

ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN PLTS TERPUSAT DENGAN PLTS TERDITRIBUSI PADA ATAP KANDANG AYAM *CLOSED HOUSE* DI TUALANG KABUPATEN SERDANG BEDAGAI

Ricky^{*)}, Susatyo Handoko dan Denis

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jalan Prof. H. Soedarto, S.H., Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275,
Indonesia

^{*)}E-mail: ricky12341999@gmail.com

Abstrak

Pemakaian energi listrik untuk setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan bangunan yang dialiri listrik agar kegiatan dapat dilakukan. Bangunan yang menggunakan energi listrik adalah kandang ayam di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai. Salah satu energi yang bisa dipakai adalah menggunakan energi dari cahaya matahari (solar energy). Pemasangan panel surya dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan sistem terpusat dan terdistribusi. Penelitian membahas perbandingan hasil investasi awal untuk membangun PLTS terpusat dan terdistribusi. Berdasarkan hasil perhitungan yang didapatkan drop tegangan DC ada 0,58V untuk sistem terpusat dan terdistribusi dari panel surya menuju ke solar charge controller (SCC) dan AC dari inverter ke beban adalah 5V untuk sistem terpusat dan 1,04V untuk kandang 1, kandang 2 2,6V dan kandang 3 2,05V untuk sistem terdistribusi. Drop tegangan yang dihasilkan sesuai dengan standar operasi. Berdasarkan perhitungan yang didapatkan hasil berupa penggunaan panel surya sebanyak 32 buah dengan daya 250wp untuk PLTS terpusat dan 8 buah panel surya untuk kandang 1, kandang 2 16 panel dan kandang 3 12 buah panel untuk sistem terdistribusi. Dengan diketahui material, maka dapat dihitung modal investasi awal untuk membangun PLTS terpusat sebesar Rp241.615.000,00 sedangkan untuk PLTS terdistribusi sebesar Rp248.534.000,00. Selisih modal investasi antara PLTS terpusat dan terdistribusi Rp6.919.000,00.

Kata kunci: Energi Listrik, PLTS, Terpusat, Terdistribusi

Abstract

The use of electrical energy for each year always increases in buildings that are electrified so activities can be carried out. The building use electricity is chicken coop in Tualang, Serdang Bedagai. One of the energy that can be used is energy from sunlight. Installation of solar panels can be done in two ways, with centralized system and distributed. This study discuss the comparison of investment returns to build PV centralized and distributed. Based on the calculation results, DC voltage is 0.58V for the load system and distributed from the solar panel to SCC and the AC from inverter to load is 5V for the distributed system and 1.04V for cage 1, cage 2 2,6V and 3.05V for distributed systems. The resulting voltage drop is accordance with standards. Based on the calculations, the results is 32 solar panels with 250wp power for centralized and 8 solar panels for cage 1, cage 2 16 panels and cage 3 12 panels for distributed systems. By knowing the material, can be calculated that investment capital to build centralized is Rp 241,615,000.00, while for distributed is Rp. 248,534,000.00. The difference in investment capital between centralized and distributed is Rp. 6,919,000.00.

Kata kunci: Power Electric, Solar power plant, Centralized, Distributed

1. Pendahuluan

Kebutuhan akan energi listrik terus saja mengalami peningkatan. Berdasarkan besarnya penggunaan energi listrik untuk kandang ayam yang ada di Tualang, Serdang Bedagai maka perlu dicari sumber energi yang lain. Sumber energi yang dapat digunakan sebagai pengganti PLN adalah pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

PLTS memanfaatkan cahaya yang dihasilkan oleh matahari kemudian diubah menjadi energi listrik. Energi surya memiliki kelebihan dan manfaat yang sangat besar bagi kehidupan manusia [1]. Untuk saat ini, bahan utama dalam pembuatan panel surya menggunakan silikon, namun untuk biaya dari produksi dan pembuatan panel surya masih tergolong mahal. Mahalnya PLTS investasi membangun PLTS ini menjadi kendala.

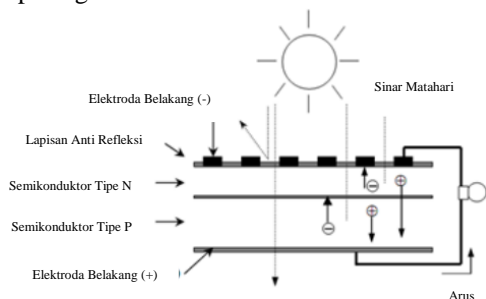
Kementerian ESDM Republik Indonesia melalui RUPTL (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik) 2019-2028 memiliki target bauran Energi Baru dan Terbarukan (EBT) mencapai 23% pada tahun 2025 [2]. Menurut data yang dikeluarkan oleh PLN, pada akhir tahun 2019 penggunaan EBT mencapai 9,15% dimana bisa dikatakan masih jauh dari target. Indonesia merupakan negara yang terletak pada garis khatulistiwa akan menyebabkan Indonesia beriklim tropis.

Kandang ayam sendiri memerlukan pencahayaan selama 20 jam dalam sehari agar ayam dapat beradaptasi dengan lingkungan dan mengetahui letak ransum. Pencahayaan pada kandang ayam juga membantu dalam proses menjaga sistem reproduksi pada ayam. Pencahayaan merangsang hormon FSH (*folicle stimulating hormone*) untuk sel telur dan hormon LH (*luteinizing hormone*) untuk menyegarkan sel telur bergerak melalui saluran telur. [3]

Berdasarkan lokasi kandang ayam yang didapatkan, masih banyak hal yang perlu dipikirkan untuk membangun PLTS di kandang ayam Tualang kabupaten Serdang Bedagai. Berdasarkan lokasi ntuk Kawasan Barat Indonesia didapatkan data dengan distribusi penyinaran sekitar 4,5 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan 10%, Indonesia memiliki potesi penyinaran matahari rata-rata sekitar 4,8 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% [4]. Perencanaan penggunaan PLTS secara terpusat atau terdistribusi dibahas dalam makalah. Hal ini nantinya akan berdampak pada modal investasi awal dalam membangun PLTS agar didapatkan yang paling ekonomis. [5][6]

a. Panel Surya

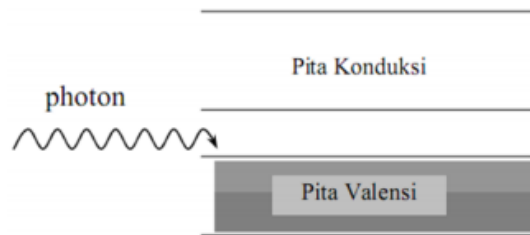
Panel surya atau sel surya merupakan komponen yang mengubah energi dari matahari menjadi listrik. *Photovoltaic* atau PV merupakan salah satu komponen utama PLTS yang digunakan untuk mengkonversi tenaga dari matahari menjadi energi listrik secara langsung. Untuk proses perubahan energi dari matahari menjadi listrik dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema perubahan energi matahari menjadi energi listrik

Panel surya memiliki bagian utama yang berfungsi menyerap energi listrik (*absorber*), namun demikian

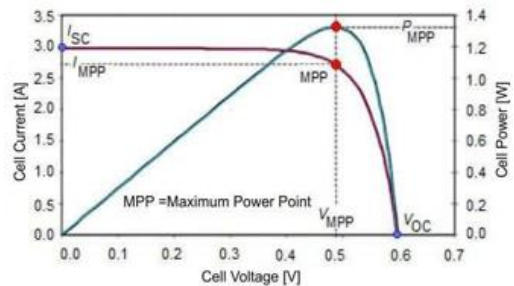
masih banyak lagi lapisan yang mempengaruhi nilai dari efisiensi panel surya. Sinar dari matahari mengandung gelombang elektromagnetik yang mana nantinya akan diserap sebanyak mungkin oleh *absorber* dalam bentuk radiasi matahari. Secara singkat bahan semikonduktor itu merupakan bahan yang memiliki ciri khas seperti isolator namun memiliki celah energi yang kecil (1 eV atau bahkan kurang) sehingga memungkinkan elektron untuk melompat dari pita valensi menuju pita konduksi. Hal mengenai ini dijelaskan pada gambar 2.



Gambar 2. Struktur pita semikonduktor

b. Karakteristik Panel Surya

Secara umum karakteristik sebuah modul surya dapat dilihat berdasarkan pada *open circuit voltage* (tegangan rangkaian terbuka) dan juga besarnya *short circuit current* (arus hubung singkat). Untuk mengetahui besarnya peak power atau daya puncak maka nilai *short circuit current* dan *open circuit voltage* perlu diketahui. Secara sederhana, karakteristik dari modul surya ini diterangkan lewat kurva arus terhadap tegangan (*I-V Curve*).



Gambar 3. kurva I-V pada PV

Untuk mengetahui tegangan yang ada pada modul maka harus digunakan voltmeter yang ada pada ujung kutub positif dan ujung negatifnya. Pengukuran modul ini bisa dilakukan sat modul terkena radiasi dari matahari. Arus tidak akan ada apabila modul belum dihubungkan dengan beban. Pengukuran dengan modul belum terhubung beban disebut dengan *open circuit voltage* (V_{oc}). Ketika pada rangkaian sudah dihubungkan dengan baterai untuk pengisian atau beban diantara terminal positif dan negatif, maka disana akan muncul arus yang menuju ke beban. Pada kondisi ini maka nilai tegangan akan menjadi lebih kecil dari pada kondisi tanpa beban atau (V_{oc}) [4]. Jika beban disambung secara paralel maka akan muncul arus yang lebih besar sedangkan tegangan akan menjadi

kecil. Pada kondisi untuk dua terminal yang disambung secara langsung, maka akan muncul arus tertinggi pada modul, maka tegangan akan menjadi adalah 0 (nol/zero), dan kondisi ini dapat dilakukan pengukuran dengan amperemeter yang akan menghasilkan arus maksimum atau biasa sering disebut short circuit current (I_{sc}).

Hal penting yang perlu diperhatikan pada modul surya adalah efisiensi sel surya (η). Efisiensi sel surya ini adalah perbandingan antara daya listrik maksimum sel surya dengan daya pancaran (radiant) pada bidang sel surya.[7][8]

$$\eta = \frac{I_{MPP} \times V_{MPP}}{(intensitas\ panel)(Luas\ panel)} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

η = efisiensi

I_{MPP} = Arus Maximum Power Point

V_{MPP} = Tegangan Maximum Power Point

Saat ini dipasaran saat ini dapat memiliki efisiensi hingga 20%. Pada dasarnya efisiensi ini tergantung pada daya yang dihasilkan.

Spesifikasi penting yang dikeluarkan pabrik sel surya salah satunya adalah tentang daya maksimum atau peak power (pw). Daya listrik ini bisa didapatkan dengan cara menghasilkan tegangan dan arus. Untuk mengetahui pw ini harus dengan membuat modul dalam keadaan arus dan tegangan yang maksimum, dan hal ini terdapat pada kurva I-V untuk 1000W/m.[9]

Berikut rumusan penentuan paket material PLTS hybrid:[10]

a. Panel Surya

$$n = \frac{P \times WH}{t\ menghasilkan\ listrik} \quad (2)$$

Bila digunakan panel surya dengan daya 100WP/unit maka kebutuhan dayanya adalah:

$$unit\ PV = \frac{n}{100} \quad (3)$$

Keterangan:

n = watt peak (WP)

P = Daya (Watt)

WH = Waktu (jam)

b. Inverter

Untuk menyuplai beban AC maka perlu disediakan inverter yang dapat mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC sehingga dapat dipakai untuk beban AC. Besarnya daya inverter yang dibutuhkan adalah minimal memiliki nilai yang sama dengan total daya instrument yang dinyalakan saat waktu yang bersamaan.

c. Aki / Baterai

Untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya agar dapat disimpan saat ada energi yang berlebihan yang dihasilkan PV. Rumus menghitung baterai adalah:

$$kebutuhan\ baterai = \frac{P \times DoA}{DoD \times Ah_B \times V_B} \quad (4)$$

Keterangan:

P = Jumlah daya yang digunakan dalam 1 hari

V_B = Kapasitas tegangan baterai yang digunakan (12v/24v)

Ah_B = Kapasitas Ampere hour yang digunakan

DoD = Depth of Discharge

DoA = Day of Autonomy

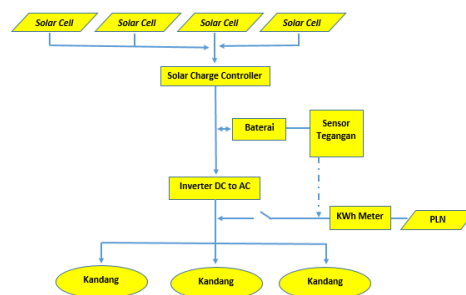
d. Solar charge controller (SCC)

Fungsi utama dari SCC ini adalah melakukan otomatisasi dan melindungi sistem pada saat pengisian baterai. SCC dipakai untuk mengoptimalkan masa pakai dari baterai agar bisa digunakan dalam waktu yang lama. SCC juga dapat mengatur tegangan yang masuk ke baterai. Rumus untuk menentukan SCC adalah:

$$SCC = jumlah\ PV \times I_{sc} \quad (5)$$

2. Metode

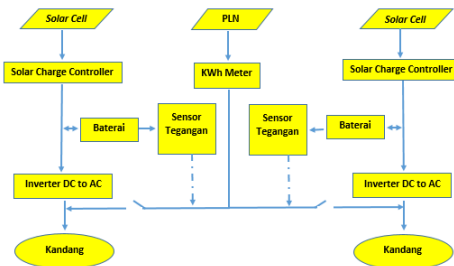
Penggunaan PLTS secara terpusat merupakan desain dari panel surya yang diletakkan pada salah satu tempat yang luas pada atap kandang ayam Tualang kabupaten Serdang Bedagai. Jika dilihat secara umum, peralatan elektronik dapat bekerja secara normal pada tegangan serendah 80% tegangan nominalnya. Oleh sebab itu dengan tegangan nominal 230 V, maka peralatan elektronik dapat bekerja pada tegangan lebih besar dari 184V. Untuk itu pemilihan ukuran kabel penghantar juga perlu diperhitungkan dengan acuan standard drop tegangan hanya berkisar dari 5-10% pada saat beban penuh. Gambar dari rangkaian dapat dijelaskan dari gambar berikut.



Gambar 4. Rangkaian PLTS Terpusat

PLTS yang dipasang secara terpusat ini menggunakan PLTS hybrid dengan jaringan PLN. Kandang ayam Tualang ini akan menerima energi dari PLN saat sensor tegangan mendeteksi tegangan baterai tidak dapat lagi menyuplai daya ke beban. Berikut juga penggambaran

rangkaian PLTS secara terdistribusi dengan masing-masing atap kandang ayam 1, 2 dan 3 memiliki panel suryanya masing-masing.



Gambar 5. Rangkaian PLTS Terdistribusi

3. Hasil Penelitian

A. Denah Lokasi Kandang Ayam Tualang

Berdasarkan data pemilik kandang ayam memiliki 3 kandang ayam *closed house* yang akan dipasang di rooftop dengan cahaya langsung.[11][12] Untuk kandang 1 memiliki luas 27m x 9m, kandang 2 seluas 46m x 13, dan kandang 3 49m x 12m. Berikut penampakan kandang ayam Tualang Kabupaten Serdang Bedagai.



Gambar 6. Denah lokasi kandang ayam

B. Kapasitas Beban

Beban yang termasuk dalam penelitian ini adalah beban dari setiap kandang. Berikut rincian data beban terpasang pada kandang ayam dari tabel 1 sampai tabel 5.

Tabel 1. Penggunaan beban

No	Beban		
	Kandang 1	kandang 2	kandang 3
1.	Lampu LED @35watt x 20	Lampu LED @35watt x 17	Lampu LED @35watt x 17
2.	Water pump @200 watt	Water pump @200 watt	

Tabel 2 Penggunaan beban kandang 1

No.	Beban	Daya (watt)
1	Lampu @35watt x 10	350
2	Water pump @200	200
	Total	550

Tabel 3 Penggunaan beban kandang 2

No.	Beban	Daya (watt)
1	Lampu @35watt x 17	595
2	Water pump @200	200
	Total	795

Tabel 4 Penggunaan beban kandang 3

No.	Beban	Daya (watt)
1	Lampu @35watt x 17	595
	Total	595

Tabel 5 Penggunaan energi untuk semua kandang

Beban	Daya (watt)	Durasi (jam)	Watt Hours
Kandang 1 (Lampu)	350	20	7000
Kandang 1 (water pump)	200	2	400
Kandang 2 (lampu)	595	20	1900
Kandang 2 (water pump)	200	4	800
Kandang 3	595	20	1900
Total	1940		2000

C. PLTS Hybrid Sistem Terpusat

1. Kebutuhan Modul Surya

Pada dasarnya energi matahari yang dapat dikonversi menjadi energi listrik adalah selama 4 jam, maka untuk mengetahui banyaknya modul surya yang diperlukan dengan cara membagi angka kebutuhan daya tersebut dengan 4 jam. Dengan Persamaan 2, maka:

$$n = \frac{32000}{4}$$

$$n = 8000 \text{ wp (wattpeak)}$$

Panel surya yang akan digunakan adalah panel surya yang 250 wp, maka banyaknya modul surya yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan adalah nilai kebutuhan watt peak dibagi dengan nilai daya panel surya. Dengan persamaan 3

$$\text{unit PV} = \frac{8000}{250}$$

$$\text{unit PV} = 32$$

Hasil tersebut dapat dibulatkan menjadi 32 panel surya yang akan diletakkan pada atap kandang ayam. Panel Surya akan disusun menjadi 2 susunan untuk menyesuaikan dengan 2 SCC secara seri paralel dengan masing masing susunan 2 panel di seri dan akan ada 8 string. Susunan panel ini memiliki karakteristik dimana untuk seri nilai tegangan panel surya dijumlahkan dan untuk arus adalah sama. Untuk sistem paralel tegangan tetap sedangkan arus dijumlahkan.[13] Sistem panel surya ini masing- masing susunan menghasilkan tegangan sebesar:

$$37,5 \text{ V} \times 2 \text{ panel} = 75 \text{ Vdc}$$

Sedangkan untuk arus sebesar:

$$8,76 \times \text{Jumlah string} = 8,76 \times 8 = 70,08 \text{ A}$$

Setelah dilakukan perhitungan nilai beban dari kapasitas beban sebesar 32000 wH untuk ketiga kandang ayam tersebut membutuhkan 32 panel surya yang diletakkan pada satu tempat diatas gedung dan dirangkai secara parallel. Maka harga total untuk banyaknya panel surya yang diperlukan untuk memenuhi listrik di kandang ayam tersebut adalah $32 \times \text{Rp}1.395.000,00 = \text{Rp}44.640.000,00$. Harga panel surya diambil dari salah satu *e-commerce*.

2. Kebutuhan Baterai

Baterai yang akan digunakan pada sistem ini adalah baterai khusus untuk solar system. Baterai ini akan berjenis Lithium. Adapun ukuran baterai yang akan digunakan didasarkan pada tegangan dan daya dalam satuan Ampere hour (Ah), saat ini yang banyak digunakan di pasaran adalah baterai dengan daya 25,6 volt 180Ah. Sesuai dengan persamaan 4, maka:

$$\text{Kebutuhan Baterai} = \frac{32000 \times 3}{0,8 \times 100 \times 12}$$

$$\text{Kebutuhan Baterai} = 100$$

Jadi kebutuhan baterai untuk semua kandang adalah 100 buah baterai untuk menyimpan energi sesuai kapasitas semua kandang. Karena baterai yang digunakan adalah baterai dengan tegangan 12 volt 100Ah maka banyaknya baterai yang dibutuhkan adalah 100 baterai. Untuk semua kandang harga baterai adalah $100 \times \text{Rp}1.420.000,00 = \text{Rp}142.000.000,00$.

Baterai akan disusun secara seri paralel dengan 4 baterai diseri 25 String. Untuk kabel baterai biasanya disamakan dengan kabel panel surya menuju SCC.

3. Kebutuhan SCC (*Solar charge controller*)

Kebutuhan SCC ini dihitung dari perkalian antara I_{sc} dari pada panel surya dikali dengan jumlah panel suryanya. Disini I_{sc} panel surya adalah 8,76A yang akan dikalikan dengan jumlah panel surya pada semua kandang. Gunakan persamaan 5, maka:

$$SCC = 130\% \times I_{sc} \times \text{jumlah string} = 1,3 \times 8,76 \times 8 = 91,104 \text{ A}$$

Tegangan SCC digunakan didasarkan pada tegangan masukan dari panel surya dan disesuaikan tegangan dari baterai untuk keperluan mengontrol tegangan dari panel surya yang akan masuk ke baterai dengan sesuai kapasitas kandang adalah 91,104A. Untuk sistem ini maka dibutuhkan 2 SCC 48 Vdc 100A untuk mengisi baterai. Harga yang diperlukan adalah $2 \times \text{Rp}14.520.000,00 = \text{Rp}29.040.000,00$.

4. Kebutuhan Inverter

Untuk menentukan besarnya inverter yang akan digunakan, perlu diperhatikan total daya jika semua beban dinyalakan dalam waktu bersamaan. Dalam perhitungan besarnya daya Terpasang adalah 8000 watt.

Kebutuhan daya untuk ketiga kandang tersebut adalah 8000 watt. Namun untuk mengatasi kelebihan daya pada saat pemakaian di lokasi, maka perlu dipasang inverter yang melebihi daya dilapangan yaitu dipasang inverter dengan daya 10000 watt. Jadi ketiga kandang tersebut akan membutuhkan 1 inverter yang biaya pembelian 1 inverter Rp16.000.000,00.

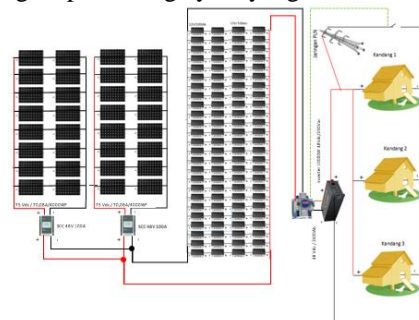
5. Analisis Teknis Sistem Terpusat

Berdasarkan pada gambar denah maka peletakan PLTS secara terpusat akan dipasang diatap kandang 2.



Gambar 7. Panel Surya PLTS Terpusat

Adapun bidang yang diarsir pada gambar diatas memiliki panjang 46 m dan lebar 13 m, dengan kata lain bagian yang diarsir memiliki luas 598 m². Ukuran luas yang didapatkan didasarkan pada penggambaran langsung oleh aplikasi google earth pada kandang ayam di tualang. Untuk panel surya yang dipakai memiliki panjang 1,66 m dan lebar 0,99 m atau memiliki luas 1,6434m². Panel surya yang dipakai adalah 32 unit maka luas untuk memakai panel surya adalah 52,588 m². Berdasarkan hasil perhitungan maka luas pemasangan panel surya pada atap gedung hanya membutuhkan luas 52,588 m² dari luas bidang atap kandang ayam yang tersedia.



Gambar 8. Konfigurasi PLTS Terpusat

Gambar 8 menunjukkan perancangan konfigurasi 32 panel yang disusun menjadi 2 bagian dimana 1 bagian terdiri 8 seri 2 paralel ini memiliki tegangan keluaran dari panel surya sebesar 75Vdc dan arus 70,08A. Setelah itu tegangan dan arus melewati SCC untuk mengisi baterai. SCC memiliki tegangan output 48Vdc 100A untuk mengisi baterai. Digunakan SCC 100A karena melalui perhitungan diatas arus yang akan melewati SCC sebesar 1,3 kali arus keluaran panel yaitu sebesar 91,104A. Setelah itu SCC akan mengatur pengisian 100 baterai yang disusun 4 seri 25 paralel. Setiap bank baterai memiliki tegangan keluaran 48V 2500Ah. Tegangan keluaran akan melewati ATS yang akan membaca tegangan yang dikeluarkan oleh baterai, apabila ATS membaca tegangan tidak mampu menyuplai beban maka akan di switch dengan PLN.[14] Tegangan keluaran dari baterai akan melewati inverter dengan mengubah arus 48Vdc menjadi 230 Vac untuk mengoperasikan beban pada kandang 1, 2 dan 3.

6. Kabel

Untuk menentukan kabel yang dibutuhkan untuk menghubungkan beban dengan inverter akan mempengaruhi jatuh tegangan pada sistem panel surya. Untuk mengurangi jatuh tegangan yang disebabkan oleh kabel maka dapat ditentukan dengan persamaan 6 berikut:

$$A = \frac{l \times P}{y \times V_{drop} \times v}$$

$$(6)$$

$$A = \frac{156 \times 4000}{56 \times 5 \times 230} = 9,6 \text{ mm}^2$$

Jadi luas penampang yang diperlukan untuk panjang kabel 156 m adal seluas 9,6 mm² atau jika memakai kabel yang terdapat di pasaran maka bisa digunakan kabel dengan ukuran 10 mm². Harga permeter kabel NYY PVC 3x10mm² adalah 156 x Rp60.000,00 = Rp9.360.000,00.



Gambar 9. Panjang Kabel PLTS Terpusat

7. Drop Tegangan

Drop tegangan DC dari panel surya menuju ke SCC juga dihitung. Pada sistem ini diasumsikan jarak panel surya ke SCC adalah 10 meter, dengan kabel yang digunakan

adalah PV-1F dengan diameter 6 mm² (sesuai PUIL SNI 04-0225-2000) *rated voltage* 1500Vdc dan *rated current* 70A agar drop tegangan yang dihasilkan tidak besar. Untuk kabel dengan jenis ini memiliki resistansi 3,52 Ω/km, arus beban penuh (*I_{mp}*) pada panel surya sebesar 8,24A dan tegangan panel surya 30,3V. berdasarkan persamaan 7 maka:

$$V_{dc} = \frac{2 \times I \times R_c \times l}{1000} \quad (7)$$

Keterangan:

Vdc = Tegangan Jatuh (Voltage Drop) Satu Phasa

I = Arus beban (A)

Rc = Resistansi AC kabel (Ω / km)

l = panjang kabel

dari rumus yang diberikan, maka:

$$V_{dc} = \frac{2 \times 8,24 \times 3,52 \times 10}{1000}$$

$$V_{dc} = 0,58$$

Maka drop tegangan adalah 0,58 volt. Harga kabel PV-1F 6mm² permeter adalah Rp37.000. Jadi untuk sistem terpusat sepanjang 10 m dengan biaya 10 x Rp37.000,00= Rp370.000,00.

Drop tegangan AC dengan kondisi dari inverter menuju ke beban dengan jarak kabel dari inverter ke beban adalah 156 meter, jenis kabel yang digunakan adalah NYY PVC 2x10 mm² (sesuai PUIL SNI 04-0225-2000) supaya drop tegangan AC 230 volt tidak memiliki nilai yang besar dan faktor daya dianggap 1.[15] Maka berdasarkan persamaan 8:

$$V_{1\phi} = \frac{(2 \times I (R_c \times \cos\phi + X_c \times \sin\phi) \times l)}{1000} \quad (8)$$

Keterangan:

Vdc = Tegangan Jatuh (Voltage Drop) Satu Phasa

I = Arus beban (A)

Rc = Resistansi AC kabel (Ω / km)

Xc = Reaktansi AC kabel (Ω / km)

Cosφ= Faktor daya beban (pu)

l = Panjang kabel (m)

dari persamaan diatas maka didapatkan:

$$V_{1\phi} = \frac{(2 \times 8,4 (1,91 \times 1 + 0,088 \times 0)) \times 156}{1000}$$

$$V_{1\phi} = \frac{5005,728}{1000} = 5 \text{ V}$$

Jadi dari perhitungan diketahui jatuh tegangan sebesar 5 volt atau sekitar 2,2% dari tegangan output dari inverter ke beban. Dari hasil perhitungan didapatkan jatuh tegangan yang kecil dengan asumsi dari jenis kabel dan panjang kabel yang digunakan.

8. Panel Box

Untuk menyimpan semua peralatan listrik seperti SCC, inverter dan lainnya diperlukan panel box. Untuk panel

box harganya adalah Rp205.000,00. Untuk panel box sistem terpusat hanya dibutuhkan 1 panel box.

Berdasarkan hasil dari perhitungan banyaknya jumlah komponen dan harga komponen didapatkan harga modal investasi awal. Untuk pemasangan PLTS terpusat adalah Rp241.615.000,00.

D. PLTS Hybrid Sistem Terdistribusi

1. Kebutuhan Modul Surya

Dengan persamaan 2 maka dapat dilihat nilai n pada setiap kandang: Contoh perhitungan salah satu kandang yaitu kandang 3:

$$n = \frac{11900}{4}$$

$$n = 2975 \text{ wp (wattpeak)}$$

Panel surya yang akan digunakan adalah panel surya yang 250 wp, maka banyaknya modul surya yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan adalah nilai kebutuhan watt peak dibagi dengan nilai daya panel surya. Dengan persamaan 3

$$\text{unit PV} = \frac{2975}{250}$$

$$\text{unit PV} = 11,9$$

Hasil tersebut dapat dibulatkan menjadi 12 panel surya yang akan diletakkan pada atap kandang ayam. Panel Surya akan disusun secara seri paralel dengan 3 panel di seri dan akan ada 4 string. Susunan panel ini memiliki karakteristik dimana untuk seri nilai tegangan panel surya dijumlahkan dan untuk arus adalah sama. Untuk sistem paralel tegangan tetap sedangkan arus dijumlahkan. Sistem panel surya ini menghasilkan tegangan sebesar:

$$37,5 \text{ V} \times 3 \text{ panel} = 112,5 \text{ Vdc}$$

Sedangkan untuk arus sebesar:

$$8,24 \times \text{Jumlah string} = 8,76 \times 4 = 35,04 \text{A}$$

Berikut table untuk 2 kandang ayam lainnya:

Tabel 6. Jumlah PV untuk semua kandang

No	Kandang	N (wp)	Unit PV	Harga PV
1.	Kandang 1	7400	8	Rp11.160.000,00
2.	Kandang 2	12700	16	Rp22.320.000,00
3.	Kandang 3	11900	12	Rp16.740.000,00
Total				Rp50.220.000,00

2. Kebutuhan Baterai

Baterai yang akan digunakan pada sistem ini adalah baterai khusus untuk solar system. Baterai ini akan berjenis Lithium. Adapun ukuran baterai yang akan digunakan didasarkan pada tegangan dan daya dalam satuan Ampere hour (Ah), saat ini yang banyak digunakan di pasaran adalah baterai dengan daya 12 volt 100Ah.

Sesuai dengan persamaan 4, maka:

$$\text{Kebutuhan Baterai} = \frac{11900 \times 3}{0,8 \times 100 \times 12}$$

$$\text{Kebutuhan Baterai} = 37,2$$

Jadi kebutuhan baterai untuk kandang 3 adalah 40 buah baterai untuk menyimpan energi sesuai kapasitas kandang 3. Karena baterai yang digunakan adalah baterai dengan tegangan 12 volt 100Ah maka banyaknya baterai yang dibutuhkan adalah 40 baterai. Baterai akan dihubung 4 baterai seri 10 string untuk mengatur arus dan tegangan keluaran. Untuk kandang 3 harga baterai adalah 40 x Rp1.420.000,00 = Rp53.960.000,00. berikut tabel untuk kandang lainnya:

Tabel 7. Jumlah baterai untuk semua kandang

No	Kandang	P	Aki	Harga Aki
1.	Kandang 1	7400	24	Rp34.080.000,00
2.	Kandang 2	12700	40	Rp56.800.000,00
3.	Kandang 3	11900	40	Rp56.800.000,00
Total				Rp147.680.000,00

3. Kebutuhan SCC (Solar charge controller)

Kebutuhan SCC ini dihitung dari perkalian antara Isc dari pada panel surya dikali dengan jumlah panel suryanya. Disini Isc panel surya adalah 8,76A yang akan dikalikan dengan jumlah panel surya pada kandang 3. Gunakan persamaan 5, maka:

$$\text{SCC} = 130\% \times I_{sc} \times \text{jumlah string} = 1,3 \times 8,76 \times 4 = 45,552 \text{A}$$

Jadi SCC minimalnya harus memiliki arus minimal 45,552A. Tegangan SCC digunakan didasarkan pada tegangan masukan dari panel surya dan disesuaikan tegangan keluaran dari baterai untuk keperluan mengontrol tegangan dari panel surya yang akan masuk ke baterai dengan sesuai kapasitas kandang adalah 45,552A. Untuk sistem ini maka dibutuhkan 1 SCC 48Vdc 80A untuk mengisi baterai. Harga yang diperlukan untuk ketiga kandang adalah:

Tabel 8. Jumlah SCC untuk semua kandang

No	Kandang	Arus SCC	Unit SCC	Harga SCC
1.	Kandang 1	22,776	1	Rp7.155.000,00
2.	Kandang 2	45,553	1	Rp7.155.000,00
3.	Kandang 3	45,553	1	Rp7.155.000,00
Total				Rp21.465.000,00

4. Kebutuhan Inverter

Untuk menentukan besarnya inverter yang akan digunakan, perlu diperhatikan total daya jika semua beban dinyalakan dalam waktu bersamaan untuk kandang 3. Dalam perhitungan besarnya daya adalah 3000 watt. Kebutuhan daya untuk ketiga kandang tersebut adalah 3000 watt. Namun untuk mengatasi kelebihan daya pada

saat pemakaian di lokasi, maka perlu dipasang inverter yang melebihi daya dilapangan yaitu dipasang inverter dengan daya 5000 watt. Jadi kandang 3 tersebut akan membutuhkan 1 inverter yang biaya pembelian 1 inverter Rp10.450.000,00. berikut table untuk kandang ayam lain

Tabel 9. Jumlah inverter untuk semua kandang

No	Kandang	Total daya	Unit inverter	Harga Inverter
1.	Kandang 1	3000	1	Rp4.775.000,00
2.	Kandang 2	5000	1	Rp10.450.000,00
3.	Kandang 3	5000	1	Rp10.450.000,00
Total				Rp25.675.000,00

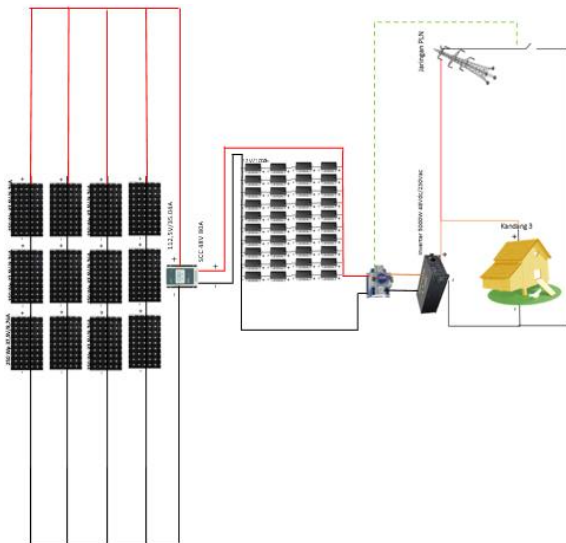
5. Analisis Teknis Sistem Terpusat

Berdasarkan pada gambar denah maka peletakan PLTS secara terdistribusi akan dipasang dimasing-masing atap.



Gambar 10. Panel surya PLTS terdistribusi

Berikut adalah peletakan panel surya pada atap gedung setiap kandang. Untuk sistem terdistribusi setiap atap memiliki panel suryanya masing masing untuk mensuplai beban di dalam kandang. Peletakan panel surya untuk kandang ayam 1 ada 8 buah dengan memakan luas 13,147 m², kandang ayam 2 ada 16 buah dengan memakan luas 26,2944 m² dan kandang ayam 3 ada 12 buah dengan memakan luas 19,721 m². Berikut konfigurasi kandang ayam 3:



Gambar 11. Konfigurasi PLTS Terdistribusi Kandang 3

Berdasarkan Gambar 11 perancangan konfigurasi kandang 3 terdapat 12 panel yang disusun 3 seri 4 paralel ini memiliki tegangan keluaran dari panel surya sebesar 112,5Vdc dan arus 35,04A. Setelah itu tegangan dan arus melewati SCC untuk mengisi baterai. SCC memiliki tegangan output 48Vdc 80A untuk mengisi baterai. Digunakan SCC 80A karena melalui perhitungan diatas arus yang akan melewati SCC sebesar 1,3 kali arus keluaran panel yaitu sebesar 45,557A. Setelah itu SCC akan mengatur pengisian 38 baterai yang disusun secara 4 seri dan 10 paralel dengan rating tegangan dan arus baterai menjadi 48Vdc 1000Ah. Tegangan keluaran SCC akan dikirim ke inverter dan akan diubah ke 230Vac. Apabila ATS membaca tegangan dari baterai tidak mampu lagi menyuplai beban maka akan di switch otomatis ke jaringan PLN. Tegangan yang dari yang sebesar 48 volt juga akan diubah oleh inverter 48Vdc 5000w menjadi 230Vac. Tegangan bolak balik ini akan digunakan untuk mengoperasikan beban AC pada kandang 3.

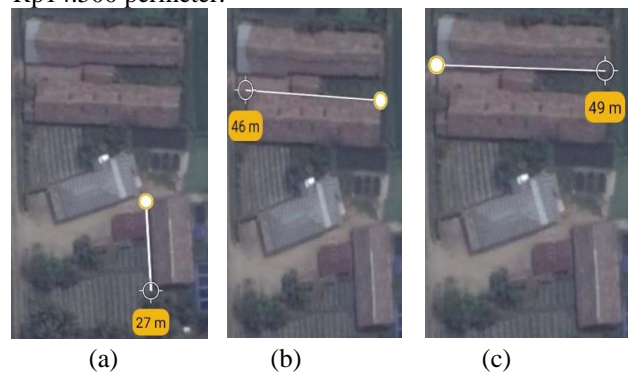
6. Kabel

Untuk menentukan kabel yang dibutuhkan untuk menghubungkan beban dengan inverter akan mempengaruhi jatuh tegangan pada sistem panel surya. Untuk mengurangi jatuh tegangan yang disebabkan oleh kabel maka dapat ditentukan dengan persamaan 6. Dengan menggunakan kandang 3 sebagai contoh maka:

$$A = \frac{49 \times 1500}{56 \times 5 \times 230}$$

$$A = 1,14 \text{ mm}^2$$

Jadi luas penampang yang diperlukan untuk panjang kabel kandang 3 adalah seluas 1,4 mm² atau jika memakaikabel yang terdapat di pasaran maka bisa digunakan kabel dengan ukuran 1,5 mm². Berikut table untuk ketiga kandang besar kabelnya. Kabel harganya Rp14.500 permeter.



Gambar 12. (a) Panjang kabel ayam kandang 1 PLTS terdistribusi (b) Panjang kabel ayam kandang 1 PLTS terdistribusi (c) Panjang kabel ayam kandang 1 PLTS terdistribusi

7. Drop Tegangan

Drop tegangan DC dari panel surya menuju ke SCC juga dihitung. Pada sistem ini diasumsikan jarak panel surya ke SCC adalah 10 meter, dengan kabel yang digunakan adalah PV-1F dengan diameter 6 mm² (sesuai PUIL SNI 04-0225-2000) agar drop tegangan yang dihasilkan tidak besar. Untuk kabel dengan jenis ini memiliki resistansi 3,52 Ω/km, arus beban penuh (I_{mp}) pada panel surya sebesar 8,24A dan tegangan panel surya 30,3V. berdasarkan persamaan 7 maka:

$$V_{dc} = \frac{2 \times 8,24 \times 3,52 \times 10}{1000}$$

$$V_{dc} = 0,58$$

Jadi didapatkan nilai jatuh tegangan DC untuk 1 kandang sebesar 0,58 volt atau sekitar 1,9% dari tegangan keluaran dari panel surya. Harga kabel PV-1F 6mm² permeter adalah Rp37.000. Jadi untuk sistem terdistribusi dengan masing-masing kandang sepanjang 10 m dengan biaya 30 x Rp37.000,00= Rp1.110.000,00.

Drop tegangan AC dengan kondisi dari inverter menuju ke beban dengan jarak kabel dari inverter ke beban adalah 156 meter, jenis kabel yang digunakan adalah NYY PVC 3x10 mm² (sesuai PUIL SNI 04-0225-2000) supaya drop tegangan AC 230 volt tidak memiliki nilai yang besar dan faktor daya dianggap 1. Maka berdasarkan persamaan 8:

$$V_{1\phi} = \frac{(2 \times 2,59 (8,06 \times 1 + 0,108 \times 0)) \times 49}{1000}$$

$$V_{1\phi} = \frac{2045,8}{1000} = 2,05 \text{ V}$$

Jadi dari perhitungan diketahui jatuh tegangan sebesar 3,07 volt atau sekitar 1,34% dari tegangan output dari inverter ke beban. Dari hasil perhitungan didapatkan jatuh tegangan yang kecil dengan asumsi dari jenis kabel dan panjang kabel yang digunakan. Berikut table jatuh tegangan untuk kandang lainnya.

Tabel 10. Drop volatge untuk semua kandang

No	Kandang	Panjang (m)	Arus I (A)	Drop Voltage (V)
1.	Kandang 1	27	2,39	1,04
2.	Kandang 2	46	3,46	2,6
3.	Kandang 3	49	2,59	2,05

8. Panel Box

Untuk menyimpan peralatan komponen dalam panel surya seperti inverter, SCC dan lainnya dibutuhkan panel box. Untuk sistem ini dibutuhkan 3 panel box, maka 3 x Rp205.000,00 = Rp615.000,00.

Berdasarkan hasil dari perhitungan banyaknya jumlah komponen dan harga komponen didapatkan harga modal investasi awal. Untuk pemasangan PLTS PLTS terdistribusi adalah Rp248.534.000,00.

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari tugas akhir adalah penggunaan PLTS terpusat lebih ekonomis dibandingkan dengan sistem terdistribusi dari segi biaya, dimana untuk sistem terdistribusi memerlukan biaya Rp248.534.000,00 sedangkan untuk PLTS terpusat hanya Rp241.615.000,00 dengan selisih Rp6.919.000,00. Hasil perhitungan pada kedua jenis pemasangan PLTS terpusat dan PLTS terdistribusi sama-sama membutuhkan 32 buah panel surya dengan daya 8kW. Penggunaan kabel PV-1F 6mm² untuk kabel dari panel surya menuju kontrol pengisian atau SCC memiliki jatuh tegangan DC 0.58V dari tegangan keluaran panel surya atau sekitar 1,9%. Untuk jatuh tegangan AC dengan kabel NYY PVC 2 x 10mm² dari inverter menuju ke beban pada sistem terpusat sebesar 5V sedangkan untuk sistem terdistribusi pada kandang 1 memiliki jatuh tegangan 1,04V, kandang 2 sebesar 2,6V dan kandang 3 sebesar 2,05V. PLTS terdistribusi lebih unggul dalam segi teknis dibandingkan dengan PLTS terpusat, karena bila ada gangguan sistem PLTS pada salah satu atap kandang yang tidak akan mempengaruhi kandang yang lain.

Referensi

- [1]. G. Widiyana, "Pemanfaatan Energi Surya", 2012.
- [2]. Kementerian ESDM Republik Indonesia, Rencana Strategis Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan 2015-2019. 2015.
- [3]. Kasiyati, *Peran Cahaya bagi Kehidupan Unggas: Respons Pertumbuhan dan Reproduksi*. 2018.
- [4]. 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: 06-Maret-2021].
- [5]. W. Widiyanto, "ANALISIS PERBANDINGAN PENGGUNAAN SOLAR CELL TERPUSAT DENGAN SOLLAR CELL TERDISTRIBUSI UNTUK MEMENUHI KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK PADA RUANG KULIAH LANTAI 4 GEDUNG FTI UII," *Tugas Akhir*, 2017.
- [6]. T. Priyono, "STUDI PERENCANAAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA PETERNAKAN AYAM PEDAGING (BROILER) DI GANG KARYA TANI PONTIANAK SELATAN," 2019.
- [7]. Rahmawati, Yuni, *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. 2019.
- [8]. R. Sianipar, "Dasar Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," vol. 11, no. 2, pp. 61–78, 2014.
- [9]. T. Wijaya, "Optimasi potensi energi terbarukan untuk sistem pembangkit hybrid di Desa Margajaya Bengkulu Utara menggunakan perangkat lunak HOMER," *J. Tek. Elektr*, 2014.
- [10]. Tenaga Hybrid (PLTH) di Pulau Bunaken Menggunakan Software HOMER," *J. MIPA*, vol. 8, no. 1, p. 7, 2019, doi: 10.35799/jm.8.1.2019.22370.

- [11]. M. R. Wicaksana, I. N. S. Kumara, I. A. D. Giriantari, and R. Irawati, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya Rooftop 158 kWp Pada Kantor Gubernur Bali," *J. SPEKTRUM*, vol. 6, no. 3, pp. 107–113, 2019.
- [12]. Safrizal, "RANCANGAN PANEL SURYA SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK PADA GEDUNG FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UNISNU JEPARA," *Disprotek*, vol. 8, no. 2, 2017.
- [13]. N. A. M. I. M. K. M. D. Nadia Al-Rousan, "Advances in Solar *Photovoltaic* Tracking Systems: A review," vol. 8958, no. 5, pp. 7–8, 2018.
- [14]. IFC, "Utility-Scale Solar *Photovoltaic* Power Plants," pp. 35–39, 2015.
- [15]. W. Omran, "Performance Analysis of Grid-Connected *Photovoltaic* Systems, University of Waterloo," 2010.