

# Perencanaan Sistem Penerangan Jalan Umum Berbasis Solar Cell Terpusat Pada Universitas Halu Oleo

Adi Reskyl<sup>1</sup>, Luther Pagiling<sup>2</sup>, Tachrir<sup>3</sup>, Bunyamin<sup>4</sup>, Yuni Aryani Koedoes<sup>5</sup>, Waode Siti Nur Alam<sup>6</sup>,

Wa Ode Zulkaida<sup>7</sup>, Samuel Jie<sup>8</sup>, Achmad Nur Aliansyah<sup>9</sup>

<sup>1-9</sup> Teknik Elektro, Universitas Halu Oleo

Copresponder Author : bangadiresky@gmail.com

**Abstract** — In order to create a campus environment that is both sustainable and safe, public street lighting is essential. Public street lighting (PJU) powered by solar cells is crucial for environmental preservation, energy efficiency, and sustainability. Existing public street lighting at Halu Oleo University still utilizes lighting with solar cells and other components installed on each pole so that solar panels and batteries tend to be the target of theft in some areas. In addition, vandalism or damage due to bad weather can also be a problem that requires additional costs for repair and replacement. Street lighting at Halu Oleo University is a vital element in supporting safety, mobility, and comfort in student and community activities. However, the existing street lighting system is still minimal and the need for equalization on existing roads at Halu Oleo University. In response to this challenge, the use of solar cells or solar panels is the best solution compared to traditional public street lighting that relies on conventional energy sources. In this context, the configuration of a centralized solar cell-based public street lighting system emerges as a promising alternative, which can reduce environmental impact, increase energy efficiency, and reduce long-term operational costs. According to the findings of the investigation, 171 PJUTS are required along the Halu Oleo University road, with each pole spaced 40 meters apart and 7 meters high. A 50 W and 100 W LED bulb is included in each PJUTS pole, which is powered by 450 Wp monocrystalline solar panels, 200 Ah batteries, and MPPT type SCC with a 60 A current capacity.

**Keyword** — Public street lighting, solar cells, PJUTS, energy

**Abstrak** — Penerangan jalan umum merupakan aspek kritis dalam menciptakan lingkungan kampus yang aman dan berkelanjutan. Penggunaan Penerangan Jalan Umum (PJU) berbasis solar cell sangat penting dalam konteks keberlanjutan, efisiensi energi, dan perlindungan lingkungan. Penerangan jalan umum yang ada di Universitas Halu Oleo masih memanfaatkan penerangan dengan solar cell dan komponen lainnya yang terpasang disetiap tiang sehingga panel surya dan baterai cenderung menjadi target pencurian di beberapa daerah. Selain itu, vandalisme atau kerusakan akibat cuaca buruk juga dapat menjadi masalah yang memerlukan biaya tambahan untuk perbaikan dan penggantian. Penerangan jalan pada Universitas Halu Oleo adalah unsur vital dalam mendukung keamanan, mobilitas, dan kenyamanan dalam aktivitas mahasiswa dan Masyarakat. Meskipun demikian, jalan-jalan Universitas Halu Oleo membutuhkan distribusi yang adil, dan sistem penerangan jalan saat ini masih agak tidak memadai. Dibandingkan dengan penerangan jalan umum biasa yang mengandalkan sumber energi konvensional, cara terbaik untuk mengatasi kesulitan ini adalah dengan menggunakan sel surya atau panel surya. Dalam hal ini, topologi sistem penerangan jalan umum berdasarkan sel surya terpusat telah menjadi pengganti yang layak yang dapat

menurunkan biaya operasional jangka panjang, meningkatkan efisiensi energi, dan mengurangi efek lingkungan. Menurut temuan penelitian, hingga 171 PJUT diperlukan di sepanjang jalan Universitas Halu Oleo, dengan masing-masing tiang berjarak 40 meter dan berdiri setinggi 7 meter. Setiap komponen tiang PJUTS meliputi lampu LED 50 dan 100 watt, panel surya monokristalin 450 watt, baterai 200 amp, dan SCC tipe MPPT dengan kapasitas arus 60 amp. **Kata kunci** — Penerangan jalan umum, solar cell, PJUTS, energi

## I. PENDAHULUAN

Permintaan akan sumber energi berkelanjutan bahkan lebih mendesak karena konsumsi energi dunia meningkat dengan kecepatan yang dipercepat. Menggunakan energi terbarukan, seperti energi matahari, telah muncul sebagai strategi utama untuk mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang tidak terbarukan.

Dalam perencanaan kota/wilayah, penerangan jalan umum, atau PJU, merupakan komponen penting. PJU berfungsi sebagai panduan navigasi malam hari bagi pengemudi, meningkatkan keselamatan dan keamanan pengguna jalan sekaligus menyumbangkan komponen estetika. Untuk memastikan keselamatan pejalan kaki dan kendaraan, penerangan jalan umum, atau PJU, adalah utilitas publik penting yang dapat memengaruhi jumlah aktivitas manusia. Pencahayaan yang kurang ideal yang diciptakan oleh fenomena ini akan berdampak buruk pada penerangan jalan umum. terjadinya efek samping, termasuk peningkatan kecelakaan, kejahatan, dan masalah yang berkaitan dengan kesehatan mata. Oleh karena itu, perlu dipasang penerangan jalan umum sedemikian rupa sehingga terlihat dari jenis tiang dan lampu. [1].

Menurut National Renewable Energy Laboratory (NREL): NREL, lembaga riset energi terbarukan di Amerika Serikat, mendefinisikan solar cell sebagai "perangkat semikonduktor yang menghasilkan arus listrik ketika terkena cahaya matahari. Solar cell adalah perangkat semikonduktor yang dapat menghasilkan listrik dari energi cahaya matahari melalui efek fotovoltaiik [2]. Solar cell adalah unit dasar dari teknologi fotovoltaiik dan digunakan dalam panel surya untuk menghasilkan listrik dari energi matahari". Panel surya terpusat biasanya diposisikan dalam satu area dan dikelola secara bersamaan untuk menghasilkan listrik yang kemudian disuplai ke lingkungan dalam sistem

penghasil tenaga surya terpusat. Untuk menjamin pasokan listrik yang stabil dan tanpa gangguan, panel surya terpusat dapat dipasangkan dengan perangkat penyimpanan energi seperti baterai.

Penerangan jalan umum yang ada di Universitas Halu Oleo masih memanfaatkan penerangan dengan solar cell dan komponen lainnya yang terpasang disetiap tiang sehingga panel surya dan baterai cenderung menjadi target pencurian di beberapa daerah. Selain itu, vandalisme atau kerusakan akibat cuaca buruk juga dapat menjadi masalah yang memerlukan biaya tambahan untuk perbaikan dan penggantian. Penerangan jalan pada Universitas Halu Oleo adalah unsur vital dalam mendukung keamanan, mobilitas, dan kenyamanan dalam aktivitas mahasiswa dan Masyarakat. Namun, sistem penerangan jalan Universitas Halu Oleo saat ini masih terbilang kurang memadai, dan perlu dilakukan penerangan jalan secara merata di seluruh jalan kampus agar lebih aman, nyaman, dan lebih efektif bagi semua pengguna. Penggunaan solar cell atau panel surya ini menjadi solusi terbaik dibandingkan penerangan jalan umum tradisional yang bergantung pada sumber energi konvensional menghadapi sejumlah permasalahan serius. Ketergantungan pada bahan bakar fosil memiliki efek merugikan bagi lingkungan dan meningkatkan emisi karbon. Masalah tambahan yang membutuhkan solusi yang lebih berkelanjutan termasuk biaya pengoperasian yang tinggi, kerentanan terhadap gangguan listrik, dan pemborosan energi. Dalam hal ini, topologi sistem penerangan jalan umum berdasarkan sel surya terpusat telah menjadi pengganti yang layak yang dapat menurunkan biaya operasional jangka panjang, meningkatkan efisiensi energi, dan mengurangi efek lingkungan.

Dengan judul Perencanaan Sistem Penerangan Jalan Umum Berdasarkan Sel Surya Terpusat di Universitas Halu Oleo, peneliti berharap dapat meneliti deskripsi yang disebutkan di atas dan masalah saat ini. Karena potensinya untuk mengatasi sejumlah masalah yang berkaitan dengan penerangan jalan yang ramah lingkungan, hemat energi, dan berkelanjutan, penelitian tentang sistem penerangan jalan umum berbasis sel surya terpusat menjadi semakin signifikan.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Penelitian Terdahulu

Perencanaan penentuan kapasitas panel surya dan kapasitas baterai yang akan digunakan dalam sistem PJU tercakup dalam studi berjudul Analisis Kebutuhan Modul dan Baterai Surya pada Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU). Sistem PJU ini berjalan pada lampu LED 40W, 12 V DC selama 12 jam setiap hari. Peneliti melakukan perhitungan terhadap kebutuhan beban dalam sehari, perhitungan kebutuhan modul surya dan perhitungan

kebutuhan baterai. Menurut penelitian, energi modul surya berkorelasi langsung dengan tingkat radiasi matahari. Ini menyiratkan bahwa energi/daya keluaran modul surya (PV) meningkat dengan meningkatnya radiasi matahari, dan menurun dengan berkurangnya radiasi matahari untuk hal yang sama. Perubahan kondisi cuaca adalah penyebab variasi tingkat radiasi. Menurut temuan penelitian, fotovoltaik mendapatkan tingkat radiasi matahari yang signifikan antara pukul 10:00 dan 14:00, karena tingkat radiasi matahari yang lebih tinggi menghasilkan tegangan dan arus yang lebih tinggi. Akibatnya, kebutuhan kapasitas modul surya dan baterai harus disesuaikan dengan kebutuhan beban. Dengan baterai 200 Ah, daya modul 160 Wp, dan konsumsi energi 480 Watt jam [3].

Selain itu, studi dengan judul Pemanfaatan Panel Surya sebagai Penerangan Jalan Umum (PJU) di Rajabasa Jaya, Desa Wisata Agrowidya Lampung, Konteks bahwa Desa Agrowidya merupakan desa percontohan yang sering menerima kunjungan masyarakat namun tidak memiliki fasilitas penerangan jalan umum (PJU) yang memadai menjadi pendorong penelitian ini. Untuk mengatasi kekurangan penerangan jalan umum di Kampung Agrowidya Rajabasa Jaya, peneliti menerapkan skema untuk menggunakan penerangan jalan umum tenaga surya sebagai solusi alternatif. Survei pendahuluan, identifikasi masalah dan penyusunan solusi, pengukuran dimensi dan penerangan jalan, analisis dan pemodelan instalasi PJU, penyuluhan mitra, dan penilaian adalah tahapan yang telah selesai. Kesimpulan studi ini adalah bahwa salah satu pendekatan alternatif yang paling berhasil untuk akses jalan, terutama untuk jalan raya ramah lingkungan di desa-desa, adalah penggunaan energi matahari untuk penerangan jalan umum. Untuk memenuhi persyaratan pencahayaan sesuai dengan peraturan SNI 7391:2008, Desa Agrowidya telah menerapkan penggunaan panel surya untuk penerangan jalan umum. [4].

Selain itu, penelitian yang dilakukan di Universitas Muhammadiyah Kampus Makassar dengan judul Desain Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (Solar Cell) untuk Penerangan Alternatif, Penelitian ini mengkaji desain instalasi PJUBS dengan tujuan untuk menunjukkan bahwa energi surya dapat menjadi cara terbaik untuk mengurangi pengeluaran listrik di Kampus Universitas Muhammadiyah Makassar, terutama untuk penerangan jalan di tempat umum. Mencari tahu cara membangun penerangan jalan umum tenaga surya sebagai pengganti penerangan kampus dan dapat menggunakannya untuk mengembangkan sumber energi listrik sebagai pengganti penerangan kampus adalah tujuan dari proyek ini. Kesimpulan penelitian ini adalah bahwa PJU, atau penerangan jalan umum, merupakan komponen penting dari tata letak suatu area. Selain menambah nilai estetika, PJU dapat meningkatkan perekonomian suatu daerah dan berfungsi sebagai panduan penting bagi pengguna jalan malam hari. Kemudian, koneksi yang pendek, jaringan kabel utama terputus, dan

kerusakan pada rumah lampu atau komponen PJUTS lainnya biasanya menjadi penyebab gangguan. Selain itu, Anda harus mempertimbangkan sejumlah faktor, termasuk lokasi pemasangan, ketinggian tiang, dan elemen pendukung lainnya, untuk mencapai fungsionalitas yang optimal saat memasang PJUTS [5].

### B. Penerangan Jalan Umum

Pencahayaan buatan yang menerangi area tertentu dikenal sebagai penerangan jalan umum. Salah satu layanan penting yang sangat dibutuhkan lingkungan adalah penerangan jalan umum. Penerangan jalan umum diperlukan untuk meningkatkan keselamatan berkendara dan keselamatan lalu lintas, terutama pada malam hari ketika PJU hadir. Hal ini dapat membuat pengemudi lebih berhati-hati dan merasa lebih aman saat mengemudi, yang membantu mereka menghindari melakukan kejahatan. Menurut Ronald V. Clark, pencahayaan yang lebih baik akan membuat penjahat yang mengambil keuntungan dari bayang-bayang, atau dalam bahasa Indonesia, akan menghentikan mereka yang memanfaatkan kesuraman malam [5].

Selain meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengemudi—terutama dalam mengantisipasi kondisi berkendara di malam hari—penerangan jalan umum juga melayani keselamatan lingkungan, mencegah kriminalitas, dan meningkatkan estetika lingkungan jalan. Penerangan di jalan arteri, kolektor, lokal, dan perumahan disebut sebagai penerangan jalan umum.

Berikut ini adalah beberapa strategi dan taktik untuk menyiapkan penerangan jalan umum:

1. Jalan satu jalur: jalur lampu berlawanan, zigzag, dan jalur lampu satu sisi
2. Jalan Dua Jalur: jalur tengah dengan batas menghadap dan dua luminer, serta jalur tengah dan menghadap digabungkan [6]

### C. Konfigurasi Sistem Lampu Penerangan Jalan

Karena menggunakan energi matahari, yang merupakan sumber energi yang tidak terbatas dan bebas dari bumi, Penerangan Jalan Umum Berbasis Tenaga Surya/Solar Cell (PJUBS) merupakan alternatif yang hemat biaya dan terjangkau yang digunakan sebagai sumber listrik penerangan. memanfaatkan panel surya, yang menggunakan teknologi fotovoltaik untuk mengubah cahaya dari sinar matahari menjadi energi listrik yang kemudian disimpan dalam baterai untuk menghilangkan kebutuhan pasokan PLN. Ini akan menyala secara otomatis di sore hari dan mati secara otomatis di pagi hari, membuat perawatan menjadi sederhana dan efektif. LPJ ini memiliki umur ekonomi yang panjang, membutuhkan sedikit perawatan, dan dibuat untuk menawarkan penerangan umum menggunakan sumber energi terbarukan.

Pembangkit listrik, beban, dan komponen pendukung semuanya termasuk dalam komponen PJU untuk tenaga

surya. Panel surya (juga dikenal sebagai panel PV, modul surya, atau modul PV), pengontrol muatan surya (juga dikenal sebagai regulator kontrol baterai atau unit kontrol baterai), dan baterai membentuk komponen pabrik. Lampu LED digunakan sebagai komponen beban. Tiang, kabel, kotak baterai, dan aksesori membentuk elemen pendukung. Untuk menyediakan listrik untuk memuat komponen, komponen pabrik PJU akan bergabung membentuk sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS).

Perhitungan berikut diperlukan untuk menentukan analisis teknis dan ekonomi dari sistem pembangkit dan sub-komponen yang diperlukan

#### 1. Modul Surya

- a. Mengetahui Kebutuhan Modul Surya

$$Kebutuhan = \frac{Kebutuhan\ daya}{Jam\ Operasional} \quad (1)$$

- b. Mengetahui unit PV

$$Unit\ PV = \frac{Kebutuhan\ Energi}{Daya\ Pv} \quad (2)$$

- c. Kapasitas Panel Surya

$$P_{panel} = 125\% \times \frac{Energi\ beban}{Waktu\ penyinaran} \quad (3)$$

#### 2. Baterai

- a. Mengitung Kebutuhan Baterai

$$Kebutuhan\ Baterai = \frac{p \times DoA}{DoD \times AhB \times VB} \quad (4)$$

- b. Menentukan Kapasitas Baterai

$$I_{ah} = \frac{Et}{Vs} \quad (5)$$

#### 3. Tiang dan Lampu

- a. Sudut kemiringan ornament

$$t = \sqrt{h^2 + c^2} \quad (6)$$

sehingga

$$\cos \alpha = \frac{h}{t} \quad (7)$$

- b. Jumlah Titik Lampu

$$T = \frac{jarak\ total}{jarak\ interval\ Tiang} \quad (8)$$

#### 4. Solar Charge Controller

Rumus menentukan kebutuhan Scc

$$SCC = jumlah\ PV \times I_{sc} \quad (9)$$

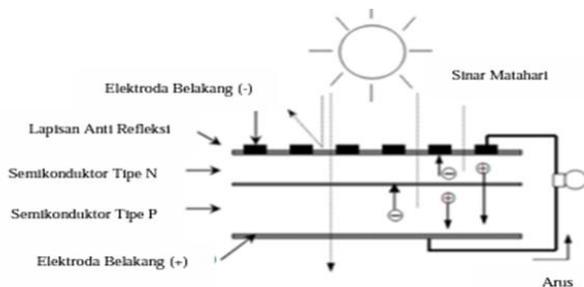
#### 5. Inverter

Dalam menentukan kapasitas inverter

$$C_{iv} = Dw \times Sf \quad (10)$$

### D. Solar Cell

Tenaga surya dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan sel surya atau panel surya. Teknik yang dikenal sebagai fotovoltaik bekerja untuk secara langsung mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik.



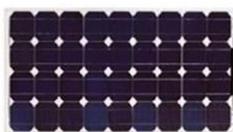
Gambar 1. Energi Matahari Menjadi Energi Listrik [7]

Meskipun komponen utama panel surya adalah penyerap, ada banyak lapisan tambahan yang mempengaruhi efisiensi panel. Gelombang elektromagnetik yang ditemukan di sinar matahari kemudian diserap oleh penyerap semaksimal mungkin, menghasilkan radiasi matahari. Singkatnya, semikonduktor adalah zat yang memiliki sifat isolasi tetapi juga celah energi kecil (1 eV atau kurang) yang memungkinkan elektron bergerak dari pita valensi ke pita konduksi. [8].(Ricky, 2021)

Energi matahari diubah oleh sistem fotovoltaik menjadi tenaga listrik yang dapat disimpan dalam baterai atau dikirim langsung ke beban. Array adalah pengelompokan beberapa modul surya, sedangkan modul surya terdiri dari beberapa sel surya.

Adapun jenis-jenis solar cell sebagai berikut [9] :

1. MonoKristalin



Gambar 2. Mono-kristalin

Tebalnya kira-kira dua milimeter. Tingkat kemurnian jenis sel surya monokristalin ini sekitar 99,99%. Ini juga mahal. Sel surya ini memiliki efisiensi antara enam belas dan delapan belas persen.

2. Poli-Kristalin



Gambar 3. Poli-kristalin

Dimensinya adalah  $5 \times 5$  atau  $10 \times 10$  cm persegi, dan ketebalannya kira-kira 2 mm. Dibandingkan dengan varietas monokristalin, harganya lebih rendah. Sel surya jenis ini memiliki efisiensi 12% hingga 15%.

3. Thin Film



Gambar 4. Thin film

Dengan ketebalan 2-8 mikrometer, lebih murah daripada silikon. Lembaran tipis CdTe memiliki efisiensi maksimum 16,5%.

E. Kekurangan dan Kelebihan Implementasi PJUTS

Kelebihan dari penerapan Penerangan jalan umum tenaga surya ialah [10] :

- a. Bebas Polusi dan Ramah lingkungan
- b. Pasokan energi yang tak ada habisnya
- c. Tidak terpengaruh oleh jaringan PLN
- d. Tidak ada biaya listrik (PLN)
- e. Dapat dipasang dimana saja
- f. Masa pakai yang sangat Panjang
- g. Perawatan rutin yang minimal.

Adapun kekurangan dalam pengimplementasiannya ialah

- a. Investasi awal yang relatif mahal
- b. Memiliki ketergantungan pada cuaca

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Halu Oleo

#### B. Alat dan Bahan

Berikut adalah alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

##### 1. Laptop

Laptop digunakan dalam melakukan pengelolaan data, penyimpanan file dan lainnya

##### 2. Memori flashdisk

Digunakan untuk menyimpan data dan file untuk memfasilitasi pembuatan proyek yang sudah jadi.

##### 3. Hand phone

Digunakan sebagai alat untuk melakukan pencatatan, perhitungan, dan keperluan lainnya

#### C. Data Penelitian

Data primer, seperti spesifikasi teknis komponen dan keadaan geografis, akan dikumpulkan melalui observasi langsung dan wawancara untuk melaksanakan penelitian ini. Pihak terkait yang terlibat dalam proyek ini akan diwawancarai. Pengamatan langsung akan melibatkan pengawasan pada pengoperasian sistem. Data yang ada disebut sebagai data sekunder. Data sekunder berasal dari data sebelumnya tentang penerangan jalan.

#### D. Pelaksanaan Penelitian

##### 1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan beberapa cara, seperti membaca teori tentang subjek menggunakan buku referensi yang merupakan milik penulis atau perpustakaan, serta artikel, jurnal, dan sumber daya online, dan melakukan pengamatan—khususnya, pengamatan langsung di daerah tersebut.

##### 2. Studi Bimbingan

Studi Bimbingan dilakukan diskusi dengan dosen pembimbing yang telah ditunjuk oleh pihak jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo dan para dosen lainnya. Serta Berdiskusi/wawancara dengan teknisi atau pengelola proyek penerangan jalan umum UHO.

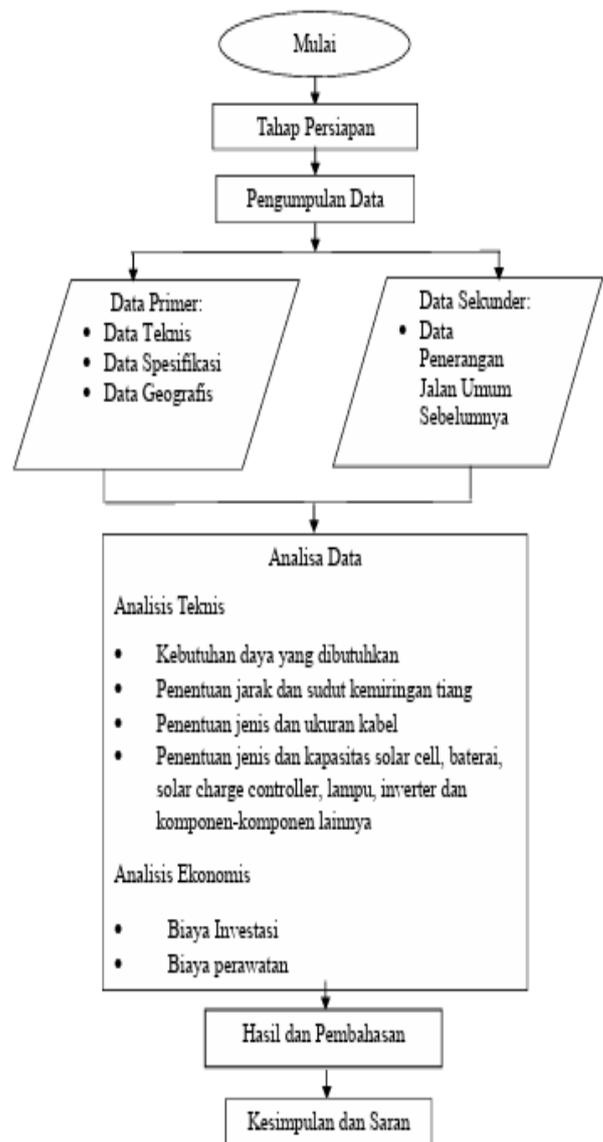
##### 3. Perhitungan dan Pengolahan Data

Dalam perhitungan dan pengolahan menggunakan fase perhitungan rumus saat ini. Informasi yang dikumpulkan kemudian dimanfaatkan untuk memastikan penataan unsur-unsur yang digunakan dalam penerapan jalan umum berbasis solar cell dan untuk melakukan analisis kualitatif, di mana informasi kualitatif yang dikumpulkan dari survei

dan wawancara diperiksa menggunakan metodologi analisis isi untuk menemukan tren dan tema utama.

#### E. Langkah Penelitian

Menurut prosedur penelitian kuantitatif yang sistematis, langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini masuk akal dan logis, serta datanya objektif, valid, dan dapat diandalkan.

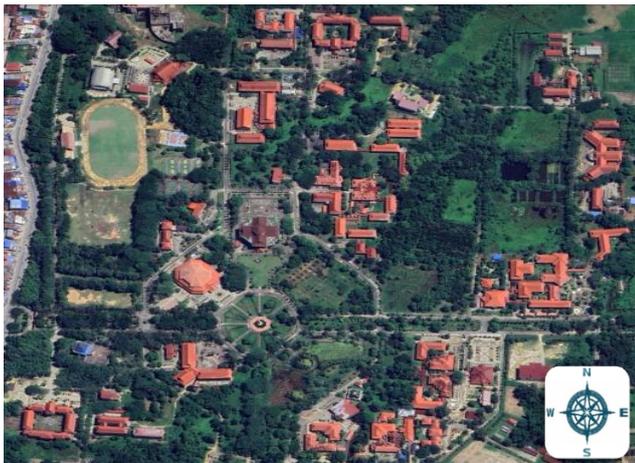


Gambar 5. Bagan Alir Penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Perencanaan

Kampus Hijau Bumi Tridharma, Anduonohu, Kecamatan Kambu, Kota Kendari, Sulawesi Tenggara 93232 adalah alamat Universitas Halu Oleo. Ke-14 fakultas di Universitas Halu Oleo Anduonohu dihubungkan oleh jalan yang panjangnya 6680 meter dan lebar 13 meter, dengan 8 meter untuk jalan, 2 meter untuk bahu jalan, dan 3 meter untuk irigasi.



Gambar 6. Lokasi Perencanaan

B. Radiasi Matahari Dan Temperature

TABEL II  
DATA TEMPERATURE DAN RADIASI

Bulan	Intensitas Matahari kWh/m <sup>2</sup>	Temperature
Januari	4.99	26.64
Februari	5	27.20
Maret	5.15	27.58
April	4.87	27.57
Mei	4.55	27.02
Juni	4.33	25.16
Juli	4.6	23.94
Agustus	5.23	23.84
September	5.86	24.52
Oktober	6.01	25.43
November	5.55	26.14
Desember	5.04	26.56
Rata-rata	5.1	25.96

Seperti yang dapat diamati dari tabel sebelumnya, potensi rata-rata radiasi matahari adalah 5.100 kWh/m<sup>2</sup>/hari, dengan Oktober memiliki potensi tertinggi pada 6.010 kWh/m<sup>2</sup> dan Juni memiliki potensi terendah pada 4.330 kWh/m<sup>2</sup>. Suhu rata-rata Universitas Halu Oleo adalah 25,96°C, dengan

suhu tertinggi tercatat 27,44°C pada bulan November dan suhu terendah yang tercatat 24,56°C pada bulan Juli.

C. Aspek Teknis Perencanaan Penerangan Jalan Umum

Kampus Universitas Halu Oleo adalah lokasi yang dimaksudkan untuk desain ini. Disarankan agar kami membangun jalan yang menghubungkan masing-masing gedung dan fakultas Universitas Halu Oleo dengan lampu jalan umum. Untuk menyalakan jalan terdekat, panel surya diposisikan di berbagai lokasi. Dengan memeriksa standar saat ini, khususnya Standar Nasional Indonesia (SNI) 7391:2008, sejumlah kriteria penerangan jalan dipilih sebagai berikut :

TABEL I  
KRITERIA PENERANGAN JALAN

Uraian	Besaran Dipilih	Besaran Standar
Tinggi Lampu (h)	7 m	10-15 me
Sudut Kemiringan (i)	25°	20° - 30°
Jarak antar Tiang	40 m	Minimal 30 m
Jarak Tiang ke Tepi Jalan	1 m	Minimal 0,7 m

1. Perencanaan Titik Penempatan Solar Cell Terpusat

Adapun penempatan solar cell terpusat direncanakan akan terpasang di atap Gedung/fakultas yang ada di Universitas Halu Oleo dengan cakupan masing-masing. Ada beberapa titik penempatannya yaitu sebagai berikut

- Titik Pertama yakni Fakultas Teknik Cakupannya dengan jalan sepanjang 1655 meter dan lebar 13 m

$$T = \frac{\text{Jarak total}}{\text{Jarak interval antar tiang}}$$

$$T = \frac{1594}{40}$$

$$T = 39,85 \text{ Tiang}$$

Sehingga pada titik pertama yaitu Fakultas Teknik direncanakan akan terpasang 39,85 tiang atau dibulatkan menjadi 40 tiang penerangan.

- Titik Kedua yakni Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu poltik Cakupannya dengan jalan sepanjang 1566 meter

$$T = \frac{\text{Jarak total}}{\text{Jarak interval antar tiang}}$$

$$T = \frac{1566}{40}$$

$$T = 39,15 \text{ Tiang}$$

Sehingga pada titik Kedua yaitu Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik direncanakan akan terpasang 39,15 tiang atau dibulatkan menjadi 39 tiang penerangan.

- Titik Ketiga yakni Fakultas Farmasi Cakupannya dengan jalan sepanjang 1227 meter dan lebar 13 m

$$T = \frac{\text{Jarak total}}{\text{Jarak interval antar tiang}}$$

$$T = \frac{1227}{40}$$

$$T = 30,67 \text{ Tiang}$$

Sehingga pada titik Ketiga yaitu Fakultas Farmasi direncanakan akan terpasang 30,67 tiang atau dibulatkan menjadi 31 tiang penerangan

- Titik Ketiga yakni Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Cakupannya dengan jalan sepanjang 1200 meter dan lebar 13 m

$$T = \frac{\text{Jarak total}}{\text{Jarak interval antar tiang}}$$

$$T = \frac{1200}{40}$$

$$T = 30 \text{ Tiang}$$

Sehingga pada titik Ketiga yaitu Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan direncanakan akan terpasang 30 tiang penerangan

- Titik Ketiga yakni Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Cakupannya dengan jalan sepanjang 1220 meter dan lebar 13 m

$$T = \frac{\text{Jarak total}}{\text{Jarak interval antar tiang}}$$

$$T = \frac{1220}{40}$$

$$T = 30,5 \text{ Tiang}$$

Sehingga pada titik Kelima yaitu Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan direncanakan akan terpasang 30,5 tiang atau dibulatkan menjadi 31 tiang penerangan.

## 2. Penggunaan Perencanaan Tiang PJU

Tiang PJU hot dip segi delapan galvanis dengan konstruksi pelat dasar digunakan dalam desain ini, dan ornamen berlengan tunggal digunakan. Beton digunakan untuk membangun pondasi tiang lampu. Sudut kemiringan stang hias dapat dihitung sebagai berikut, mengingat tinggi tiang segi delapan 7 meter, jarak horizontal 1 meter dari tepi jalan, dan panjang stang hias 6,5 meter :

$$\begin{aligned} t &= \sqrt{h^2 + c^2} \\ &= \sqrt{7^2 + 6,5^2} \\ &= 9.56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{h}{t} \\ \cos \alpha &= \frac{7}{9.56} \\ \cos \alpha &= 42.6^0 \end{aligned}$$

## 3. Perhitungan Daya Lampu dan Penerangan

Dalam rangka memenuhi sistem penerangan jalan berbasis energi surya dan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 27 Tahun 2018, proyek ini menggunakan lampu LED untuk jenis penerangan karena sangat hemat energi, dapat dikontrol dengan tepat untuk memungkinkan penyesuaian warna dan intensitas, lebih hemat energi, dan memiliki masa pakai yang lama. LED DC adalah jenis LED yang digunakan. Lampu dengan daya 100 watt akan diposisikan di lokasi yang membutuhkan pencahayaan yang lebih terang, seperti persimpangan, persimpangan, tikungan, dan bundaran, sebagai bagian dari desain ini yang menggunakan dua daya keluaran 50 dan 100 watt..

### a. Intensitas Cahaya

Untuk Lampu 50 watt

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

$$I = \frac{6000}{4\pi}$$

$$I = 477,7 \text{ cd}$$

Untuk Lampu 100 Watt

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

$$I = \frac{12000}{4\pi}$$

$$I = 955,4 \text{ cd}$$

### b. Intensitas pencahayaan

Menggunakan rumus untuk mendapatkan intensitas iluminasi rata-rata

$$E_{rata - rata} = \frac{\phi \cdot \eta \cdot MF}{W \cdot S}$$

Sesuai standar Indonesia nilai  $\eta = 0,35$  dan nilai MF = 0,7-0,9 merupakan hasil perolehan nilai tengah untuk nilai MF yaitu 0,8 maka didapat:

Untuk Lampu daya 50 watt

$$E_{rata - rata} = \frac{\phi \cdot \eta \cdot MF}{W \cdot S}$$

$$E_{rata - rata} = \frac{6000 \cdot 0,35 \cdot 0,8}{13,40}$$

$$E_{rata - rata} = 3,23 \text{ lux}$$

Untuk Lampu 100 watt

$$E_{rata - rata} = \frac{\phi \cdot \eta \cdot MF}{W \cdot S}$$

$$E_{rata - rata} = \frac{12000 \cdot 0,35 \cdot 0,8}{13,40}$$

$$E_{rata - rata} = 6,46 \text{ lux}$$

Persamaan yang digunakan untuk mengetahui iluminasi pada suatu titik/koordinat (P)

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi$$

Menemukan penerangan di ujung jalan jarak lampu dari ujung jalan (r)

$$r = \sqrt{h^2 + w_2^2}$$

$$r = \sqrt{7^2 + 5^2}$$

$$r = 8,60$$

Setelah mengetahui nilai r maka masukan ke persamaan menjadi:

Untuk lampu 50 watt

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi$$

$$E = \frac{477,7}{8,60^2} \times \frac{7}{8,60}$$

$$E = 5,26 \text{ lux}$$

Untuk lampu 100 watt

$$E = \frac{I}{r^2} \cos \varphi$$

$$E = \frac{955,4}{8,60^2} \times \frac{7}{8,60}$$

$$E = 10,51 \text{ lux}$$

Penerangan jalan akan beroperasi selama kurang lebih 12 jam, dengan lampu menyala pada pukul 17.00 WITA dan mati pada pukul 05.00 WITA. Penerangan jalan umum yang ditenagai oleh sel surya menggunakan energi berikut :

$$\begin{aligned} E &= P \times t \\ &= 50 \times 12 \\ &= 600 \text{ watt} \\ &= 0,6 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E &= P \times t \\ &= 100 \times 12 \\ &= 1200 \text{ watt} \\ &= 1,2 \text{ Kwh} \end{aligned}$$

Total konsumsi daya lampu sebesar 50 watt dan 100 watt selama 12 jam adalah sebagai berikut, dengan asumsi bahwa setiap kutub menggunakan 600 watt untuk lampu pertama dan 1200 watt untuk lampu yang tersisa dalam satu hari :

- Titik pertama Pada titik pertama akan terpasang 40 tiang dengan 32 tiang menggunakan lampu 50 watt dan 8 tiang menggunakan lampu 100 watt. Jadi total konsumsi daya adalah  $19200 + 9600 = 28800$  watt atau 28,8 Kw
- Titik Kedua Pada titik Kedua akan terpasang 39 tiang dengan 37 tiang menggunakan lampu 50 watt dan 2 tiang menggunakan lampu 100 watt.

Jadi total konsumsi daya adalah  $22200 + 2400 = 24600$  watt atau 24,6 Kw

- Pada titik ketiga akan terpasang 31 tiang dengan 27 tiang menggunakan lampu 50 watt dan 4 tiang menggunakan lampu 100 watt. Jadi total konsumsi daya adalah  $16200 + 4800 = 21000$  watt atau 21 Kw
- Pada titik keempat akan terpasang 30 tiang dengan 26 tiang menggunakan lampu 50 watt dan 4 tiang menggunakan lampu 100 watt. Jadi total konsumsi daya adalah  $15600 + 4800 = 20400$  watt atau 20,4 Kw.
- Pada titik Kelima akan terpasang 31 tiang dengan 29 tiang menggunakan lampu 50 watt dan 2 tiang menggunakan lampu 100 watt. Jadi total konsumsi daya adalah  $17400 + 2400 = 19800$  watt atau 19,8 Kw

#### 4. Penentuan Panel Surya atau Solar cell

Jumlah rata-rata jam sinar matahari yang mencapai panel surya dalam sehari adalah lima jam, yang digunakan untuk menghitung kapasitasnya. Mengingat energi beban 1800 Wh dan pertimbangan tambahan seperti efisiensi modul, efisiensi kolonoumbi, dan faktor kebesaran, kapasitas panel surya

$$P_{panel} = 125\% \times \frac{\text{Energi beban}}{\text{Waktu penyinaran}}$$

$$P_{panel} = 125\% \times \frac{1800}{5}$$

$$P_{panel} = 450 \text{ Wp}$$

Panel surya yang akan digunakan adalah 450 WP. Karena energi matahari yang dapat ditangkap dan diubah menjadi energi listrik biasanya bertahan selama lima jam, jumlah modul surya yang dibutuhkan ditentukan dengan membagi jumlah kebutuhan daya dengan lima. Dengan kata lain, jumlah modul surya yang dibutuhkan sama dengan kebutuhan watt puncak dibagi dengan nilai daya panel surya.

- Titik pertama

$$\text{Unit PV} = \frac{\text{Kebutuhan energi}}{\text{Daya PV}}$$

$$\text{Unit PV} = \frac{5760}{450}$$

$$\text{Unit PV} = 12,8 \text{ Unit}$$

Dibutuhkan 13 modul surya dan diposisikan di atas Gedung FT Universitas Halu Oleo.

- Titik Kedua

$$\text{Unit PV} = \frac{\text{Kebutuhan energi}}{\text{Daya PV}}$$

$$\text{Unit PV} = \frac{4920}{450}$$

$$\text{Unit PV} = 10,93 \text{ Unit}$$

Dibutuhkan 11 modul surya dan diposisikan di atas Gedung FISIP Universitas Halu Oleo.

- Titik Ketiga

$$\text{Unit PV} = \frac{\text{Kebutuhan energi}}{\text{Daya PV}}$$

$$\text{Unit PV} = \frac{4200}{450}$$

$$\text{Unit PV} = 9,06 \text{ Unit}$$

Dibutuhkan 9 modul surya dan diposisikan di atas Gedung FF Universitas Halu Oleo.

- Titik Keempat

$$\text{Unit PV} = \frac{\text{Kebutuhan energi}}{\text{Daya PV}}$$

$$\text{Unit PV} = \frac{4080}{450}$$

$$\text{Unit PV} = 9,06 \text{ Unit}$$

Dibutuhkan 9 modul surya dan diposisikan di atas Gedung FKIP Universitas Halu Oleo.

- Titik Kelima

$$\text{Unit PV} = \frac{\text{Kebutuhan energi}}{\text{Daya PV}}$$

$$\text{Unit PV} = \frac{3960}{450}$$

$$\text{Unit PV} = 8,8 \text{ Unit}$$

Dibutuhkan 9 modul surya dan diposisikan di atas Gedung FPIK Universitas Halu Oleo.

##### 5. Penentuan Baterai

Sistem ini akan menggunakan jenis baterai khusus yang dirancang untuk tenaga surya. Voltage dan daya dalam Ampere jam menentukan ukuran baterai yang harus digunakan.

$$I_{ah} = \frac{Et}{V_s}$$

$$I_{ah} = \frac{1800}{12}$$

$$I_{ah} = 150 \text{ Ah}$$

Sehingga pada perencanaan memilih menggunakan baterai dengan kapasitas 200 Ah Jadi setiap titik ditentukan jumlah kebutuhan baterai dengan menggunakan rumus

$$\text{Kebutuhan Baterai} = \frac{p \times \text{DoA}}{\text{DoD} \times \text{AhB} \times \text{VB}}$$

- Titik Pertama : kebutuhan baterai = 42,35 buah, dibulatkan keatas menjadi 43 buah baterai.
- Titik Kedua : kebutuhan baterai = 36,17 buah, dibulatkan menjadi 36 buah baterai.
- Titik Ketiga : kebutuhan baterai = 30,88 buah, dibulatkan keatas menjadi 31 buah baterai.
- Titik Keempat : kebutuhan baterai adalah 30 buah
- Titik Kelima : kebutuhan baterai = 29,11 buah, dibulatkan keatas menjadi 29 buah baterai.

##### 6. Penentuan Solar Charge Controller (SCC)

Hasil dari pengalihan arus  $I_{sc}$  sel surya yang seharusnya 11,47 A dengan jumlah panel surya menentukan perlunya pengontrol muatan surya.

Sehingga tiap titik

- Titik Pertama

$$SCC = \text{jumlah PV} \times I_{sc}$$

$$SCC = 13 \times 11,47$$

$$SCC = 149,11 \text{ A}$$

- Titik Kedua

$$SCC = \text{jumlah PV} \times I_{sc}$$

$$SCC = 11 \times 11,47$$

$$SCC = 126,17 \text{ A}$$

- Titik Ketiga

$$SCC = \text{jumlah PV} \times I_{sc}$$

$$SCC = 9 \times 11,47$$

$$SCC = 103,23 \text{ A}$$

- Titik Keempat

$$SCC = \text{jumlah PV} \times I_{sc}$$

$$SCC = 9 \times 11,47$$

$$SCC = 103,23 \text{ A}$$

- Titik Kelima

$$SCC = \text{jumlah PV} \times I_{sc}$$

$$SCC = 9 \times 11,47$$

$$SCC = 103,23 \text{ A}$$

Dari hasil yang diperoleh dari kelima titik tersebut diatas menghasilkan kapasitas solar charge controller dengan rincian titik pertama dengan kapasitas 149,11 A, Titik kedua dengan kapasitas 126,17 A dan titik ketiga hingga kelima dengan kapasitas yang dibutuhkan sama yaitu 103,23 A. Oleh karenanya solar charge controller dipilih dengan kapasitas 60 A untuk Pengontrol Pengisian Surya.

##### 7. Pemilihan Kabel

Untuk memberikan tampilan yang lebih teratur, kabel ground digunakan untuk menghubungkan lampu dalam desain penerangan jalan umum Universitas Halu Oleo. Agar terlihat lebih rapi, kabel ground digunakan untuk menghubungkan dua lampu. Kabel NYY adalah kabel arde teraman untuk digunakan. Kabel NYM 2x2.5 mm2 yang fleksibel dapat digunakan untuk kabel arde ke lampu, yang akan mempermudah pengkabelan dalam proyek PJU yang membutuhkan kabel berjalan di sepanjang saluran. Kabel fleksibel PVC NYAF digunakan dalam sistem terpusat yang menghubungkan panel surya ke kontrol pengisian daya, dengan asumsi jarak 10 meter di antara keduanya. Isolasi PVC tipe NYAF, NYY, atau NYF digunakan untuk kabel yang digunakan pada panel surya, yaitu kabel fotovoltaiik-PV-

1F dan kabel yang menghubungkan SCC dan komponen lainnya. Kabel isolasi PVC sangat tahan terhadap radiasi UV dan efek cuaca. Karena itu, dapat digunakan di luar ruangan, bahkan dalam sistem PJU yang mengalami elemen..

#### 8. Kebutuhan Inverter

Inverter setidaknya harus sebesar total daya instrumen yang dinyalakan secara bersamaan. Ketika kebutuhan daya tinggi, inverter dengan kapasitas yang cukup harus digunakan.

$$Civ = Dw \times Sf$$

$$Civ = 18000 \times 1,25$$

$$Civ = 2250 \text{ Watt}$$

Maka dalam perencanaan ini menggunakan inverter dengan kapasitas 5000 Watt yang memiliki kapasitas lebih besar untuk memberikan margin keamanan dan menanggulangi fluktuasi beban listrik yang mungkin terjadi seiring waktu.

Jadi pada perencanaan ini memilih inverter yang berkapasitas 5000 watt sehingga setiap titik menggunakan beberapa inverter dengan rincian sebagai berikut

- Titik Pertama

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{\text{Beban total}}{\text{Kapasitas inverter}}$$

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{28800}{5000}$$

$$\text{Jumlah Inverter} = 5,76$$

Kebutuhan 6 Buah Inverter

- Titik Kedua

#### D. Analisis Ekonomi

##### 1. Biaya Investasi

Biaya pengoperasian dan pemeliharaan tidak termasuk dalam biaya investasi pembelian penerangan jalan umum (PJUTS) tenaga surya. Biaya investasi per titik tiang lampu dihitung dengan menambahkan harga semua komponen.

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{\text{Beban total}}{\text{Kapasitas inverter}}$$

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{24600}{5000}$$

$$\text{Jumlah Inverter} = 4,92$$

Kebutuhan 5 Inverter

- Titik Ketiga

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{\text{Beban total}}{\text{Kapasitas inverter}}$$

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{21000}{5000}$$

$$\text{Jumlah Inverter} = 4,2$$

Kebutuhan 5 Inverter

- Titik Keempat

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{\text{Beban total}}{\text{Kapasitas inverter}}$$

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{20400}{5000}$$

$$\text{Jumlah Inverter} = 4,08$$

Kebutuhan 5 Inverter

- Titik Kelima

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{\text{Beban total}}{\text{Kapasitas inverter}}$$

$$\text{Jumlah Inverter} = \frac{19800}{5000}$$

$$\text{Jumlah Inverter} = 3,96$$

Kebutuhan 4 Inverter

TABEL III  
BIAYA INVESTASI

No	Nama Komponen	Jumlah	Harga satuan	Total
1.	Panel Surya 450 Wp Monocrystalline	51 Buah	Rp2.349.000	Rp119.799.000
2.	Lampu Led PJU Hinolux 50 Watt	151 Buah	Rp279.000	Rp42.129.000
3.	Lampu Led PJU Hinolux 100 Watt	20 Buah	Rp379.000	Rp.7.580.000
4.	Baterai VOZ VRLA	169 Buah	Rp2.349.000	Rp396.981.000
5.	Solar Charge Controller MPPT	11 Buah	Rp1.050.000	Rp11.550.000
6.	InverterSAKO Hybrid Off / On Grid Inverter 5000W	25 Buah	Rp9.400.000	Rp235.000.000
7.	Tiang 7 Oktagonal Galvanis	171 Buah	Rp2.700.000	Rp461.700.000
8.	Kabel NYY	7000 m	Rp40.200	Rp281.400.000
9.	Kabel NYM	1197 m	Rp15.750	Rp18.852.750
10.	Kabel NYAF	100 m	Rp12.600	Rp1.260.000
11.	Braket Penyangga	171 Buah	Rp194.000	Rp33.174.000
12.	Instalasi	171 Set	Rp1.200.000	Rp205.200.000
Total : Rp 1.814.625.750				

## 2. Biaya Perawatan

Biaya penggantian komponen yang rusak dikenal sebagai biaya perawatan. Untuk mempermudah dan menambah biaya tahunan, biaya setiap komponen dibagi dengan masa pakainya dan kemudian dijumlahkan [11].

TABEL IV  
BIAYA PERAWATAN

No	Nama Komponen	Life Time (tahun)	Harga satuan (Rp)	Total (Rp)
1.	Panel Surya 450 Wp Monocrystalline	25	Rp2.349.000	Rp93.960
2.	Lampu Led PJU Hinolux 50 Watt	11	Rp279.000	Rp.25.363
3.	Lampu Led PJU Hinolux 100 Watt	11	Rp379.000	Rp34.454
4.	Baterai VOZ VRLA	10	Rp2.349.000	Rp234.900
5.	MPPT solar charge controller	10	Rp1.050.000	Rp105.000
6.	Inverter SAKO Hybrid Off / On Grid Inverter 5000W	20	Rp9.400.000	Rp470.000
7.	Tiang 7 Oktagonal Galvanis	25	Rp2.700.000	Rp108.000
8.	Kabel NYY	20	Rp40.200	Rp2.010
9.	Kabel NYM	20	Rp15.750	Rp787
10.	Kabel NYAF	20	Rp12.600	Rp630
11.	Braket Penyangga	25	Rp194.000	Rp7.760
12.	Instalasi	25	Rp1.200.000	Rp48.000
Total : Rp 1.130.864				

## 3. Biaya Operasional dan Perawatan (Q&M)

Biaya pemeliharaan dan pengoperasian tahunan untuk pembangkit listrik tenaga surya seringkali diperkirakan antara satu dan dua persen dari seluruh biaya investasi awal. Mengingat hal ini, 1% dari seluruh biaya investasi awal akan dialokasikan untuk pengeluaran pemeliharaan dan pengoperasian tahunan PJU-TS, yang meliputi biaya untuk membersihkan panel surya, pemeliharaan dan inspeksi

peralatan, dan pemasangan. Karena hanya ada dua musim di Indonesia—musim hujan dan musim kemarau—biaya pembersihan dan pemeliharaan panel surya lebih rendah daripada di negara dengan empat musim yang berbeda [12]. Ini adalah dasar untuk angka 1%. [12]. Berikut ini mewakili pengeluaran pemeliharaan dan pengoperasian (O&M) tahunan untuk 171 unit PJU-TS yang dikembangkan:

$$O \& M \text{ cost} = 1\% \times \text{Total biaya investasi}$$

O & M cost =  $0,01 \times \text{Rp } 1.814.625.750$

O & M cost = Rp 18.146.258/tahun

Biaya yang dibutuhkan adalah Rp 106.119,- setiap tahun untuk 171 unit, karena biaya O&M per unit PJUTS adalah Rp 18.146.258 dibagi dengan jumlah 171 unit saat ini.

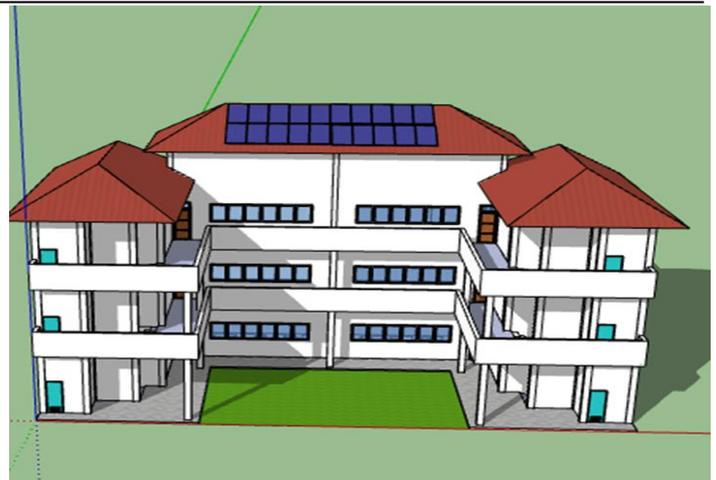
#### E. Desain PJU Universitas Halu Oleo

Dalam perencanaan penerangan jalan pada Universitas Halu Oleo ini perlu mempertimbangkan lokasi strategis untuk penempatan lampu agar mencakup area yang cukup, memberikan penerangan yang optimal, dan menciptakan keamanan bagi pengguna jalan. Oleh karena itu dalam penentuan titik-titik lampu dengan melakukan pengecekan secara langsung di lapangan.

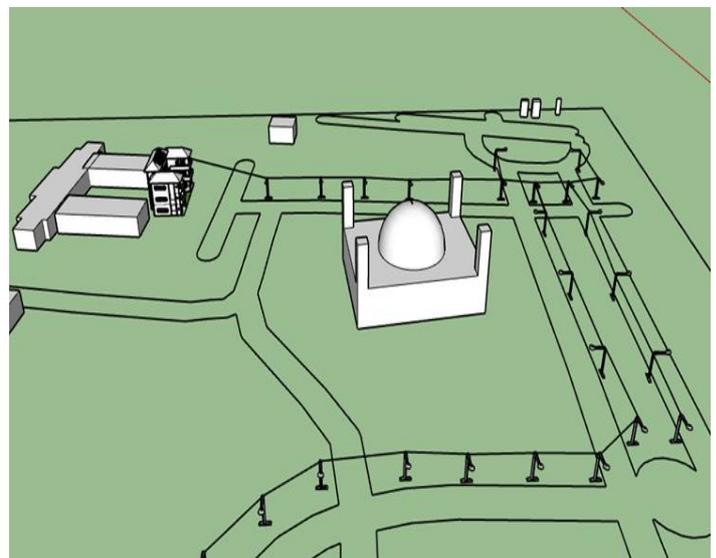
Untuk tiang penerangan jalan umum ini diletakkan di beberapa tiang dengan jarak antar tiang adalah 40 meter. Bagian bawah dari tiang penerangan ini menggunakan pondasi beton pracetak sebagai alternatif. Konstruksi pondasi harus mematuhi ukuran minimum 35 cm x 35 cm x 60 cm (panjang x lebar x tinggi). Kedalaman pemasangan pondasi mestilah sekurang-kurangnya 40 cm, atau dua pertiga dari ketinggian, jika ketinggian 60 cm dipilih. Baut jangkar harus ditempatkan ke dalam pondasi pada kedalaman minimal 30 cm untuk menghubungkan penerangan jalan ke pilar anker. Penting untuk menjaga baut jangkar setidaknya 10 sentimeter dari sudut dan tepi pondasi.

Pemasangan PLTS terpusat cocok untuk skala besar, yang dapat meningkatkan efisiensi produksi energi. Pengelolaan panel surya yang terpusat dapat memberikan peningkatan efisiensi dalam pemantauan dan pemeliharaan sistem secara keseluruhan. Pemantauan dan manajemen sistem dapat dilakukan secara sentral dari satu lokasi. Hal ini memudahkan pemantauan kinerja, deteksi masalah, dan penyesuaian parameter operasional secara efisien. Sistem terpusat memungkinkan optimalisasi energi yang lebih baik melalui penentuan titik-titik penghubung dan arus yang dapat dioptimalkan secara sentral. Ini dapat meningkatkan seberapa baik sinar matahari diubah menjadi energi listrik. Selain itu, panel surya tidak dibatasi oleh lokasi beban energi dan dapat diposisikan di area yang memberikan penerangan matahari terbaik. Ini memungkinkan penempatan panel surya di area yang memiliki sinar matahari terbaik. PLTS terpusat juga dapat dirancang untuk lebih mudah diperluas atau ditingkatkan kapasitasnya. Dengan menambahkan panel surya tambahan atau memodifikasi sistem terpusat, pengguna dapat mengimbangi peningkatan kebutuhan energi.

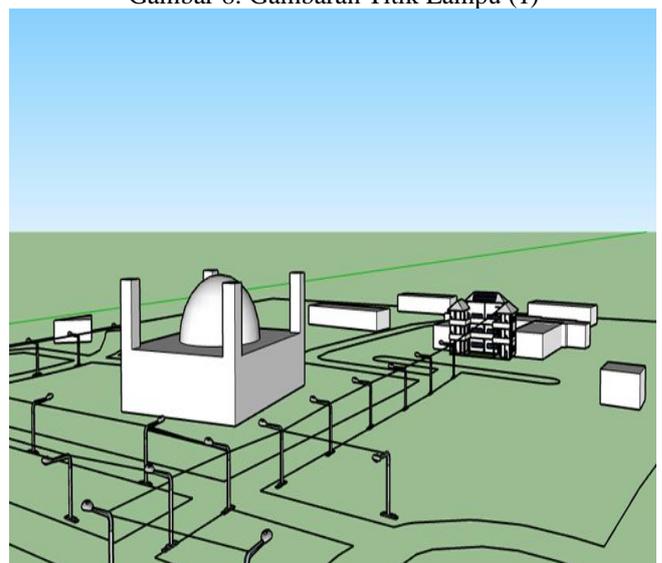
Solar cell terpusat untuk penerangan jalan di Universitas Halu Oleo diletakkan di atap Gedung/fakultas dengan pertimbangan mampu memperoleh sinar matahari yang cukup untuk suplai arus ke beban yakni lampu penerangan. Untuk contoh desain sederhana pemasangan solar cell diatas atap bangunan yaitu sebagai berikut,



Gambar 7. Gambaran Solar Cell Atap



Gambar 8. Gambaran Titik Lampu (1)



Gambar 9. Gambaran Titik Lampu (2)

Gambar diatas ini adalah desain gambaran penempatan beberapa penerangan jalan di titik pertama yaitu di Fakultas Teknik Universitas Halu Oleo. Dalam penempatan tiang

memperhatikan jarak antar tiang dan titik yang perlu penerangan lebih seperti di perempatan, pertigaan, belokkan serta bundaran.

#### E. Pendistribusian Daya Listrik

Perencanaan dilakukan dengan menentukan komponen yang diperlukan untuk dapat menyuplai daya ke beban. Untuk menjamin pasokan energi listrik yang mulus dan efektif untuk penerangan jalan umum, sejumlah prosedur terlibat dalam distribusi tenaga listrik dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ke beban Penerangan Jalan Umum (PJU).

Untuk penempatan solar cell dan beberapa komponen pendukung akan ditempatkan masing-masing di satu tempat yang akan dikontrol dan bekerja untuk menyuplai daya ke penerangan jalan umum. Kabel akan digunakan untuk membawa listrik yang dihasilkan oleh panel surya ke tiang penerangan jalan umum.

Sejumlah elemen kunci membentuk jaringan distribusi energi mulai dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) hingga beban seperti Penerangan Jalan Umum (PJU). Saluran distribusi dijelaskan secara lengkap di bawah ini :

- Panel Surya:

Solar PV dimulai dengan panel surya yang menghasilkan listrik dari radiasi matahari. Saat terkena sinar matahari, sel surya yang membentuk panel surya menghasilkan arus searah (DC). Kumpulan modul fotovoltaik, kadang-kadang disebut sebagai array, terdiri dari banyak modul yang dihubungkan secara paralel atau seri. Energi matahari yang mengenai seluruh permukaan sirkuit diubah menjadi tenaga listrik oleh sirkuit ini.

- Kabel DC:

Kabel DC menghantarkan arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya. Kabel ini menghubungkan panel surya ke pengontrol muatan surya dan bagian sistem berikutnya lainnya.

- SCC (Solar Charge Controller) :

Dengan mengontrol arus dan tegangan yang masuk ke baterai, pengontrol muatan surya mengelola proses pengisian baterai. Untuk mengisi baterai, arus DC dari panel surya harus diubah menjadi arus yang tepat. Komponen elektronik daya dalam PV surya, pengontrol muatan surya (SCC) atau pengatur muatan baterai (BCR) mengontrol pengisian baterai menggunakan modul fotovoltaik untuk hasil yang optimal. Berdasarkan status pengisian baterai (SoC) dan listrik yang tersedia dari susunan modul surya, gadget mengontrol tegangan dan arus pengisian. Memasang lebih banyak SCC secara bersamaan dapat menghasilkan arus pengisian yang lebih besar. Mempertahankan suhu perangkat pada suhu pengoperasian yang optimal membutuhkan ventilasi

yang memadai. Perangkat yang terlalu panas akan merusak dirinya sendiri atau menurunkan daya keluaran sistem. Jarak vertikal dan horizontal minimum antara perangkat harus dipertimbangkan untuk sistem pendingin yang efisien. Oleh karena itu, SCC mengatur arus dan tegangan yang masuk ke baterai untuk mengontrol pengisian baterai.

- Baterai Penyimpan Energi:

Energi yang dihasilkan oleh panel surya disimpan dalam baterai. Hal ini diperlukan untuk menjamin bahwa sumber energi dapat diakses pada saat-saat matahari tidak bersinar, seperti di malam hari. Dalam tata surya komunal, baterai digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh modul fotovoltaik di siang hari dan kemudian mengirimkannya ke beban di malam hari atau dalam kondisi mendung. Selain memiliki ukuran kabel (perangkat) yang lebih besar dari ukuran perangkat pengaman arus lebih sirkuit, kabel untuk sirkuit baterai harus dirancang dengan baik untuk menangani arus selama pengisian daya dan konsumsi daya. Setiap kabel paket baterai idealnya harus memiliki penampang minimum 50 mm<sup>2</sup>.

- Inverter (Opsional):

Arus searah (DC) dari baterai dapat diubah menjadi arus bolak-balik (AC) melalui inverter sehingga lampu PJU dapat menggunakannya jika beban PJU menggunakan AC.

- Kabel AC atau DC:

Energi dikirim dari inverter atau langsung dari baterai ke beban—dalam hal ini, lampu PJU—melalui koneksi AC atau DC. Kabel ini perlu dibangun dengan kapasitas yang cukup untuk mendukung permintaan daya lampu.

- Lampu LED :

Lampu LED digunakan sebagai beban utama pada sistem. Lampu ini mengonsumsi energi yang disediakan oleh sistem dan menghasilkan cahaya untuk penerangan jalan umum.

Untuk mencegah kekurangan pasokan daya akibat kurangnya penyinaran matahari serta mengoptimalkan pemanfaatan sumber energi surya, sehingga memungkinkan untuk memprioritaskan sumber listrik dari PLTS maka dilakukan pemasangan ATS atau Automatic Transfer Switch yakni Dalam konteks Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), Sebuah sistem yang disebut Automatic Transfer Switch (ATS) menghubungkan beban ke dua sumber listrik, seperti sumber primer (PLTS) dan sumber cadangan, sumber PLN. Sistem ATS memungkinkan untuk beralih secara otomatis antara sumber-sumber ini, sehingga saat terjadi kekurangan daya dari PLTS akibat cuaca sehingga kurangnya daya pada baterai, beban dapat dialihkan dari PLTS ke PLN atau sumber cadangan lainnya. Hal ini memungkinkan PLTS untuk berfungsi sebagai sumber listrik utama atau cadangan, tergantung pada

konfigurasi sistem. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa ATS dapat digunakan untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber energi surya dan memprioritaskan sumber listrik dari PLTS. Implementasi ATS pada PLTS dapat membantu mengurangi ketergantungan pada listrik dari PLN dan meningkatkan ketersediaan energi listrik.

Ketika pasokan listrik dari PLTS tidak mencukupi, seri ATS yang menggunakan PLTS sebagai sumber utama dan PLN sebagai cadangan, secara otomatis mengalihkan sumber daya dari PLTS ke PLN. Dengan mengotomatiskan transfer daya yang cepat dan efektif dari sumber utama ke sumber cadangan, panel daya ATS dan modul AMF meningkatkan keandalan catu daya. Sistem kontrol yang digunakan dalam rangkaian ATS meliputi panel surya, solar controller, relay, inverter, baterai, dan timer. Ketika pasokan listrik dari PLTS mencukupi, ATS akan memastikan bahwa beban listrik diberikan dari PLTS. Namun, jika pasokan listrik dari PLTS tidak mencukupi, Untuk menjamin bahwa beban akan selalu memiliki akses listrik, ATS akan secara otomatis mengalihkan sumber listrik dari PLN. Agar PLN berfungsi sebagai sumber daya cadangan jika PLTS tidak dapat menghasilkan listrik, ATS memastikan bahwa pasokan listrik terjamin tanpa gangguan.

Jalur distribusi ini menjamin bahwa energi yang dihasilkan oleh PLTS dapat diarahkan ke beban, seperti lampu PZU, secara efektif dan dapat diandalkan dengan desain dan pemasangan yang tepat.

## V. KESIMPULAN

Kesimpulan berikut dapat dibuat dari penelitian tugas akhir Universitas Halu Oleo, Perencanaan Sistem Penerangan Jalan Umum Berbasis Sel Surya Terpusat :

1. Dalam merancang sistem solar cell terpusat perlu menganalisis dan menentukan kebutuhan komponen yang tepat untuk memasok daya mencakup evaluasi kebutuhan energi PJU, penempatan panel surya, pemilihan baterai penyimpan energi, pengaturan sistem kontrol serta pemeliharaan dan pemantauan. Suhu rata-rata Universitas Halu Oleo adalah 25,96°C, dan potensi radiasi matahari adalah 5100 Kwh/m<sup>2</sup>/hari. 171 tiang PJU, dengan jarak 40 meter, diperlukan di sepanjang jalan sepanjang 6868 meter di kampus Universitas Halu Oleo. Tiang itu adalah tiang besi segi delapan setinggi 7 meter dengan sudut kemiringan stang hias 42,6 derajat. Setiap tiang PJUTS menggunakan panel surya monokristalin dengan kapasitas 450 Wp dan dilengkapi dengan lampu LED 50 dan 100 Watt. Baterai 200 Ah dan SCC tipe MPPT dengan kapasitas arus 60 A adalah jenis baterai yang digunakan.
2. Sejumlah tindakan yang diperhitungkan terlibat dalam penyaluran listrik dari Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) ke penerangan jalan umum (PJU). Panel surya pertama-tama menggunakan sinar matahari untuk menghasilkan listrik, yang kemudian diubah oleh inverter dari arus DC ke AC. Baterai dapat digunakan

untuk menjamin daya selama cuaca buruk atau di malam hari. Kontroler atau pengaturan pintar digunakan untuk mengelola distribusi daya, memantau pengisian baterai, dan mengoptimalkan penggunaan energi. Dengan menggunakan kabel distribusi dan panel distribusi, daya listrik didistribusikan ke lokasi-lokasi PJU melalui jalur distribusi. Lampu PJU yang dipilih dengan cermat kemudian dihubungkan ke sistem. Pencegahan pencurian dan perawatan rutin juga penting untuk menjaga keberlanjutan dan keandalan operasi sistem. Keseluruhan, pendekatan ini merancang sistem distribusi daya listrik dari PLTS ke PJU dengan mempertimbangkan efisiensi energi, keberlanjutan, dan keamanan.

3. Pengaturan sistem penerangan jalan umum berbasis sel surya terpusat ini dirancang dengan perhatian yang cermat terhadap detail untuk menjamin bahwa persyaratan pencahayaan terpenuhi secara efektif dan berkelanjutan. Proses ini melibatkan penentuan kebutuhan daya, identifikasi lokasi optimal untuk panel surya, perencanaan pengaturan sistem terpusat, penentuan komponen yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan. Ide di balik proses perencanaan adalah melakukan tinjauan pustaka untuk dijadikan panduan penelitian, kerja lapangan untuk memilih lokasi penelitian, dan kemudian dilanjutkan untuk menentukan kebutuhan dan rencana keuangan yang akan digunakan. Hasil yang diperoleh adalah membutuhkan dana investasi sebesar Rp 1.814.625.750, biaya perawatan sebesar Rp 1.130.864 dan biaya operasional dan pemeliharaan sebesar Rp. 106.119,-/tahun. Sistem penerangan jalan umum berbasis solar cell menawarkan solusi berkelanjutan dengan mengandalkan sumber energi terbarukan dari matahari. Keunggulan utama melibatkan efisiensi energi, penghematan biaya jangka panjang, dan desain yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan lokasi.

## VI. SARAN

1. Agar PJUTS berfungsi dengan sukses, berkelanjutan, ekonomis dan hemat energi maka beberapa pertimbangan masih perlu dilakukan selama pemasangan
2. Untuk memfasilitasi pemeliharaan dan perbaikan kerusakan di masa mendatang, penting untuk memiliki pemahaman teoritis dan praktis tentang pekerjaan tersebut

## DAFTAR ACUAN

- [1] Pradipta Buwana, D., & Setiawidayat, S. (2018). Sistem Pengendalian Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) Melalui Jaringan Internet Berbasis Android. *Journal of Information Technology and Computer Science (JOINTECS)*, 3(3).
- [2] Al-Ezzi, A. S., & Ansari, M. N. M. (2022). Photovoltaic Solar Cells: A Review. In *Applied System Innovation* (Vol. 5, Issue 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/asi5040067>

- 
- [3] Budi Rijadi, B. (2021). Analisis Kebutuhan Modul Surya Dan Baterai Pada Sistem Penerangan Jalan Umum (PJU). In JET Jurnal Elektro Teknik (Vol. 1, Issue 1).
- [4] Arirohman, I. D., Yunesti, P., Wicaksono, R. M., Harahap, A. B., Miranto, A., Arysandi, D., Fatmawati, Y., & Wahab, R. R. (2021). Pemanfaatan Panel Surya sebagai Penerangan Jalan Umum (PJU) di Kampung Wisata Agrowidya, Rajabasa Jaya, Lampung. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 1(2), 365–372. <https://doi.org/10.54082/jamsi.131>
- [5] Muhammad Hidayat. (2020). Perancangan Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (Solar Cell) Untuk Alternatif Penerangan Kampus Universitas Muhammadiyah Makassar. *J-ENSISTEC (Journal of Engineering and Sustainable Technology)*.
- [6] Badan Standarisasi Nasional. (2008). SNI 7391 Spesifikasi Penerangan Jalan di Kawasan Perkotaan. Jakarta: BSN.
- [7] Pujo Widiyantoro, W. (2015). Analisis Perbandingan Penggunaan Solar Cell Terpusat Dengan Solar Cell Terdistribusi Untuk Memenuhi Kebutuhan Energi Listrik Pada Ruang Kuliah Lantai 4 Gedung FTI UII. <https://www.researchgate.net/publication/313361837>
- [8] Ricky, H. s dan D. (2021). Analisis Perbandingan Penggunaan PLTS Terpusat Dengan PLTS Terdistribusi Pada Atap Kandang Ayam Closed House Di Tualang Kabupaten Serdang Bedagai (Vol. 10, Issue 2). <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- [9] Prasetyo Ji Sudarto, B. H. (2018). Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya. In *EKSERGI Jurnal Teknik Energi* (Vol. 14, Issue 3). <http://www.polines.ac.id>,
- [10] Aziz L, H. S. (2020). Instalasi Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS).
- [11] Hidayat, Darmawan (2021). Studi Perencanaan Instalasi Penerangan Jalan Umum (PJU) Menggunakan Panel Surya Di Desa Pesse Kecamatan Donri Donri Kabupaten Soppeng. *Jurnal E-prints Repository Software*.
- [12] Karim, Saiful & Alimuddin. (2016). Analisa Penggunaan Solar Cell Pada PJU Di Pulau Laut Tengah Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknik Mesin Uniska*. Vol. 1 No. 2.13..