wiley & Sons Inc, New Jersey, 2020.
- [15]. Simon Roberts. "Solar Electricity: A Practical Guide to Designing and Installing Small Photovoltaic Systems". Cambridge, UK: Prentice Hall International Lts., 1991.