

PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ROOFTOP PENSUPPLAI KANDANG AYAM PEDAGING DENGAN SISTEM ON GRID DI DESA TEGALHARJO TRANGKIL PATI

Ahmad Firna Nariyana¹, Ida Widiastuti², dan Dedi Nugroho³

^{1, 2, 3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung
Jl. Kaligawe Raya no. Km 4 Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112
e-mail: ahmadfirna@std.unissula.ac.id¹, idafti@unissula.ac.id², dedi.nugroho@unissula.ac.id³

ABSTRACT

The public is increasingly interested in the broiler chicken business as a business venture because market demand for broiler chickens is increasing. The aim of this research is to measure the amount of electricity used in the chicken coop and create a daily load schedule for one month, determine the capacity of the solar panels based on the area roof that is currently used, and designing a PLTS system to meet the needs of the chicken coop and creating an electricity loading pattern of 50% PLTS and 50% PLN. The data collection methods used are observation, calculation, literature study and geographical study. The results of this research after carrying out calculations to meet the power requirements needed to supply the electricity needs in the chicken coop are 12.15 kW of the power that will be produced by PLTS using a 405 Wp capacity module with a total of 30 solar panels arranged in series of 5 and parallel. 6 which will produce a maximum array voltage of 210 volts and a maximum current of 57.9 Amperes which will produce a power of 12.15 kW. Solar irradiation in chicken coops in Tegalharjo Trangkil Village varies throughout the year, with the planning design utilizing the lowest solar radiation intensity value in January (4.38 kWh/m²/day) and an average solar radiation intensity of 5.43 kWh/m²/day to guarantee maximum electrical energy output throughout the year.

Keywords: Broiler Coop, PLTS, On Grid

ABSTRAK

Masyarakat semakin tertarik dengan bisnis ayam broiler ini sebagai sebuah usaha bisnis karena permintaan pasar terhadap ayam broiler yang semakin meningkat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur jumlah listrik yang digunakan di kandang ayam dan buat jadwal beban harian selama satu bulan, menentukan kapasitas panel surya berdasarkan luas atap yang digunakan saat ini, dan merancang sistem PLTS untuk memenuhi kebutuhan kandang ayam dan membuat pola pembebanan listrik yaitu 50% PLTS dan 50% PLN. Metode pengumpulan data yang digunakan adalah observasi, perhitungan, studi literatur dan studi geografis. Hasil dari penelitian ini setelah melakukan perhitungan untuk mencukupi kebutuhan daya yang diperlukan untuk mensuplai kebutuhan listrik dikandang ayam yaitu sebesar 12,15 kW dari daya yang akan dihasilkan PLTS menggunakan modul berkapasitas 405 Wp dengan jumlah panel surya sebanyak 30 buah yang disusun secara seri 5 dan parallel 6 yang akan menghasilkan tegangan maksimum array yang akan dibangkitkan sebesar 210 volt dan arus maksimum 57,9 Ampere yang akan menghasilkan daya sebesar 12,15 kW. Iradiasi matahari pada kandang ayam di Desa Tegalharjo Trangkil bervariasi sepanjang tahun, dengan rancangan perencanaan memanfaatkan nilai intensitas radiasi matahari terendah bulan Januari (4,38 kWh/m²/hari) dan rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 5,43 kWh/m²/hari untuk menjamin keluaran energi listrik maksimum sepanjang tahun.

Kata Kunci: Kandang Ayam Pedaging, PLTS, On Grid

I. PENDAHULUAN

MASYARAKAT semakin tertarik dengan bisnis ayam broiler ini sebagai sebuah usaha bisnis karena permintaan pasar terhadap ayam broiler yang semakin meningkat. Fasilitas kandang yang memadai tentunya sangat diperlukan dalam beternak, merawat, dan menggemukkan ayam broiler di kandang ayam. Hal ini terutama berlaku dalam hal penyediaan listrik untuk peralatan listrik seperti penerangan, pompa air, heater dan blower. Namun dalam kaitannya proses pemeliharaan ayam sendiri pada kandang ayam membutuhkan konsumsi daya listrik yang cukup besar. Besarnya konsumsi daya listrik menyebabkan pengeluaran pembayaran listrik juga besar [1]. Untuk menekan biaya tersebut akan dirancang pemasangan PLTS dengan memanfaatkan atap kandang ayam yang akan dijadikan sebagai tempat peletakan panel surya,

selain itu untuk menjaga dari suplai listrik selalu lancar dari pemadaman listrik misal terjadi [2].

Penelitian ini akan menggunakan PLTS rooftop dengan sistem On Grid di Desa Tegalharjo, Pati, untuk keperluan perencanaan. Januari 2022 memiliki radiasi matahari terendah, yaitu 4,38 kWh/m² [3], sementara irradianse terendah yang bisa mensuplai panel surya sebesar 1,0 kWh/m², sehingga pada daerah tersebut layak untuk dikembangkan pembangkit listrik tenaga surya. Di Tegalharjo Trangkil Pati, pelaku usaha peternakan ayam broiler dapat memasang panel surya sebagai sarana perencanaan kebutuhan energi listrik alternatif, antisipasi gangguan, dan pemeliharaan peralatan listrik khususnya penerangan, pompa air, pemanas, dan blower, karena lingkungan sekitar tidak banyak terdapat tanaman tinggi [4].

Ketentuan PERMEN ESDM No. 49 Tahun 2018 diacu dalam perencanaan ini. Kandang yang terpasang tenaga listrik PLN berkapasitas 5,5 kVA ini mampu

menghidupkan lampu, pompa air, pemanas, blower, dan peralatan lainnya. Berdasarkan data hasil observasi dan perhitungan didapatkan rata-rata pemakaian energi listrik dikandang ayam selama 30 hari sebesar 86,72 kWh dengan total daya seluruh peralatan tersebut sebesar 4.798 Watt. Pada kandang ayam *broiler* di Desa Tegalarjo Pati juga memiliki luas lahan 1.400 m² dan luas bangunan 1.200 m² yang dapat menampung ayam *broiler* dengan kapasitas 15.000 ekor, dengan luas atap yang menghadap ke timur dan barat yang akan dipasang PLTS [5].

II. KAJIAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan oleh Teguh Priyono, Kho Hie Khwee, dan Yandri diberi nama “Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Peternakan Ayam Broiler di Gang Karya Tani Pontianak Selatan”. Setelah menimbang hasil dan perbincangan, terlihat bahwa peternakan ayam broiler di Gang Karya Tani, Pontianak Selatan, menargetkan PLTS berencana menyuplai energi, dengan fokus penerangan kandang ayam agar pasokan tetap stabil. daya hidup. Untuk memenuhi total daya listrik yang dibutuhkan, komponen sistem PLTS diperlukan 16 panel surya 100 Wp, 3 buah charge controller 600 W dengan tegangan input 12 VDC dan arus 45 A, 20 buah baterai 12 V 100 Ah, dan 1 buah inverter 600 W. dengan tegangan masukan 12 VDC atau 24 VDC dan tegangan keluaran inverter 220 VAC. Berdasarkan analisis ekonomi, rencana ini membutuhkan investasi sebesar Rp94.639.088. Net Present Value (NPV) rencana ini positif sebesar Rp. 56.772,00 (>0), menunjukkan bahwa investasi PLTS pada peternakan ayam broiler (Boiler) di Gang Karya Tani Pontianak Selatan [4].

Kajian dengan judul “Perencanaan Teknis dan Ekonomi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem On-Grid” dilakukan oleh Jufrizel dan Muhammad Irfan. Perancangan pembangkit listrik tenaga surya yang sesuai dengan kebutuhan kelistrikan PT Gedung Terpadu dapat disimpulkan dari penelitian yang telah dilakukan. Biaya yang dikeluarkan Pertamina RU II Dumai cukup besar. Pay Back Period (PBP) adalah 18 tahun bila sistem PLTS digunakan selama 20 tahun dengan total biaya investasi sebesar Rp 6.263.989.000, menurut riset keuangan. Berdasarkan analisis seluruh faktor ekonomi, PLTS Gedung Terpadu berada dalam kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan perusahaan.[7].

Kajian dengan judul “Perencanaan PLTS Atap Kawasan Pabrik Teh PT Pagilaran Batang” adalah judul kajian yang dilakukan oleh Muhammad Sulthon Novera Rega, Nazaruddin Sinaga, dan Jaka Windarta. Berdasarkan kajian yang dilakukan, PLTS Atap PT Pagilaran diperkirakan mampu menghasilkan energi listrik sebesar 629.840,8 kWh dalam setahun. Jumlah tersebut mampu menutupi 95,85% kebutuhan beban listrik area pabrik. Total energi yang dapat dihasilkan dalam satu tahun

dibandingkan dengan kapasitas rangkaian PV, diukur dalam kWh/kWp, adalah 1,209. Rasio kinerja menurut hasil simulasi adalah 77,5%. [8].

Berdasarkan temuan dan pembahasan mengenai perancangan PLTS Skenario 1 berkapasitas 21,6 kWp, maka dilakukan penelitian oleh Allan Ardiansyah, I Nyoman Setiawan, dan I Wayan Sukerayasa dengan judul “Perancangan PLTS Atap On Grid Di Kota Probolinggo Penelitian dan Pembangunan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah” Biayanya sebesar Rp 267.000.000, sedangkan dibutuhkan Rp 395.850.000 untuk merancang PLTS Skenario 2 yang berkapasitas 32,4 kWp. Bagi Kantor BAPPEDA LITBANG, PLTS Skenario 1 dan 2 mampu menghemat tagihan listrik masing-masing sebesar Rp43.979.592 dan Rp64.642.977 pada tahun pertama [9].

Kajian berjudul “Optimasi Perencanaan PLTS On Grid System di Ngarai Jatidiri Semarang Menggunakan Software Homer” dilakukan oleh Siti Zumrotun Khoiroh, Bambang Winardi, dan Karnoto. Secara geografis, GOR Jatidiri terletak di wilayah Kecamatan Karangrejo Kabupaten Gajahmungkur, Semarang, Jawa Tengah, menurut penelitian yang telah dilakukan. Rata-rata intensitas radiasi di kawasan GOR Jatidiri adalah 5.539 Kwh/m²/hari, menurut National Aeronautics and Administration (NASA). Inverter tersebut berkapasitas 100.000 Watt, dan kapasitas panel surya 261 x 320 Wp, sesuai hasil perhitungan desain PLTS. HOMER digunakan untuk membandingkan berbagai kemungkinan konfigurasi baik secara ekonomis maupun teknis. Temuan simulasi HOMER menunjukkan bahwa desain jaringan fotovoltaik dengan produksi daya panel surya tahunan sebesar 115.009 kWh merupakan konfigurasi PLTS terbaik untuk GOR Jatidiri Semarang. Kelebihan energi yang dihasilkan oleh PLTS akan dijual ke PLN untuk mencapai keuntungan teknis dan finansial bagi sistem tersebut [10].

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

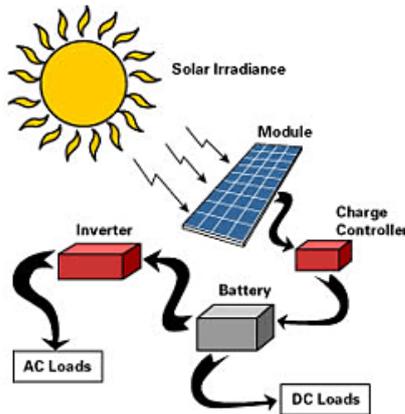


Gambar 1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS merupakan pembangkit listrik yang menghasilkan energi dari radiasi matahari melalui sel fotovoltaik. Berbagai sel fotovoltaik digunakan untuk mengubah radiasi matahari menjadi listrik. Semakin banyak radiasi matahari yang mengenai sel surya, *output* daya meningkat. Di Indonesia, PLTS merupakan teknologi yang berpotensi membantu dalam

menghasilkan listrik pada kondisi sinar matahari tropis dan khatulistiwa. Sistem PLTS dipisahkan menjadi beberapa kelompok. Berdasarkan implementasi dan konfigurasinya, PLTS secara garis besar dapat dikategorikan menjadi dua jenis: sistem PV *off-grid* dan PLTS yang berdiri sendiri dan sistem PLTS yang terhubung ke suatu jaringan (juga dikenal sebagai sistem PV *on-grid*) [11].

B. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya



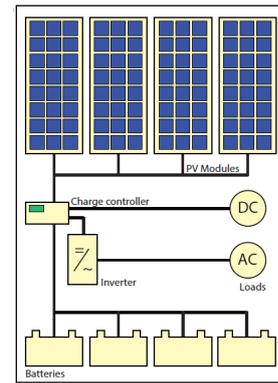
Gambar 2 Prinsip Kerja PLTS

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dapat dibangun untuk memenuhi kebutuhan listrik skala kecil hingga besar. Pada hakikatnya PLTS adalah penyedia tenaga listrik, atau alat yang menghasilkan tenaga listrik. Sinar matahari diterima oleh panel surya pada siang hari, dan proses fotovoltaik menggunakan energi tersebut untuk menghasilkan listrik. Panel surya menghasilkan listrik, yang dapat digunakan langsung ke beban atau disimpan dalam baterai untuk digunakan nanti. Panel surya yang terbuat dari sel surya melalui proses ini. Tenaga listrik arus searah (DC) dihasilkan oleh PLTS dengan menggunakan sinar matahari, dan listrik DC ini kemudian dapat diubah menjadi listrik AC (arus bolak-balik).

C. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Modul fotovoltaik, baterai, inverter baterai, solar charge controller atau grid inverter, dan beberapa bagian pendukung lainnya membentuk sistem PLTS. Sistem PLTS ada berbagai macam, antara lain sistem *On-Grid* yang terhubung dengan jaringan listrik PLN dan sistem *Off-Grid* yang beroperasi secara mandiri. Saat ini PLTS (*On-Grid*), PLTS (*Off-Grid*), dan PLTS hybrid (PLTS yang dicampur dengan sumber energi lain seperti angin atau solar) juga banyak digunakan, namun sistem PLTS tersebar (*SHS/solar home system*) lebih banyak digunakan. umum digunakan karena biaya rendah dan desain sederhana. diterapkan, yang berupaya menghasilkan listrik, serta peningkatan konsumsi energi dan peningkatan keberlanjutan sistem melalui kepemilikan bersama.

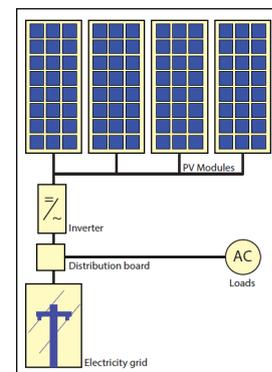
1. Sistem PLTS Off-Grid



Gambar 3 Sistem PLTS Off-Grid

Yang dimaksud dengan “PLTS *Off-Grid*” adalah sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat (*Off-Grid*), yaitu suatu alat yang menghasilkan tenaga listrik dengan menggunakan radiasi matahari tanpa tersambung dengan jaringan saluran listrik. Dengan kata lain, satu-satunya cara sistem ini menghasilkan listrik adalah dengan menggunakan radiasi matahari dan panel surya atau fotovoltaik. Sistem PLTS *Off-Grid* juga dibatasi penggunaannya di wilayah yang tidak terlayani jaringan listrik dari PLN, seperti daerah pedesaan.

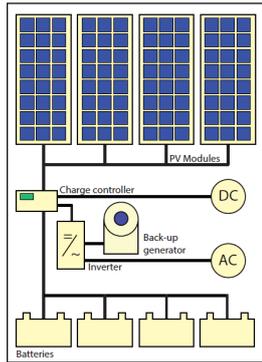
2. Sistem PLTS On-Grid



Gambar 4 Sistem PLTS On-Grid

Sistem PV *Grid-Connected*, kadang-kadang disebut sebagai sistem PLTS *On-Grid*, adalah aplikasi Energi Hijau untuk penghuni perkotaan, industri, perumahan, dan perkantoran. Dengan bantuan modul surya, sistem ini menghasilkan listrik yang bebas emisi dan ramah lingkungan. Karena sistem PLTS *On-Grid* dapat mengurangi biaya listrik untuk rumah, kantor, dan bisnis, sehingga menawarkan nilai tambah bagi konsumen. Karena sistem PLTS ini memaksimalkan pemanfaatan energi surya untuk menghasilkan energi listrik sebanyak-banyaknya, maka terkoneksi dengan jaringan listrik PLN maka dinamakan “*On-Grid*”. Gambar 2.5 menunjukkan sistem yang sedang beroperasi. Fitur anti *islanding* pada inverter yang menjamin PLTS tidak menghasilkan listrik jika terjadi pemadaman listrik merupakan salah satu fitur pada sistem PLTS *On-Grid*.

3. Sistem PLTS hybrid

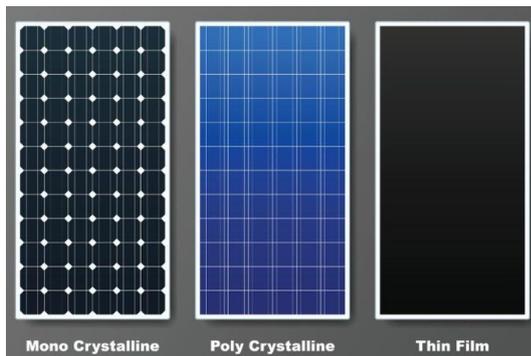


Gambar 5 Sistem PLTS Hybrid

Sistem *hybrid* merupakan sistem yang menggabungkan pemanfaatan PLTS dengan tambahan pembangkit listrik. PLTMH, PLTB, dan generator seringkali merupakan sistem pembangkit yang paling umum digunakan; sistem ditunjukkan pada Gambar 2.6. Sistem *Hybrid* memberikan tenaga untuk mengibangi daya dari beberapa pembangkit, setiap terjadi kelebihan daya yang dihasilkan maka akan disimpan terlebih dahulu untuk penggunaan selanjutnya [12].

D. Komponen – komponen Sistem PLTS On Grid

1. Panel Surya



Gambar 6 Panel Surya

Bagian yang berfungsi mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik disebut panel surya. Panel surya ini terdiri dari banyak sel surya yang disusun secara paralel atau seri. Dalam kebanyakan kasus, sebuah panel surya memiliki 32-40 sel surya. Sebuah "array" dibuat oleh susunan panel surya.

Satuan *Wattpeak (Wp)* digunakan untuk mengukur kapasitas daya panel surya. Satuan Wp menunjukkan daya maksimum yang dapat dihasilkan panel surya pada saat insolasi matahari atau radiasi matahari masuk dan diterima sama dengan 1000 W/m². Besarnya radiasi matahari yang diterima menentukan seberapa besar listrik dan arus listrik yang dapat dihasilkan panel surya. Kondisi lingkungan, sudut kemiringan, dan kebersihan permukaan panel surya semuanya mempengaruhi besarnya daya yang dihasilkan panel surya [14].

2. Inverter



Gambar 7 Inverter Sistem On Grid

Alat listrik yang disebut inverter digunakan untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Perangkat seperti baterai dan panel surya menghasilkan listrik 12–24 V DC, yang diubah inverter menjadi arus 220 V AC. Baik suatu sistem terhubung ke jaringan PLTS atau jaringan PLN, pemilihan inverter terbaik untuk aplikasi tertentu bergantung pada kebutuhan beban dan sistem PLTS itu sendiri. berdiri sendiri. Inverter dapat dibagi menjadi tiga kategori: *stand-alone*, *grid-tied*, dan *grid-tied* dengan cadangan baterai. Sistem PLTS yang terhubung dengan utilitas menggunakan inverter tipe *grid-tied*. Sedangkan PLTS standalone menggunakan *inverter off-grid* atau *stand alone*.

Berikut ini adalah faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan saat menggunakan inverter:

1. Pada daya rata-rata dan puncak, inverter berfungsi normal. Oleh karena itu, untuk menjaga terhadap beban puncak, diperlukan faktor keamanan. Dengan faktor keamanan inverter sebesar 1,25 diharapkan faktor keamanan tersebut mampu menjaga terhadap beban puncak. Persamaan (1) dapat digunakan untuk menghitung kapasitas inverter dan mencakup faktor keamanan.

$$Capacity\ of\ inverter = Demad\ Watt \times Safety\ factor \tag{1}$$

dengan,

Demad Watt =Permintaan daya / daya output (W)

Safety factor =Faktor keamanan (1,25)

Capacity of inverter =Kapasitas Inverter

2. tegangan masukan inverter
3. Masukan arus inverter
4. memiliki kualitas siklus yang sempurna
5. Menggunakan transistor bipolar gerbang terisolasi dalam sistem pergantian elektronik
6. Dilengkapi seperangkat aturan yang disebut MPPT (Maximum Power Point Tracking).
7. Mampu beroperasi pada suhu 45° Celcius

3. Meteran Exim (Export Import)



Gambar 8 Meteran Exim (Export Import)

Melalui mekanisme layanan yang dikenal sebagai "net metering" atau "EXIM metering", daya yang dihasilkan oleh sistem panel surya atap dapat diekspor ke jaringan distribusi PLN dan kemudian digunakan kembali untuk keperluan rumah tangga.

Pada sistem PLTS Atap, PLN menempatkan kWh meter unik yang disebut kWh ekspor-impor atau EXIM meter. Tujuan dari meteran EXIM adalah untuk melacak berapa banyak listrik yang diekspor pemilik rumah ke PLN dan berapa banyak listrik yang mereka gunakan di PLN. Selisih listrik yang dihasilkan panel surya dengan daya yang dikonsumsi akan dicatat dan dihitung di PLN.

Sederhananya, cara kerjanya adalah ketika cuaca cerah di siang hari, panel surya akan menghasilkan listrik. Listrik yang dihasilkan panel surya akan digunakan oleh konsumen; jika ada surplus akan dikirim ke jaringan distribusi PLN sebagai penghematan energi. Konsumsi listrik PLN oleh konsumen mengurangi kelebihan pasokan listrik ke jaringan distribusi pada malam dan siang hari mendung atau hujan.

4. Miniature Circuit Breaker (MCB)

Hubung pendek, cuaca, dan arus berlebih merupakan contoh gangguan yang dapat mempengaruhi pengoperasian sistem kelistrikan dan tidak dapat dihindari. Oleh karena itu, MCB sangat penting untuk menjaga rangkaian kelistrikan guna membatasi kerusakan sistem karena memberikan keamanan pada rangkaian sistem kelistrikan.



Gambar 9 MCB 3 Phase 25 Ampere DOMF01325

MCB adalah saklar yang dapat diprogram, yang jika terjadi arus lebih atau hubung singkat akan terbuka (open Circuit). Ini berfungsi pada dasarnya tanpa memerlukan campur tangan manusia. MCB ini beroperasi dengan cara memanaskan strip bimetal pada MCB dan

membengkokkan komponen bimetal sehingga membuka slot (pengunci) penghantar beban ketika arus abnormal mengalir melalui rangkaian MCB.

5. Panel Combiner

Komponen yang menjaga terhadap gangguan yang dapat merusak komponen sistem pada sistem kelistrikan PLTS lainnya disebut dengan *Combiner Board* atau *Combiner Box*. Oleh karena itu, batas-batas penggabungan menjadi sangat penting bagi kemajuan PLTS. Kotak penggabungan adalah alat yang sangat ampuh, terutama ketika menggabungkan banyak rangkaian modul PV menjadi satu output yang digabungkan ke satu inverter.



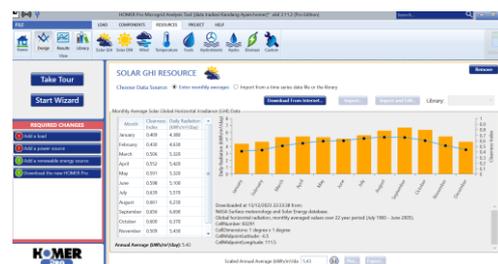
Gambar 10 Panel Combiner

Ketika modul PV menghasilkan daya dari siang hari untuk dicampur dengan daya dari sumber PLN, maka kotak penggabungan akan bekerja. Kabel-kabel dari modul PV yang mengangkut daya akan dipasang pada busbar di dalam kotak tertutup ini. Inverter memproses tegangan dan arus sebelum listrik dari panel didistribusikan untuk memastikan aliran stabil dan aman.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini pertama kali mengumpulkan data penelitian setelah melakukan survei lokasi. Data primer berasal dari informasi yang dikumpulkan langsung dari sumber penelitian, sedangkan data sekunder berasal dari dua sumber berbeda. Informasi penting diperoleh dari cara paling umum dalam memperkirakan dan menguji objek di lokasi penelitian secara langsung di kandang ayam. Hal ini kemudian dilanjutkan dengan informasi tambahan atau pengumpulan data dari buku, catatan harian atau informasi otentik dari kandang ayam. Data Iradiasi Matahari

Data iradiasi matahari di kandang ayam di Desa Tegalharjo Trangkil Pati yang didapatkan melalui aplikasi *HOOPER PRO* yang berpedoman pada data NASA.



Gambar 11 Data intensitas matahari berdasarkan dari NASA

A. Konsumsi Energi Kandang Ayam

Data konsumsi energi pada Kandang Ayam *Broiler* dengan daya terpasang sebesar 5,5 KVA. Berdasarkan data dari hasil observasi dan perhitungan didapatkan rata-rata konsumsi energi listrik di bulan Desember tahun 2023 di tunjukkan pada Tabel 1.

TABEL I
PEMAKAIAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK DI KANDANG AYAM BROILER

Hari	Pemakaian Energi Listrik/Hari (kWh)
1	73,76
2	73,76
3	73,76
4	73,76
5	73,76
6	94,01
7	94,01
8	94,01
9	94,01
10	94,01
11	94,76
12	94,76
13	94,76
14	94,76
15	94,76
16	85,93
17	85,93
18	85,93
19	85,93
20	85,93
21	85,93
22	85,93
23	85,93
24	85,93
25	85,93
26	85,93
27	85,93
28	85,93
29	85,93
30	85,93
Jumlah pemakaian 1 bulan	2.601,6
Rata – rata Harian (24 Jam)	86,72
Rata – rata Harian (12 Jam)	43,36

B. Komponen

Dalam penelitian ini, panel surya monokristalin 405 Wp digunakan. Ketika monokristalin digunakan, lebih banyak energi yang dihasilkan karena efisiensinya yang besar. Salah satu cara untuk mengoptimalkan lahan dan biaya adalah dengan menggunakan panel dengan daya tinggi; semakin besar panelnya, semakin rendah biayanya.

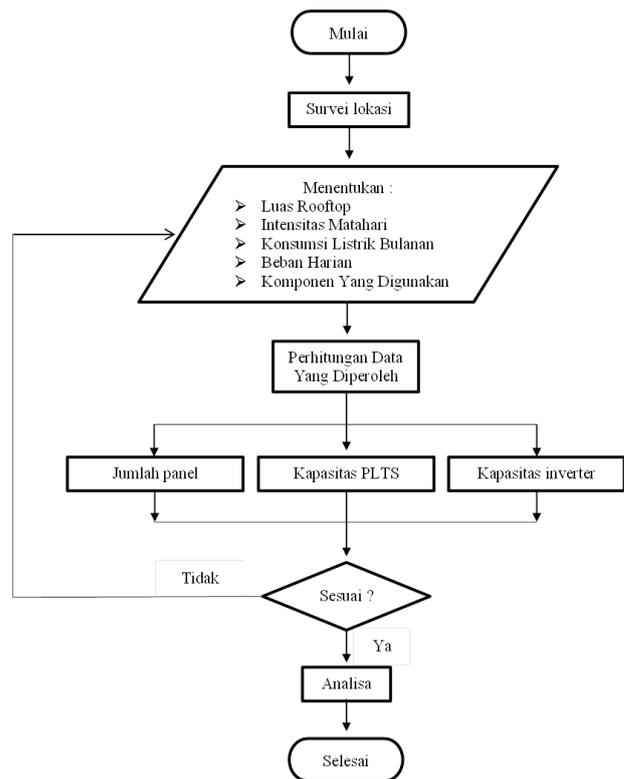


Gambar 12 Modul Panel Surya 405 Wp *Monocrystalline*

TABEL II
SPESIFIKASI MODUL PANEL SURYA 405 WP MONOCRYSTALLINE

1	Module Type	JKM405M-72H-V(STC)
2	Maximum Power (Pmax)	405 Wp
3	Maximum Power Voltage (Vmp)	42.0 Volt
4	Maximum Power Current (Imp)	9.65 A
5	Open-circuit Current (Voc)	50.1 V
6	Short-circuit Current (Isc)	10.69 A
7	Module Efficiency STC (%)	20.13 %
8	Maximum System Voltage	1500VDC(IEC)
9	Maximum Series Fuse Rating	20A
10	Dimensions	2008×1002×40mm (79.06×39.45×1.57 inch)
11	Power Tolerance	0-+3%

C. Flowchart



Gambar 13 Flowchart

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Iradiasi Sinar Matahari

Karena iradiasi matahari merupakan faktor utama dalam produksi tenaga dari sinar matahari, informasi mengenai radiasi matahari sangat penting dalam memperkirakan keluaran daya yang diharapkan dari panel surya. Data radiasi matahari dari satelit NASA yang

dikumpulkan menggunakan aplikasi HOMER ditampilkan pada tabel 3.

TABEL III
DATA IRADIASI MATAHARI DI KANDANG AYAM

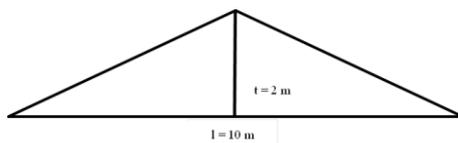
Bulan	Temperatur Udara (°C)	Solar GHI (kWh/m ² /d)	Kecepatan Angin (m/s)
Januari	26.06	4.38	4.23
Februari	26.02	4.63	4.40
Maret	26.07	5.32	3.16
April	26.21	5.42	3.46
Mei	26.12	5.32	4.88
Juni	25.75	5.10	5.61
Juli	25.45	5.57	6.30
Agustus	25.74	6.23	6.30
September	26.21	6.69	5.37
Oktober	26.38	6.37	4.08
November	26.16	5.43	3.34
Desember	26.04	4.64	3.23
RATA-RATA	26.02	5.43	4.53
SUMBER	NASA	NASA	NASA

Fluktuasi suhu dan kecepatan angin dalam satu tahun atau kurang disajikan pada tabel 3. Penyinaran matahari pada kandang ayam di Desa Tegalharjo Trangkil yang memiliki rata-rata penyinaran matahari sebesar 5,43 kWh/m²/hari menjadi salah satu topik utama penelitian ini.

Karena bulan Januari menghasilkan energi cahaya matahari paling sedikit dibandingkan bulan-bulan lainnya, maka nilai penyinaran matahari pada bulan Januari adalah 4,38 kWh/m²/hari pada desain ini. Hal ini bertujuan agar setiap tahunnya dapat tercapai jumlah keluaran energi listrik yang maksimal.

B. Luas Atap

Penelitian ini menggunakan luas *rooftop* yang akan digunakan sebagai tempat pemasangan modul surya. Perhitungan luas atap digunakan untuk mengetahui ketersediaan luas atap dalam menampung semua panel surya, yang nantinya akan di susun pada atap kandang ayam di Desa Tegalharjo Trangkil.

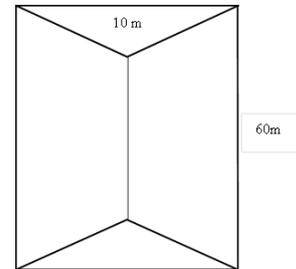


Gambar 14 Atap Kandang Ayam

Atap kandang ayam ini mempunyai lebar 10 m dan tinggi sebesar 2 m. dengan demikian maka dapat ditentukan panjang kemiringan atap untuk melakukan perhitungan luas atap yang tersedia, sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Sisi miring} &= \sqrt{\frac{1}{2}l^2 + t^2} \\
 &= \sqrt{\frac{1}{2}10^2 + 2^2} \\
 &= \sqrt{5^2 + 2^2} \\
 &= \sqrt{25 + 4} \\
 &= \sqrt{29} \\
 &= 5,38 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kedua sisi miringnya berjumlah 10,76 meter, sedangkan kemiringan atapnya sendiri berukuran 5,38 meter. Lebar atap dilihat dari atas dan jumlah panel surya yang akan dipasang, keduanya ditentukan oleh kemiringannya. Dari sana, Anda dapat menduplikasi panjang setiap luas atap dan menggantinya dengan lebarnya.



Gambar 15 Denah Rooftop Kandang Ayam

Dengan di ketahuinya panjang kandang ayam maka dapat diketahui luas atap kandang ayam, luas atap kandang ayam *broiler* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Atap} &= \frac{1}{2} (b_1 + b_2) \cdot t \\
 &= \frac{1}{2} (\text{sisi 1} + \text{sisi 2}) \cdot \text{panjang} \\
 &= \frac{1}{2} (5,38 \text{ m} + 5,38 \text{ m}) \cdot 60 \text{ m} \\
 &= \frac{1}{2} 10,76 \text{ m} \cdot 60 \text{ m} \\
 &= 5,38 \text{ m} \cdot 60 \text{ m} \\
 &= 322,8 \text{ meter}^2
 \end{aligned}$$

Karena atap kandang berbentuk segitiga maka setiap atap mempunyai dua sisi, jadi berdasarkan hasil perhitungan di atas agar mendapatkan total luas atap kandang maka dari hasil perhitungan luas atap dikalikan dua sehingga untuk luas keseluruhan atap di kandang adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Atap} &= 322,8 \text{ meter}^2 \times 2 \\
 &= 645,6 \text{ meter}^2
 \end{aligned}$$

C. Menentukan Kebutuhan Energi Listrik yang dibangkitkan Panel Surya

Daya terpasang sebesar 5,5 kVA hadir di Kandang Ayam itu sendiri. Setengah dari rata-rata penggunaan energi harian diperkirakan dihasilkan oleh PLTS. Karena perencanaan PLTS ini menggunakan sistem *On Grid* yang mana pada saat malam hari kebutuhan listrik di kandang ayam tidak bisa mensuplai listrik dari PLTS dan mensuplai kebutuhan kandang pada listrik PLN, oleh karena itu saya merencanakan PLTS *On Grid* dengan menggunakan 50% dari penggunaan energi rata-rata setiap hari pada bulan Desember 2023 sebesar 43,36 kWh. Maka energi listrik yang akan dibangkitkan oleh PLTS *rooftop* adalah :

$$\begin{aligned}
 E_{pv} &= 1,1 \times E_{\text{Load}} \text{ w/hari} \\
 E_{pv} &= 1,1 \times 43360 \text{ w/hari} \\
 E_{pv} &= 47.696 \text{ w/hari} \text{ atau } 47,69 \text{ kWh/hari}
 \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan nilai energi yang akan dibangkitkan, maka selanjutnya dapat menghitung *Peak Sun Hour* (PSH) dengan menggunakan persamaan.

$$PSH = \frac{G_{av}}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$PSH = \frac{4380 \text{ WH/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2}$$

$$PSH = 4,38 \text{ Hours}$$

Setelah mendapatkan nilai PSH maka selanjutnya dapat menentukan kapasitas daya panel surya yang akan digunakan pada penelitian kali ini dengan menggunakan persamaan dengan data iradiasi matahari yang terendah yaitu 4,38 kWh/m²/d berdasarkan tabel 2, maka dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{kapasitas daya panel surya} = \frac{E_{pv}(WH)}{PSH (H)}$$

$$\text{kapasitas daya panel surya} = \frac{47.696 (WH)}{4,38 (H)}$$

$$\text{kapasitas daya panel surya} = 10.889,49 \text{ W atau } 10,88 \text{ kW}$$

Dari persamaan tersebut terlihat bahwa nilai kapasitas daya panel surya yang dibutuhkan sebesar 10,88 kW, selanjutnya bisa menentukan jumlah panel surya yang akan dibutuhkan dengan menggunakan modul dengan ukuran 405 Wp dengan menggunakan persamaan antara lain :

$$N_{PV} = \frac{\text{Kapasitas panel surya sistem}}{\text{kapasitas individu modul PV}}$$

$$N_{PV} = \frac{10.889,49}{405}$$

$$N_{PV} = 26,8 \text{ buah atau } 30 \text{ buah}$$

D. Penyusunan Modul Panel Surya

Penelitian ini perlu mengatur modul panel surya sehingga dapat menentukan *voltase* yang berfungsi dan tidak melebihi area *rooftop* Kandang Ayam. Dengan menghitung jumlah modul panel surya yang disusun seri dan paralel berdasarkan data pada tabel 2 dengan persamaan sebagai berikut:

$$N_{PV\text{Seri}} = \frac{\text{Tegangan output sistem PV}}{\text{Tegangan output modul PV}}$$

$$N_{PV\text{Seri}} = \frac{220 \text{ Volt}}{42,0 \text{ Volt}}$$

$$N_{PV\text{Seri}} = 5,2 \text{ buah atau } 5 \text{ buah}$$

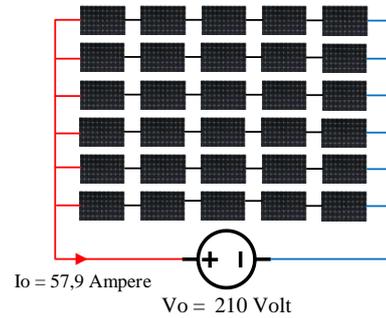
Setelah mengetahui jumlah panel surya yang disusun secara seri, selanjutnya menghitung jumlah panel surya yang disusun secara paralel sebagai berikut:

$$N_{PV\text{paralel}} = \frac{N_{PV}}{N_{PV\text{seri}}}$$

$$N_{PV\text{paralel}} = \frac{30}{5}$$

$$N_{PV\text{paralel}} = 6$$

Berikut susunan seri dan paralel panel surya yang akan mendapatkan tegangan, arus dan daya dari modul panel surya yang akan direncanakan.



Gambar 16 Susunan Modul Panel Surya

Berdasarkan gambar susunan modul panel surya di Kandang Ayam terdapat 30 panel surya. Dengan setiap array menghasilkan tegangan maksimal (V_{mpp}) dan arus maksimal (I_{mpp}) sebagai berikut :

Tegangan maksimum yang dihasilkan setiap panel surya :

$$V_{mpp \text{ array}} = V_{mp} \times \text{Jumlah seri}$$

$$= 42 \text{ volt} \times 5$$

$$= 210 \text{ Volt}$$

Arus maksimum yang dihasilkan setiap panel surya :

$$I_{mpp \text{ array}} = I_{mp} \times \text{Jumlah Paralel}$$

$$= 9,65 \text{ Ampere} \times 6$$

$$= 57,9 \text{ Ampere}$$

Daya maksimal yang dihasilkan panel surya:

$$P_{mpp \text{ array}} = V_{mpp} \times I_{mpp}$$

$$= 210 \text{ volt} \times 57,9 \text{ Ampere}$$

$$= 12.159 \text{ Watt atau } 12,15 \text{ Kw}$$

Dengan perhitungan array yang terpasang pada Kandang Ayam mempunyai tegangan maksimal sebesar 210 Volt dan arus maksimal sebesar 57,9 Ampere, sehingga menghasilkan daya sebesar 12.159 Watt.

E. Penempatan Modul Panel Surya Pada Atap Kandang Ayam

Dalam menentukan penempatan modul panel surya pada atap kandang ayam pentingnya meninjau total seluruh luas modul panel surya yang akan dipakai untuk penempatannya dengan jumlah panel surya sebanyak 30 buah dengan berdasarkan tabel 2 yang mana setiap modul panel surya memiliki ukuran 2008x1002x40mm (79.06x39.45x1.57 inch). Oleh karena itu, dengan menggunakan persamaan tersebut, berikut cara menghitung luas modul panel surya agar dapat disusun dengan benar tanpa memakan banyak tempat:

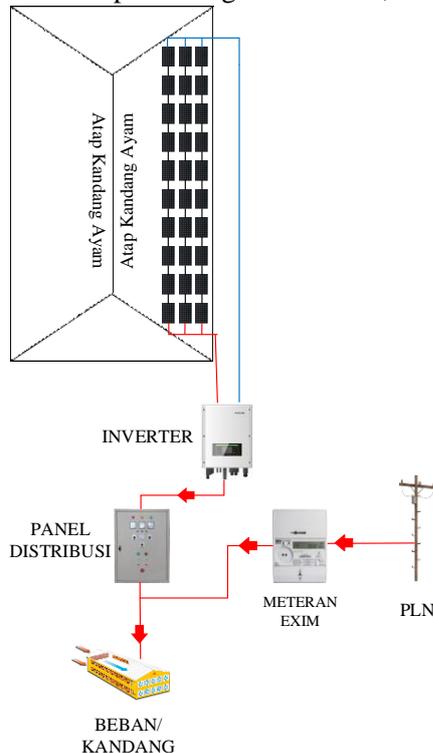
- a. Panjang total panel = panjang modul x seri

$$= 2008 \text{ mm} \times 5 \text{ seri}$$

$$= 10.040 \text{ mm} = 10,04 \text{ m}$$

- b. Lebar total panel = lebar modul x paralel
 = 1002 mm x 6 paralel
 = 6.012 mm = 6,01 m
- c. Luas area panel = Panjang total modul x Lebar total modul
 = 10,04 m x 6,01 m
 = 60,34 m²

Jadi pada penelitian kali ini menggunakan luas *rooftop* sebagai tempat panel surya sebesar 60,34 m² dari total luas atap kandang sebesar 645,6 meter².



Gambar 17 Penempatan Array pada rooftop kandang

Tata letak panel surya pada bagian atas kandang ayam ditunjukkan pada Gambar 17. Inverter digunakan sebagai komponen pendukung untuk mengubah tegangan DC dari setiap modul surya menjadi tegangan AC yang selanjutnya akan disalurkan oleh panel distribusi sesuai jalurnya dan juga akan disalurkan ke alat meteran EXIM yang mempunyai fungsi melakukan sinkronisasi ke beban dan ke jaaringan PLN.

F. Menghitung Kapasitas Inverter

Dalam menentukan kapasitas inverter, penting untuk menyadari berapa banyak daya yang disalurkan oleh panel surya disetiap *array*. Dari hasil perhitungan daya panel surya yang disusun, maka daya setiap *array* yang akan dipasang pada Kandang Ayam adalah sebesar 12,159 Watt berikut ini merupakan perhitungan kapasitas inverter:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Inverter} &= P_{\text{mpp}} \times \text{safety factor} \\ &= 12.159 \text{ Watt} \times 1,25 \\ &= 15.198,75 \text{ Watt} \\ &= 15.19 \text{ kW} \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN

1. Iradiasi matahari pada kandang ayam di Desa Tegalharjo Trangkil bervariasi sepanjang tahun, dengan rancangan perencanaan memanfaatkan nilai intensitas radiasi matahari terendah bulan Januari (4,38 kWh/m²/hari) dan rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 5,43 kWh/m²/hari untuk menjamin keluaran energi listrik maksimum sepanjang tahun.
2. Setelah melakukan perhitungan untuk mencukupi kebutuhan daya yang diperlukan untuk mensuplai kebutuhan listrik di kandang ayam yaitu sebesar 12,15 kW dari daya yang akan dihasilkan PLTS menggunakan modul berkapasitas 405 Wp dengan jumlah panel surya sebanyak 30 buah yang disusun secara seri 5 dan paralel 6 yang akan menghasilkan tegangan maksimum array yang akan dibangkitkan sebesar 210 volt dan arus maksimum 57,9 Ampere yang akan menghasilkan daya sebesar 12,15 kW.
3. Pada perencanaan ini menggunakan pola pembebanan listrik dengan pembagian *persentase* 50% dari PLN dan 50% dari PLTS, dengan menggunakan inverter dengan kapasitas 18 kW dan melakukan perhitungan 50% dari penggunaan energi rata-rata setiap harinya. Karena pada perencanaan PLTS ini menggunakan sistem *On Grid* yang mana pada saat malam hari kebutuhan listrik di kandang ayam tidak bisa mensuplai listrik dari PLTS dan mensuplai kebutuhan listrik kandang pada listrik PLN.
4. Dari hasil perhitungan diatas perencanaan ini memerlukan luas atap untuk penempatan modul panel surya sebesar 60,34 m² dari luas seluruh atap kandang sebesar 645,6 meter².

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. K. Sebayang, O. Zebua, and N. Soedjarwanto, "Perancangan Sistem Pengaturan Suhu Kandang Ayam Berbasis Mikrokontroler," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 4, no. 3, 2016, doi: 10.23960/jitet.v4i3.543.
- [2] C. Christiono, S. Samsurizal, S. Azzahra, R. Pratama, T. Ratnasari, and M. Fikri, "Penyuluhan Pemanfaatan Energi Terbarukan (PLTS) di SMP IT Almaka Jakarta," *Terang*, vol. 2, no. 1, pp. 10–15, 2019, doi: 10.33322/terang.v2i1.479.
- [3] NASA, "NASA Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) Higher Resolution Daily Time Series Renewable Energy Community," *Nasa*, 2023. https://power.larc.nasa.gov/api/temporal/monthly/point?parameters=ALLSKY_SFC_SW_DWN,ALLSKY_SFC_LW_DWN,QV2M,RH2M,PRECTOTCORR,PRECTOTCORR_SUM,PS,WS10M,WS10M_MAX,WS10M_MIN,WS10M_RANGE,WD10M,WS50M,WS50M_MAX,WS50M_MIN,WS50M_RANGE,WD50M&community=RE&longitude=1.
- [4] Y. Teguh Priyono, Kho Hie Khwee, "Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Peternakan Ayam Pedaging (Broiler) Di Gang Karya

- Tani Pontianak Selatan,” *Univ. Tanjung Pura Pontianak*, 2019.
- [5] J. T. Elektro and P. N. Bali, “Perencanaan plts atap on grid kandang ayam broiler di desa tembuku, kab. bangli menggunakan software helioscope,” 2023.
- [6] Oleh, “Analisis Perbandingan Biaya Plts Off-Grid Dengan Pln Sebagai Sumber Energi Lampu Penerangan Jalan Dan Pompa Air Di Subak Nyitdah,” 2023.
- [7] M. Irfan, “Perencanaan Teknis dan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem On-Grid,” *Semin. Nas. Teknol. Informasi, Komun. dan Ind. 9 Fak. Sains dan Teknol. UIN Sultan Syarif Kasim Riau Pekanbaru, 18-19 Mei 2017 ISSN*, vol. 77, no. Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industr, pp. 18–19, 2017.
- [8] M. S. N. REGA, N. SINAGA, and J. WINDARTA, “Perencanaan PLTS Rooftop untuk Kawasan Pabrik Teh PT Pagilaran Batang,” *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 4, p. 888, 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i4.888.
- [9] A. Ardiansyah, I. N. Setiawan, and I. W. Sukerayasa, “Perancangan Plts Atap on Grid System Pada Kantor Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Penelitian Dan Pengembangan Kota Probolinggo,” *J. SPEKTRUM*, vol. 8, no. 4, p. 200, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2021.v08.i04.p23.
- [10] S. Zumrotun Khoiroh and B. Winardi dan Karnoto, “Optimasi Perencanaan Plts on Grid System Di Gor Jatidiri Semarang Menggunakan Software Homer,” *Transient*, vol. 8, no. 4, pp. 289–297, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>.
- [11] I. K. Juniarta, I. N. Setiawan, and I. A. Dwi Giriantari, “Analisis Sistem Kelistrikan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya on-Grid Kapasitas 25 Kwp Di Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Provinsi Bali,” *J. SPEKTRUM*, vol. 9, no. 1, p. 111, 2022, doi: 10.24843/spektrum.2022.v09.i01.p13.
- [12] A. Wicaksana and T. Rachman, “PERENCANAAN PLTS ON-GRID ATAP 2 mWp MENGGUNAKAN HELIOSCOPE DI KAWASAN INDUSTRIAL,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 3, no. 1, pp. 10–27, 2018, [Online]. Available: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>.
- [13] Sanfordlegenda, “Sollar cells : Jenis-jenis sel surya,” *sanfordlegemda.blogspot.com*, 2013. <http://sanfordlegenda.blogspot.com/2013/10/Solar-cells-Jenis-jenis-sel-surya.html>.
- [14] T. Engelbertus, “PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURA UNTUK CATU DAYA TAMBAHAN PADA HOTEL KINI KOTA PONTIANAK,” *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings*, vol. 3. 2018, doi: 10.1109/iembs.2002.1053119.
- [15] A. Rachmi, B. Prakoso, Hanny Berchmans, I. Devi Sara, and Winne, “Panduan Perencanaan dan Pemanfaatan PLTS atap di Indonesia,” *PLTS Atap*, p. 94, 2020.
- [16] M. C. Alkholish, “STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA ROOFTOP DENGAN SISTEM ON-GRID DI CV . QIRANA MEUBEL JEPARA STUDY OF ROOFTOP SOLAR POWER PLANT PLANNING WITH ON-GRID SYSTEM IN CV . QIRANA FURNITURE FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY,” 2023.
- [17] S. Thermal and S. Pv, “Desain Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rumah Tangga,” 2023.