

SKRIPSI

**MODEL SISTEM FOTOVOLTAIK TERPADU-BANGUNAN (*BULDING
INTEGRATED PHOTOVOLTAIC, BIPV*) UNTUK PENERANGAN
TROTOAR DAN JALAN RAYA**



A. DEWI MUSTIKA SARI

10582 11 068 17

RIRIN ALMUQTADIR

10582 11 067 17

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2022

HALAMAN JUDUL

MODEL SISTEM FOTOVOLTAIK TERPADU-BANGUNAN (*BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC, BIPV*) UNTUK PENERANGAN TROTOAR DAN JALAN RAYA

Skripsi

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik

A. DEWI MUSTIKA SARI

RIRIN ALMUQTADIR

10582 11 068 17

10582 11 067 17

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

2022

08/02/2022

1 cap
Sub Alumni

R/0019/ELT/2200

SAR

m



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Ujian Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : MODEL SISTEM FOTOVOLTAIK TERPADU-BANGUNAN (BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC, BIPV) UNTUK PENERANGAN TROTOAR DAN JALAN RAYA

Nama : 1. Ririn Almuqtadir

2. A. Dewi Mustika Sari

Namabuk : 1. 105 82 11067 17

2. 105 82 11068 17

Makassar, 25 Januari 2022

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing,

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. Abdul Hafid, M.T.
NIP. 0019086209


Andi Fharuddin, S.T., M.T.
NIP. 132169986

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro


Adriani, S.T., M.T.
NBM : 1044 202



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

atas nama **Ririn Almuqtadir** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11067 17 dan **A. Mustika Sari** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11068 17, dinyatakan diterima dan an oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0002/SK-Y/20201/091004/2022, sebagai satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro is Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 22 Januari 2022.

Ujian :
gawas Umum
Makassar, 22 Jumadil Akhir 1443 H
25 Januari 2022 M

Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

Uji

tua : Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng

ketaris : Rahmania, S.T.,M.T

ota : 1. Suryani, S.T.,M.T

2. Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T.,M.T

3. Adriani, S.T.,M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Abdul Hafid, M.T
NIP. 0019086209

Pembimbing II

Andi Fajaruddin, S.T.,M.T
NIP. 132169986

Dekan

Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T.,IPM
NBM : 795 108

A. Dewi Mustika Sari¹, Ririn Almuqtadir²

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

²⁾ Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

ABSTRAK

Model sistem fotovoltaik terpadu-bangunan merupakan salah satu bentuk referensi untuk energi terbarukan di dalam dunia elektro. Model sistem fotovoltaik terpadu-bangunan ini dapat digunakan sebagai acuan untuk pembuatan dalam sistem aktual untuk penerangan trotoar dan lampu jalan dengan memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi listrik. Oleh karena itu, peneliti bertujuan untuk merancang dan mendeskripsikan sistem fotovoltaik terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan jalan raya berbasis LED. Metode penelitian yang digunakan pada sistem fotovoltaik terpadu-bangunan yaitu 1. Penentuan daya panel, 2. Penentuan kapasitas dan jumlah kebutuhan baterai, 3. Penentuan kapasitas *solar charger controller*, 4. Perhitungan daya lampu berbasis LED, dan penerapan sistem fotovoltaik terpadu-bangunan dengan memanfaatkan *solar panel PV* menggantikan bahan yang digunakan pada bangunan seperti atap maupun dinding. Dari hal tersebut dilakukan penelitian untuk mengetahui rancangan model sistem fotovoltaik terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan jalan raya, sehingga diketahui jumlah daya panel yang digunakan untuk model adalah 6 W, *charger controller* 2 A, baterai 3000 mAh, serta penggunaan sensor cahaya. Pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik menyalakan lampu di malam hari dan juga mematikannya di siang hari. Sedangkan untuk sistem aktual diketahui daya lampu PLU 40 W sebanyak 1 buah, serta 4 buah lampu trotoar dengan daya 5 W, membutuhkan daya panel kurang lebih 800 Wp dengan total jumlah panel yang dibutuhkan yaitu 8 panel, serta nominal baterai 12 V 18 Ah sebanyak 24 buah.

Kata Kunci: *Panel surya, solar charger controller, Baterai, pemanfaatan sistem BIPV*

A. Dewi Mustika Sari¹, Ririn Almuqtadir²

¹⁾ Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

²⁾ Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

ABSTRACT

The building-integrated photovoltaic system model is one form of reference for renewable energy in the electrical world. This building-integrated photovoltaic system model can be used as a reference for manufacturing in actual systems for sidewalk lighting and street lamps utilizing solar panels as a source of electrical energy. Therefore, the researcher aims to design and describe a building-integrated photovoltaic system for LED-based street and sidewalk lighting. The research methods used in the building-integrated photovoltaic system are 1. Determination of panel power, 2. Determining the capacity and number of battery requirements, 3. Determining the capacity of the solar charger controller, 4. Calculation of LED-based lamp power, and the application of a building-integrated photovoltaic system with utilizing solar panels to PV replace materials used in buildings such as roofs and walls. From this, a study was conducted to determine the design of a building-integrated photovoltaic system model for sidewalk and road lighting, so that it is known that the panel power used for the model is 6 W, charger controller 2 A, 3000 mA battery, and the use of light sensors. Tests show that the system works well turning the lights on at night and also turning them off during the day. As for the actual system, it is known that 1 PJU lamp power of 40 W, and 4 sidewalk lamps with a power of 5 W, requires a panel power of approximately 800 Wp with a total number of panels required, namely 8 panels, and a nominal 12 V 18 Ah battery of 24 fruit.

Keywords: Solar panels, solar charger controller, battery, BIPV system utilization

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan berkah dan limpahan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir ini dan shalawat serta doa tercurahkan kepada baginda Muhammad SAW yang senantiasa istikamah dalam menjalankan ajarannya kepada seluruh umatnya. Atas izin Allah sehingga Tugas Akhir yang berjudul **“Model Sistem Fotovoltaik Terpadu-Bangunan (*Bulding Integrated Photovoltaic, BIPV*) untuk Penerangan Trotoar dan Jalan Raya”** telah terselesaikan sesuai waktu yang telah direncanakan.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi rahmat dan nikmatnya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan kerja praktik ini tepat pada waktunya.
2. Kedua Orang Tua kami dan segenap keluarga yang senantiasa memberi bantuan, baik moril maupun materil sehingga skripsi ini terselesaikan.
3. Ibu Adriani., S.T., M.T selaku “ketua prodi” dan Ibu Rahmania., S.T., M.T selaku “sekretaris Prodi” Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Ir. Abd. Hafid., M.T selaku “pembimbing 1” dan Bapak Andi Fharuddin., S.T., M.T selaku “pembimbing 2” tugas akhir yang telah banyak memberi masukan dan arahan dalam penulisan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar yang telah memberikan dukungan dan ilmunya kepada penulis.

6. Seluruh karyawan dan staf tata usaha yang telah membantu dan memberikan bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan proses administrasi Tugas Akhir ini.
7. Semua pihak yang telah membantu penyusunan skripsi dari awal hingga akhir yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis ucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang terkait dalam penulisan Tugas Akhir ini, semoga karya tulis ini bermanfaat dan dapat memberi sumbangan yang berarti bagi pihak yang membutuhkan. Semoga segala rahmat Allah senantiasa menghampiri kita semua.

Terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Makassar, 30 Oktober 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang	1
B. Rumusan masalah	3
C. Tujuan penelitian	4
D. Batasan masalah	4
E. Manfaat penelitian	5
F. Sistematika penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Sistem fotovoltaik	7
B. Karakteristik fotovoltaik	8
C. Potensi energi surya di Indonesia	8
D. Trotoar dan penerangan jalan raya	9
E. Konfigurasi sistem penerangan lampu trotoar dan jalan raya	10
F. Prinsip kerja penerangan lampu trotoar dan jalan raya menggunakan	

fotovoltaik-terpadu bangunan	16
G. Standar penerangan jalan	21
BAB III MOTEDO PENELITIAN	
A. Waktu dan tempat penelitian.....	22
B. Alat dan bahan.....	22
C. Data dan bahan untuk desain sistem aktual.....	23
D. Skema penelitian	23
E. Langkah penelitian.....	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Model dan pengujian.....	26
B. Desain sistem aktual.....	31
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	45
B. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Contoh lampu merkuri, sodium, dan LED	13
Gambar 2.2. Beberapa bentuk lengan tiang lampu jalan (SNI 7391, 2008)	13
Gambar 2.3. Tipikal lampu penerangan pada jalan satu arah	14
Gambar 2.4. Tipikal lampu penerangan pada jalan dua arah	14
Gambar 2.5. Penentuan sudut kemiringan stang ornamen terhadap lebar jalan..	15
Gambar 2.6. Prinsip kerja fotovoltaiik terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan jalan raya	16
Gambar 2.7. Panel atau modul sel surya	18
Gambar 2.8. <i>Solar charge controller</i>	19
Gambar 2.9. Baterai sebagai penyimpan energi listrik	19
Gambar 2.10. Komponen sensor malam	20
Gambar 3.1. Diagram balok skema penelitian	23
Gambar 3.2. Bagan alir proses penelitian	25
Gambar 4.1. Skema sistem kontrol pengisian	26
Gambar 4.2. Skema sistem indikator <i>level</i> tegangan	26
Gambar 4.3. Model sistem kontrol pengisian dan <i>monitoring</i> baterai setelah di rakit	27
Gambar 4.4. Skema rangkaian sensor cahaya	27

Gambar 4.5. Model rangkaian sensor cahaya setelah di rakit	27
Gambar 4.6. Model rangkaian sistem fotovoltaik terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan lampu jalan.....	29
Gambar 4.7. Model Sistem fotovoltaik terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan lampu jalan setelah di rakit	29
Gambar 4.8. Sketsa objek tampak dari depan	32
Gambar 4.9. Sketsa objek tampak dari atas	32
Gambar 4.10. Sketsa objek potongan melintang	33
Gambar 4.11. Model sistem aktual fotovoltaik terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan jalan raya.....	39



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Bahan yang digunakan untuk model sistem	22
Tabel 4.1. Pengukuran tegangan relai	29
Tabel 4.2. Pengukuran intensitas cahaya.....	29
Tabel 4.3. Kualitas pencahayaan normal	30
Tabel 4.4. Spesifikasi tiang lampu jalan	33
Tabel 4.5. Spesifikasi <i>solar cell</i> yang digunakan	34
Tabel 4.6. Data lumen dan watt pada beberapa jenis lampu	35
Tabel 4.7. Spesifikasi lampu LED yang digunakan pada lampu trotoar.....	36
Tabel 4.8. Spesifikasi lampu LED yang digunakan untuk lampu Jalan	37
Tabel 4.9. Spesifikasi baterai yang digunakan	37
Tabel 4.10. Spesifikasi <i>solar charger controller</i>	38
Tabel 4.11. Data komponen utama yang digunakan untuk desain sistem aktual..	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Proses perakitan	49
Lampiran 2. Model alat setelah di rakit dan lampiran proses pengukuran intensitas cahaya	49
Lampiran 3. Spesifikasi panel surya	50



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Energi memiliki peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Selama ini sumber energi utama yang digunakan adalah minyak bumi, sedangkan minyak bumi termasuk energi yang tak terbarukan. Oleh sebab itu sangat penting untuk menemukan sumber energi alternatif lain yang dapat memastikan ketersediaan energi agar kehidupan manusia tetap berlangsung. Salah satu sumber energi alternatif yang berpotensi besar adalah energi surya. Energi surya telah banyak digunakan di berbagai belahan dunia dan jika energi ini digunakan dan dimanfaatkan dengan tepat maka besar kemungkinan energi surya menjadi sumber energi dalam waktu yang lama (Widayana, 2020).

Letak Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa, membuat wilayah Indonesia akan disinari matahari setidaknya 10–12 jam per hari. Potensi sumber tenaga matahari di Indonesia sebagai sumber energi listrik alternatif (terbarukan) sangat perlu dimanfaatkan, di samping jumlahnya yang tidak terbatas, pemanfaatannya juga tidak menimbulkan polusi yang merusak lingkungan. Sedangkan arah kebijakan pengembangan energi baru dan terbarukan telah diamanatkan dalam Undang-Undang Nomor 30, pasal 20-22 Tahun 2007 tentang Energi. (Widodo, dkk, 2010)

Sejalan dengan perkembangan pembangunan, jumlah kebutuhan daya listrik di Indonesia cenderung naik pesat. Peningkatan kebutuhan daya listrik dapat

diakibatkan oleh penambahan beban baru, dapat juga disebabkan karena borosnya pemakaian daya listrik. Pemborosan energi listrik harus dicegah, karena pasokan daya listrik PLN semakin terbatas.

Namun yang menjadi kendala saat ini, daerah perkotaan merupakan wilayah yang padat bangunan sehingga harus cermat dalam pemanfaatannya agar lahan yang ada dapat dioptimalkan menjadi lahan untuk pembangkit listrik. Karena memiliki lahan yang semakin sempit daerah perkotaan bisa memanfaatkan tenaga matahari melalui modul fotovoltaik sebagai alternatif untuk memperoleh energi listrik dengan memanfaatkan fungsi dan fisik dari modul fotovoltaik terpadu-bangunan (Imran, 2018).

Fotovoltaik Terpadu-Bangunan (*Building integrated photovoltaic*, BIPV) merupakan suatu bangunan yang mana *solar panel* PV menggantikan bahan yang digunakan pada bangunan seperti atap maupun dinding. Selanjutnya, BIPV dapat diklasifikasikan sebagai bagian fungsional dari struktur bangunan, atau suatu bagian yang diintegrasikan ke dalam desain bangunan. Integrasi ini dapat dicapai dengan cara mengintegrasikan panel PV dengan pencahayaan alami dan desain arsitektur pada atap, kulit bangunan, permukaan kaca, *skylight* dan bagian peneduh bangunan (Baharuddin, 2016).

Mengingat volume bangunan dan kepadatan penduduk semakin hari semakin meningkat, ditambah dengan kurangnya infrastruktur khususnya pada pencahayaan jalan raya dan trotoar, oleh karena itu penerapan teknologi BIPV merupakan solusi yang tepat. Penerangan jalan raya dan trotoar merupakan dua fasilitas kota yang sangat penting. Berbicara mengenai jalan raya dan trotoar maka berkaitan dengan

pembangunan infrastruktur guna meningkatkan kota cerdas (*smart city*). Kota cerdas merupakan sebuah visi pengembangan untuk mengintegrasikan teknologi informasi dan komunikasi serta teknologi internet dengan cara yang aman untuk mengelola aset kota.

Namun BIPV merupakan salah satu peluang yang belum dimanfaatkan secara maksimal pada bangunan khususnya di daerah perkotaan Makassar. Padahal peluang menggunakan BIPV itu sendiri sangat berpotensi, hal ini dikarenakan letak kota Makassar yang berada di daerah khatulistiwa dan ketersediaan cahaya matahari yang cukup. Berdasarkan latar belakang ini, menjadi salah satu alasan kami membuat tugas akhir yang berjudul **"MODEL SISTEM FOTOVOLTAIK TERPADU-BANGUNAN (BUILDING INTEGRATED PHOTOVOLTAIC, BIPV) UNTUK PENERANGAN TROTOAR DAN JALAN RAYA"**.

B. Rumusan masalah

Atas dasar penjelasan di atas dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan alat penerangan trotoar dan lampu jalan menggunakan energi dari model fotovoltaik terpadu bangunan?
2. Bagaimana kinerja alat penerangan trotoar dan lampu jalan menggunakan energi dari model fotovoltaik terpadu bangunan?

C. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menghasilkan model penerangan trotoar dan lampu jalan menggunakan energi dari model fotovoltaik terpadu bangunan.
2. Memperoleh kinerja dari hasil pengujian alat penerangan trotoar dan lampu jalan menggunakan energi dari model fotovoltaik terpadu bangunan.

D. Batasan masalah

Batasan masalah penelitian ini dimaksudkan untuk mempersempit ruang lingkup permasalahan. Batasan masalah tersebut antara lain:

1. Penelitian ini dibatasi hanya untuk pemanfaatan energi fotovoltaik terpadu bangunan untuk penerangan trotoar dan lampu jalan.
2. Jenis sensor yang digunakan untuk penerangan ini adalah sensor malam.
3. Ukuran daya yang digunakan pada fotovoltaik adalah 6 watt dan menggunakan baterai Baterai 3000 mAh 3,7 V.
4. Untuk jumlah lampu LED yang digunakan pada lampu trotoar sebanyak 4 buah yang di paralel sedangkan lampu jalan raya sebanyak 1 buah.
5. Alat yang dibuat merupakan prototipe.

E. Manfaat penelitian

Manfaat yang diharapkan pada penulisan penelitian ini antara lain adalah perencanaan pemasangan lampu jalan dan trotoar berbasis BIPV, Sebagai atap atau perlindungan bagi pejalan kaki khususnya di trotoar dari cuaca seperti hujan dan panas matahari, serta perhitungan jumlah daya yang digunakan untuk penerangan trotoar dan lampu jalan selama beroperasi.

1. Bagi peneliti, melalui penelitian ini diharapkan peneliti dapat merancang sistem penerangan trotoar dan lampu jalan berbasis BIPV, serta mengetahui jumlah daya yang dibutuhkan selama lampu beroperasi.
2. Bagi masyarakat, diharapkan dengan adanya penelitian ini mampu menjadi bahan informasi serta masukan bagi masyarakat khususnya dalam merencanakan pengembangan penerangan trotoar dan lampu jalan.

F. Sistematika penulisan

Bab pertama, bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan manfaat dari penelitian yang dilakukan serta sistematika penulisan dari laporan hasil penelitian.

Bab kedua, bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian.

Bab ketiga, bab ini menjelaskan tentang waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan yang digunakan, diagram balok dan gambar rangkaian penelitian, serta metode penelitian yang berisi langkah-langkah dalam proses melakukan penelitian.

Bab keempat, bab ini menjelaskan tentang hasil dari penelitian alat dan perhitungan serta pembahasan terkait judul penelitian.

Bab kelima, bab ini merupakan penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran terkait judul penelitian.

Daftar Pustaka, berisi tentang daftar sumber referensi penulis dalam memilih teori yang relevan dengan judul penelitian.

Lampiran, berisi tentang dokumentasi hasil penelitian serta alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem fotovoltaik

Panel fotovoltaik adalah implementasi teknologi dari energi terbarukan, merupakan salah satu perangkat yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi energi foton yang berasal dari cahaya matahari menjadi energi listrik (Alsayid, Alsadi, Jallad, & Dradi, 2013). Dalam proses menghasilkan arus listrik, terjadi efek fotovoltaik di mana sebuah lempengan yang terkena sinar matahari akan bereaksi sehingga energi listrik dapat dihasilkan. Panel fotovoltaik terbuat dari bahan semikonduktor seperti silikon, TiO_2 dan sebagainya. Bahan yang sering digunakan dalam fabrikasi fotovoltaik adalah silikon yang bersifat isolator dan konduktor sehingga sel memiliki kepekaan terhadap intensitas cahaya matahari. Dalam operasinya fotovoltaik tidak mungkin berada dalam kondisi ideal di mana tanpa adanya gangguan yang mempengaruhi kinerja model fotovoltaik.

Gangguan itu dapat berupa intensitas matahari yang berubah-ubah, posisi matahari yang berubah dengan fungsi waktu, kecepatan angin dan lain-lainnya. Fotovoltaik sudah banyak digunakan sebagai energi alternatif untuk mengatasi krisis energi akibat *global warming* yang melanda dunia saat ini. Fotovoltaik terdiri dari susunan sel surya di mana akan terjadi fotovoltaik jika terkena intensitas matahari sehingga dapat menghasilkan arus listrik (Nguyen, 2015). Arus listrik dapat digunakan untuk keperluan selanjutnya atau untuk disimpan dalam perangkat penyimpan (*storage battery*). Kinerja dari fotovoltaik akan berpengaruh kepada

lama *charging* pada baterai, banyak daya yang dihasilkan dan efisiensi dari fotovoltaik (Preetham Goli, 2015).

B. Karakteristik fotovoltaik

Dalam aplikasinya, hal yang paling diperhatikan di dalam fotovoltaik adalah besar daya keluaran (P_{out}). Daya yang dihasilkan oleh fotovoltaik bergantung pada tegangan dan arus yang dihasilkan saat terkena cahaya matahari. Tegangan dan arus fotovoltaik bergantung dari besaran-besaran antara lain (Upadhyay, Kumar, & Vairagi, 2014):

- a) Intensitas matahari
- b) Temperatur permukaan modul fotovoltaik
- c) Posisi dan sudut letak fotovoltaik terhadap matahari
- d) Lokasi pemasangan fotovoltaik
- e) Arah dan kecepatan angin

Kelima besaran yang telah disebutkan, faktor yang paling berpengaruh terhadap daya keluaran fotovoltaik adalah intensitas cahaya matahari dari temperatur permukaan modul fotovoltaik (Rajitha Reddy, 2015).

C. Potensi energi surya di Indonesia

Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang cukup melimpah. Di antaranya adalah energi matahari yang dapat di konversikan menjadi energi surya. Telah dinyatakan oleh kementerian ESDM melalui pemetaan persebaran intensitas matahari Indonesia. Indonesia memiliki keuntungan secara geografis karena

terletak di daerah tropis dan dilewati oleh garis khatulistiwa dimana intensitas radiasinya lebih tinggi dibandingkan daerah lain yaitu sebesar 4,66-5,54 KWh/m² per hari hal ini termasuk yang paling baik untuk dimanfaatkan sebagai PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) baik skala kecil, menengah maupun menengah ke atas.

Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia menunjukkan bahwa radiasi matahari Indonesia dapat diklasifikasi untuk dua Kawasan, yaitu:

- a) Kawasan Barat Indonesia (KBI) = 4,5 KWh/m²/hari, dengan variasi bulanan sekitar 10 %
- b) Kawasan Timur Indonesia (KTI) = 5,1 KWh/m²/hari, dengan variasi bulanan sekitar 9 %

Data tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan radiasi matahari di KTI lebih tinggi dan lebih merata sepanjang tahun dibandingkan dengan KBI (Muhammad Jamaluddin, 2017).

D. Trotoar dan penerangan jalan raya

Jalan dan trotoar merupakan dua fasilitas kota yang sangat penting. Hak-hak pejalan kaki secara jelas dilindungi oleh Undang-Undang No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Yakni pada pasal 45 ayat (1), di mana pejalan kaki berhak atas ketersediaan fasilitas pendukung yang berupa trotoar, tempat penyeberangan, dan fasilitas lain.

Terlebih fungsi trotoar pun ditegaskan kembali dalam pasal 34 ayat (4) Peraturan Pemerintah No. 34 Tahun 2006 tentang jalan yang berbunyi “Trotoar sebagaimana dimaksud pada ayat (3) hanya diperuntukkan bagi lalu lintas pejalan kaki”.

Penerangan jalan umum adalah suatu penerangan buatan yang menerangi suatu kawasan tertentu pada luas bidang tertentu. Penerangan jalan umum fasilitas vital yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat. Penerangan jalan umum diperlukan untuk meningkatkan keamanan lalu lintas, keamanan berkendara terutama pada saat malam hari. Penerangan jalan di kawasan perkotaan mempunyai fungsi:

- a) menghasilkan kontras antara objek dan permukaan jalan
- b) sebagai alat bantu navigasi pengguna jalan
- c) dapat meningkatkan keselamatan lalu lintas dan kenyamanan pengguna, pada saat malam hari
- d) mendukung keamanan lingkungan
- e) mempermudah penggunaan jalan agar melihat dengan jelas jalan yang akan dilalui pada malam hari. (SNI 7391:2008)

E. Konfigurasi sistem penerangan lampu trotoar dan jalan raya

Lampu penerangan trotoar dan jalan raya adalah bangunan pendukung jalan yang dapat diletakkan di kanan, kirinya dan berfungsi untuk menerangi lingkungan jalan maupun jalan yang berada di sekitar penerangan jalan trotoar dan lampu jalan.

Penerangan jalan trotoar dan jalan raya berbasis fotovoltaik terpadu bangunan (*Bulding Integrated Photovoltaic*, BIPV) adalah sebuah alternatif yang cocok

untuk kota yang semakin hari volume bangunan semakin meningkat yang digunakan sebagai sumber listrik penerangan karena menggunakan sumber energi yang tak terbatas dan gratis dari bumi yaitu energi matahari. Menggunakan Panel Surya yang berfungsi untuk menerima cahaya/sinar matahari dan kemudian diubah menjadi energi listrik melalui proses fotovoltaiik, lalu disimpan di baterai sehingga tidak perlu suplai dari PLN. Secara otomatis akan menyala pada sore hari dan padam pada pagi hari. Sistem penerangan ini dirancang sebagai penyedia cahaya penerangan umum melalui sumber energi terbarukan, berumur ekonomis lama dan ramah lingkungan.

BIPV cocok digunakan untuk jalanan bagian perkotaan maupun yang belum terjangkau oleh listrik PLN, dan juga daerah yang belum memiliki sistem penerangan jalan umum atau jalan perkampungan yang tidak terjangkau oleh PLN.

Penerangan lampu trotoar dan jalan raya berbasis fotovoltaiik terpadu bangunan menggunakan LED efisien dan memiliki daya yang lebih sedikit. Lampu LED ini jenis *high power* sangat terang, tahan lama dan hemat energi. Masa penggunaan Lampu LED ini bisa mencapai 50.000 jam dengan sumber daya DC. Baterai yang dipakai yaitu baterai bebas perawatan (*maintenance free*) jenis VRLA. Dengan menggunakan alat ini, sudah mempunyai sumber energi sendiri tanpa bergantung dengan pihak lain, ramah lingkungan dan hemat BBM. Sistem penerangan ini dapat menjadi sebuah solusi dalam mengatasi kebutuhan penerangan jalan umum baik jalan raya maupun trotoar.

Hal-hal yang perlu di pertimbangkan menggunakan lampu trotoar dan jalan raya berbasis fotovoltaik terpadu bangunan berbasis LED:

- 1) daya tahan modul *solar cell* dan lampu LED
- 2) tidak menggunakan jaringan tenaga listrik
- 3) menggunakan energi terbarukan yaitu energi matahari
- 4) ramah lingkungan

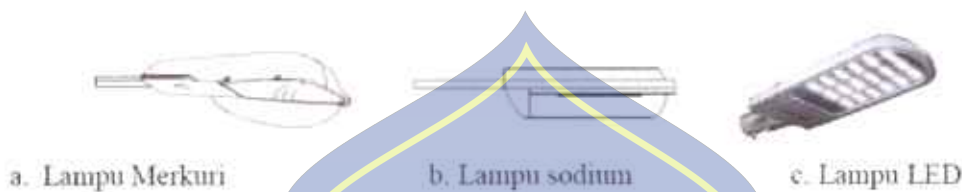
Perencanaan penerangan jalan yang berkaitan dengan hal-hal berikut:

- a) tingkat lalu-lintas, baik kendaraan maupun lingkungan yang berkaitan seperti pejalan kaki, pengayuh sepeda, dll;
- b) geometrik jalan, seperti alinyemen horisontal, alinyemen vertikal, dll;
- c) tekstur perkerasan dan jenis perkerasan yang mempengaruhi pantulan cahaya lampu penerangan;
- d) pemilihan jenis dan kualitas sumber cahaya/lampu, data fotometrik lampu dan lokasi sumber listrik;
- e) tingkat kebutuhan, biaya operasi, biaya pemeliharaan, dan lain-lain, agar perencanaan sistem lampu penerangan efektif dan ekonomis;
- f) rencana yang berkelanjutan berkaitan dengan pengembangan daerah dan pengembangan jalan sekitarnya;
- g) data kerawanan kejahatan dan kecelakaan di lokasi.

Dalam perencanaan sistem penerangan trotoar dan jalan raya haruslah semestinya dengan standar dan ketentuan yang telah berlaku dan ditetapkan oleh

suatu lembaga di daerah tersebut. di Indonesia ketentuan dan standar ini dinamakan SNI (Standar Nasional Indonesia).

Berdasarkan jenis sumber cahaya, lampu penerangan jalan umum dapat pula dibedakan atas tiga macam yaitu lampu merkuri, lampu sodium, dan lampu LED.



Gambar 2.1. Contoh lampu merkuri, sodium, dan LED

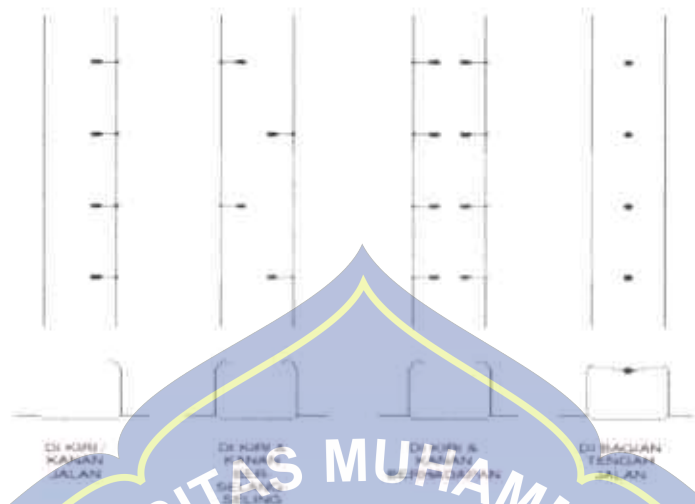
(Sumber: SNI 7391/2008)

Sedangkan tiang merupakan komponen yang digunakan untuk menopang lampu. Dalam hal ini tiang memiliki beberapa jenis sesuai dengan bentuk lengannya (stang ornamen), tiang dapat dibagi menjadi tiga, yaitu lengan tunggal, lengan ganda, dan tanpa lengan.



Gambar 2.2. Beberapa bentuk lengan tiang lampu jalan
(Sumber: SNI 7391, 2008)

Tipikal lampu penerangan jalan berdasarkan pemilihan letak:



Gambar 2.3. Tipikal lampu penerangan pada jalan satu arah
(Sumber: SNI 7391:2008)



Gambar 2.4. Tipikal lampu penerangan pada jalan dua arah
(Sumber: SNI 7391:2008)

Keterangan:

(a) di kiri/kanan jalan

(d) di tengah median jalan

(b) di kiri & kanan berselang-seling

(e) kombinasi

(c) di kiri & kanan berhadapan

(f) katenasi

Untuk menentukan sudut kemiringan stang ornamen, agar titik penerangan mengarah ke tengah-tengah jalan, maka:

$$T = \sqrt{h^2 + c^2}$$

Sehingga:

$$\cos \phi = \frac{h}{T}$$



Gambar 2.5. Penentuan sudut kemiringan stang ornamen terhadap lebar jalan

(Sumber: SNI 7391, 2008)

di mana:

- h : Tinggi tiang
- t : Jarak lampu ke tengah-tengah jalan
- c : Jarak horizontal lampu-tengah jalan
- W1 : Tiang ke ujung lampu
- W2 : Jarak horizontal lampu ke ujung jalan

F. Prinsip kerja penerangan lampu trotoar dan jalan raya menggunakan fotovoltaiik-terpadu bangunan.

Sistem fotovoltaiik menghasilkan energi hanya pada saat modul fotovoltaiik menerima sinar matahari, oleh karena itu sistem fotovoltaiik menggunakan mekanisme penyimpanan energi agar energi listrik selalu tersedia pada waktu tidak menerima sinar matahari (malam hari). Baterai merupakan alat yang digunakan untuk penyimpanan energi listrik yang dihasilkan. Selain untuk media penyimpanan energi listrik, baterai juga digunakan untuk pengaturan sistem tegangan dan sumber arus yang dapat melebihi kemampuan *array photovoltaic*.

Saat siang hari dan panas terik, panel surya akan menerima cahaya matahari sebanyak dan selama mungkin, kemudian mengkonversi cahaya menjadi energi. Energi listrik ini akan disimpan di dalam baterai untuk kemudian menyalakan lampu pada malam hari. Batas waktu menyala berkisar 8-10 jam tergantung seberapa besar kapasitas baterai dan serapan energi matahari.

Lampu tenaga surya ini juga bersifat otomatis, aktif menyala pada sore atau malam hari dan mati ketika pagi hari, ketika sensor cahaya mendeteksi kurangnya

cahaya sekitar lampu otomatis menyala. Sehingga lebih praktis dan tidak membutuhkan operator khusus.

PV modul ini pada saat disinari matahari akan menghasilkan energi listrik dan akan disimpan dalam baterai sehingga dapat dipergunakan untuk memberikan energi ke beban lampu pada malam hari.

Sebelum mendesain fotovoltaiik terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan jalan raya, perlu adanya pertimbangan seperti:

- 1) konsumsi daya rata-rata selama 12 jam.
- 2) konsumsi daya rata-rata pada malam hari (terhitung dari nilainya sinar matahari yang mengenai solar cell).
- 3) konsumsi daya puncak.

Pertimbangan-pertimbangan di atas digunakan sebagai pendukung untuk mengetahui spesifikasi komponen yang akan dipasang pada sistem tersebut, oleh karena itu sangat penting untuk dipertimbangkan dikarenakan salahnya konfigurasi atau pemilihan komponen, yang dapat menyebabkan sistem ini tidak bekerja dengan semestinya (mudah rusak/kurang maksimal). PV modul merupakan peralatan yang mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Merupakan peralatan energi terbarukan (*renewable energy*) yang ramah lingkungan (*clean energy*).



Pada siang hari

Pada malam hari

Gambar 2.6. Prinsip kerja fotovoltaiik terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan jalan raya.

(Sumber: TMLEnergy)

1) Modul surya



Gambar 2.7. Panel atau modul sel surya
(Sumber: www.hemat.co.id)

Komponen utama dari PV yang dapat menghasilkan energi listrik DC disebut panel surya atau modul surya. Panel surya terbuat dari bahan semikonduktor (umumnya silikon) yang apabila disinari oleh cahaya matahari dapat menghasilkan arus listrik.

2) Solar charge controller



Gambar 2.8. Solar charge controller

(Sumber: www.amazon.ca)

Suatu peralatan yang dapat mengatur proses penyimpanan energi dari PV ke baterai serta pemberian energi dari baterai ke beban (lampu) agar baterai tidak mengalami gangguan disebabkan adanya *over charge* ataupun *over discharge*.

- 3) Kotak baterai dan panel kontrol ialah untuk wadah *casing* baterai dan SCC dengan instalasi *wiring*-nya.
- 4) Baterai



Gambar 2.9. Baterai sebagai penyimpan energi listrik

(Sumber: www.wahana-data.com)

Digunakan sebagai penyimpanan energi dari *Solar Array* dan digunakan untuk menyuplai beban (lampu). Lampu penerangan jalan tenaga matahari mempunyai ketinggian tiang yang berbeda-beda, mulai dari 7 m-9 m. Jarak antar tiang juga bervariasi mulai dari 15 m-40 m. Jarak antar tiang tergantung ketinggian tiang, jenis lampu, dan cahaya yang dibutuhkan (*brightness*).

5) Sensor malam



Gambar 2.10. Komponen sensor malam
(Sumber: www.tokopedia.com)

Sensor malam atau LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah salah satu jenis resistor yang nilai hambatannya dipengaruhi oleh cahaya yang diterima olehnya atau suatu bentuk komponen yang mempunyai perubahan resistansi yang besarnya tergantung pada cahaya. Besarnya nilai hambatan pada LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. Contoh penggunaannya adalah pada lampu taman dan lampu di jalan yang bisa menyala di malam hari dan padam di siang hari secara otomatis.

G. Standar penerangan Jalan

Standar tentang pemasangan, jenis, fungsi, dimensi, penempatan/penataan yang digunakan untuk penerangan ruas jalan, jembatan dan terowongan, persimpangan, di daerah perkotaan yang mempunyai klasifikasi fungsi jalan arteri, lokal dan kolektor diatur dalam SNI 7391:2008 tentang spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan.



BAB III

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan model sistem fotovoltaiik-terpadu bangunan untuk penerangan trotoar dan lampu jalan.

A. Waktu dan tempat penelitian

Waktu : Februari-Oktober 2021

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Jalan Sultan Alauddin no. 259 Makassar

B. Bahan untuk model

Tabel 3.1. Bahan yang digunakan untuk model sistem

No	Bahan	Jumlah
1.	Solar panel surya 1 v, 6 w, 200ma	6
2.	Lampu LED	5
3.	Baterai 3000 mAh 3,7 V	2
4.	Sensor cahaya 12 Volt	1
5.	Transistor	3
6.	Resistor	10
7.	Dioda	5
8.	Kapasitor	1
9.	SCR	1
10.	Potensiometer	1
11.	DZ (Dioda zener)	1
12.	Relai	2
13.	Box baterai	1
14.	Papan PCB	Secukupnya
15.	Pipa air	Secukupnya
16.	Triplek	Secukupnya
17.	Kabel jamper/penghubung	Secukupnya
18.	Tali tis	Secukupnya
19.	Stayrofoam	Secukupnya

C. Data dan bahan untuk desain sistem aktual

Data yang diperlukan merupakan data yang diambil dari jalan raya dan trotoar, seperti:

- Gambar dan kondisi lokasi
- Tinggi tiang dan jarak antar tiang
- Jarak antar lampu trotoar dan jalan raya
- Jenis lampu penerangan trotoar dan jalan raya
- Kabel yang digunakan
- Besar energi listrik yang dibutuhkan untuk penerangan trotoar dan jalan umum solar cell

D. Skema Penelitian

Berikut ini adalah skema dari rangkaian kelistrikan pada modul yang digunakan untuk penelitian ini



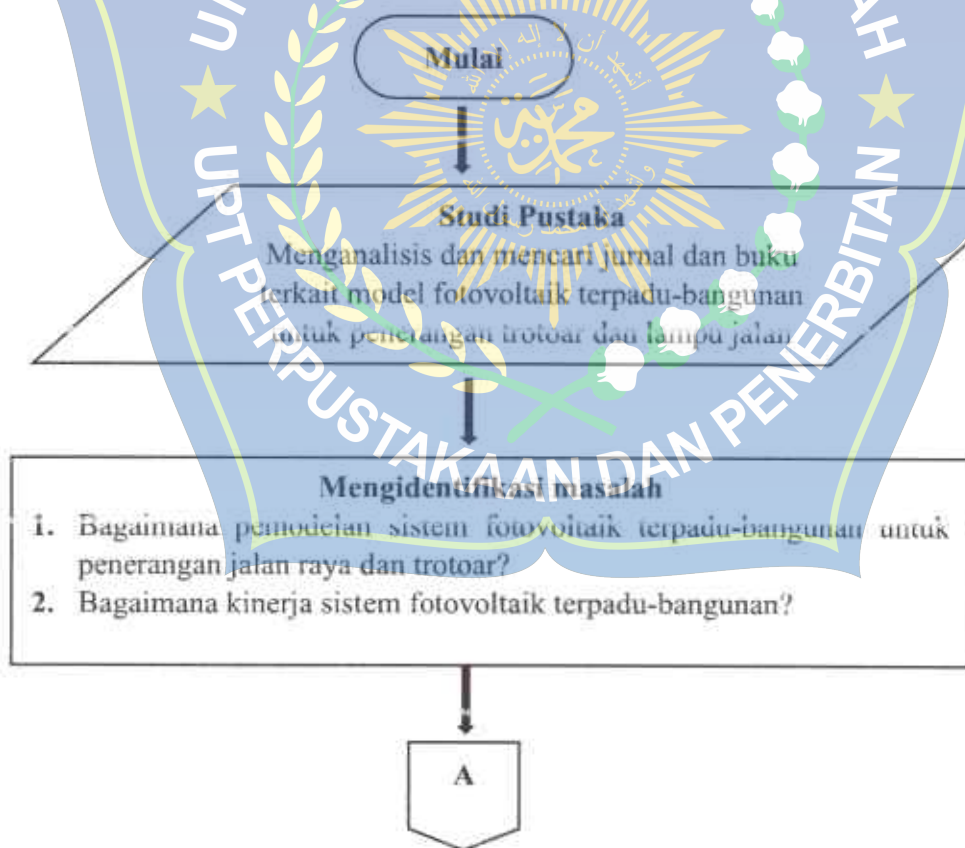
Gambar 3.1. Diagram balok skema penelitian

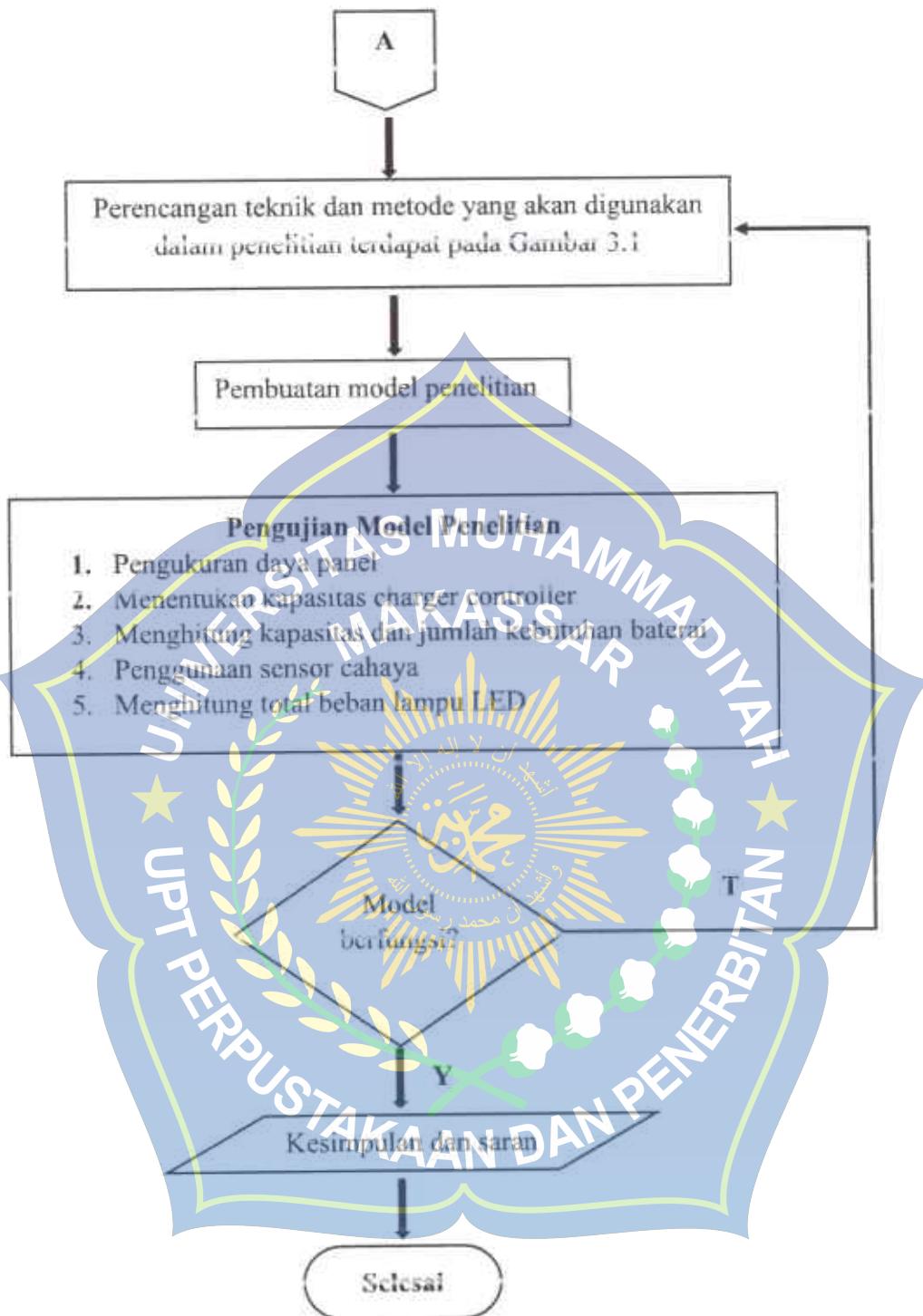
Keterangan konfigurasi dari sistem diagram balok di atas:

Panel surya berfungsi sebagai penghasil energi listrik, energi yang dihasilkan akan melewati *Charger Controller* untuk mengontrol kebutuhan baterai agar tidak jadi *over charging*, setelah dari baterai maka tegangan akan diturunkan untuk memenuhi kebutuhan beban. Setelah mengaktifkan sistem maka sensor cahaya akan mendeteksi intensitas cahaya, jika cahaya berkurang atau gelap maka lampu trotoar dan lampu jalan akan menyala.

E. Langkah penelitian

berikut adalah tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini pada bagan alir:





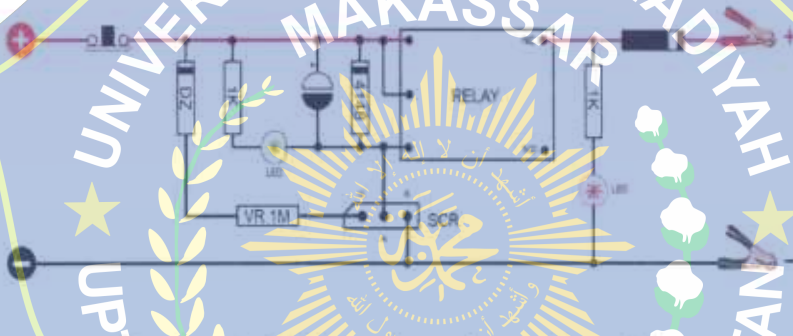
Gambar 3.2. Bagan alir proses penelitian

BAB IV

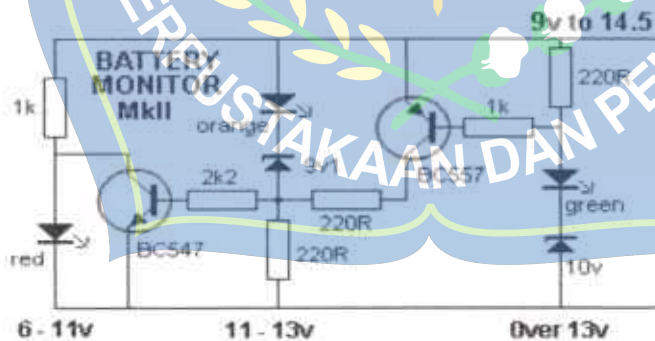
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini tentunya membahas tentang hasil penelitian yang dimulai dari skema sistem, model rangkaian, dan beberapa pengukuran yang berkaitan tentang penelitian maupun penentuan spesifikasi komponen.

A. Model dan pengujian



Gambar 4.1. Skema sistem kontrol pengisian



Gambar 4.2. Skema sistem indikator *level* tegangan



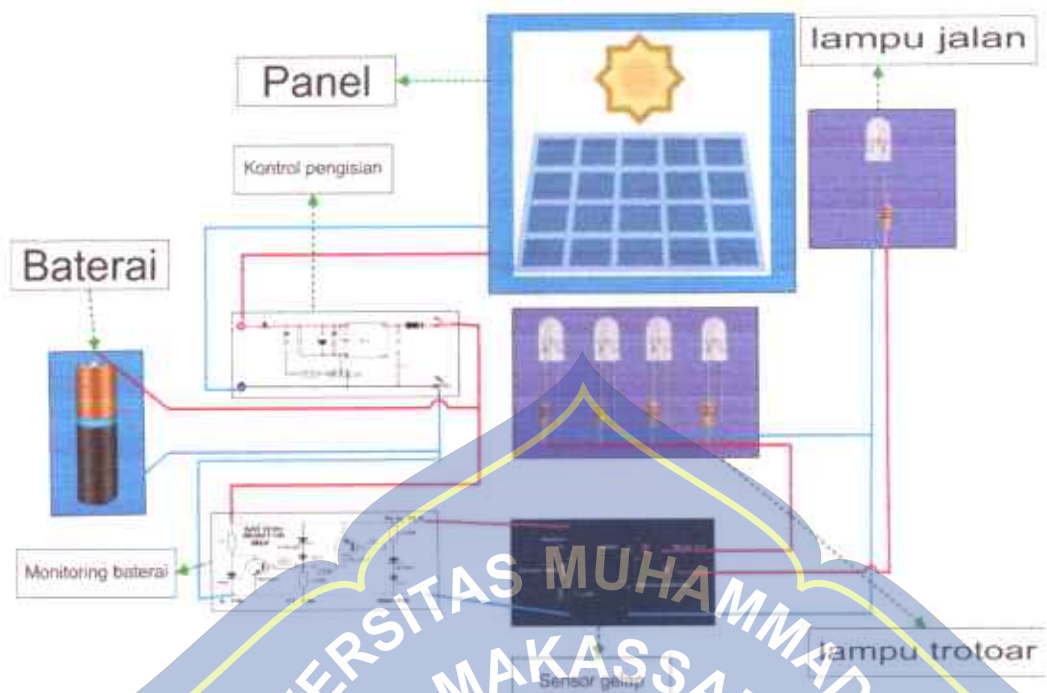
Gambar 4.3. Model sistem kontrol pengisian dan *monitoring* baterai setelah di rakit



Gambar 4.4. Skema rangkaian sensor cahaya



Gambar 4.5. Model rangkaian sensor cahaya setelah di rakit



Gambar 4.6. Model rangkaian sistem fotovoltaik terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan lampu jalan



Gambar 4.7. Model sistem fotovoltaik terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan lampu jalan setelah di rakit

Tabel 4.1. Pengukuran tegangan relai

Keterangan	Pengukuran Ke	Relai		LED	
		No	Nc	ON	OFF
Siang	1	0,064 V	11,13 V	-	✓
	2	0,045 V	11,13 V	-	✓
	3	0,034 V	11,14 V	-	✓
Malam	1	10,95 V	0,049 V	✓	-
	2	10,95 V	0,050 V	✓	-
	3	10,94 V	0,053 V	✓	-

Relai secara umum berfungsi sebagai saklar elektromagnetik yang akan bekerja ketika kumparan dialiri arus listrik. Pada dasarnya relai terdiri dari empat komponen dasar yaitu elektromagnet (*coil*), armature, *switch contact point* (saklar), dan *spring contact point* relai terdiri dari dua jenis yaitu:

1. *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *CLOSE* (tertutup).
2. *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *OPEN* (terbuka).

Nilai radiasi sebelum pengukuran sensor LDR menggunakan skala 20,000 adalah 0,00.

Tabel 4.2. Pengukuran intensitas cahaya

Skala	LED	1	2	3	Nilai rata-rata
20000	ON (pada saat LDR tidak terkena cahaya)	0,45	0,46	0,48	0,46
	OFF (pada saat LDR terkena cahaya)	0,67	0,73	0,77	0,72

Tabel 4.3. Kualitas pencahayaan normal

Jenis/ Klasifikasi jalan	Kuat pencahayaan (Iluminasi)		Luminansi			Batasan silau	
	Erata- rata (Lux)	Kemerataan (Uniformity) g1	Lrata- rata (cd/m2)	Kemerataan (uniformity)		G	TJ (%)
				V2	V1		
Trotoar	1 - 4	0,10	0,10	0,40	0,50	4	20
Jalan lokal: - Primer	2 - 5	0,10	0,50	0,40	0,50	4	20
- Sekunder	2 - 5	1,10	0,50	0,40	0,50	4	20
Jalan arteri: - Primer	11-20	0,14-0,20	1,50	0,40	0,50-0,70	5-6	10-20
- Sekunder	11-20	0,14-0,20	1,50	0,40	0,50-0,70	5-6	10-20

Keterangan:

g1 : E min/E maks

VD : L min/L maks

VI : L min/L rata-rata

G : Silau (glare)

Tj : Batas ambang kesilauan

Lux meter adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengetahui dan mengukur besarnya intensitas cahaya atau tingkat pencahayaan yang terdapat di suatu tempat. Pentingnya pengukuran intensitas cahaya matahari dikarenakan setiap tempat atau lokasi mempunyai pencahayaan yang berbeda-beda, sehingga mempengaruhi kebutuhan pencahayaan ditempat tersebut.

Kompersi nilai lux ke W/m^2

Nilai radiasi:

$$1 \text{ lux} = 0.0079 \text{ W/m}^2 (1 \times 0.0079 = 0.0079)$$

$$1. \text{ Pada kondisi ON: } 0,45 \text{ lux} = 0,45 \times 0,0079 = 0,0035 \text{ W/m}^2$$

$$\text{OFF: } 0,67 \text{ lux} = 0,67 \times 0,0079 = 0,0052 \text{ W/m}^2$$

$$2. \text{ Pada kondisi ON: } 0,46 \text{ lux} = 0,46 \times 0,0079 = 0,0036 \text{ W/m}^2$$

$$\text{OFF: } 0,73 \text{ lux} = 0,73 \times 0,0079 = 0,0057 \text{ W/m}^2$$

$$3. \text{ Pada kondisi ON: } 0,48 \text{ lux} = 0,48 \times 0,0079 = 0,0037 \text{ W/m}^2$$

$$\text{OFF: } 0,77 \text{ lux} = 0,77 \times 0,0079 = 0,0060 \text{ W/m}^2$$

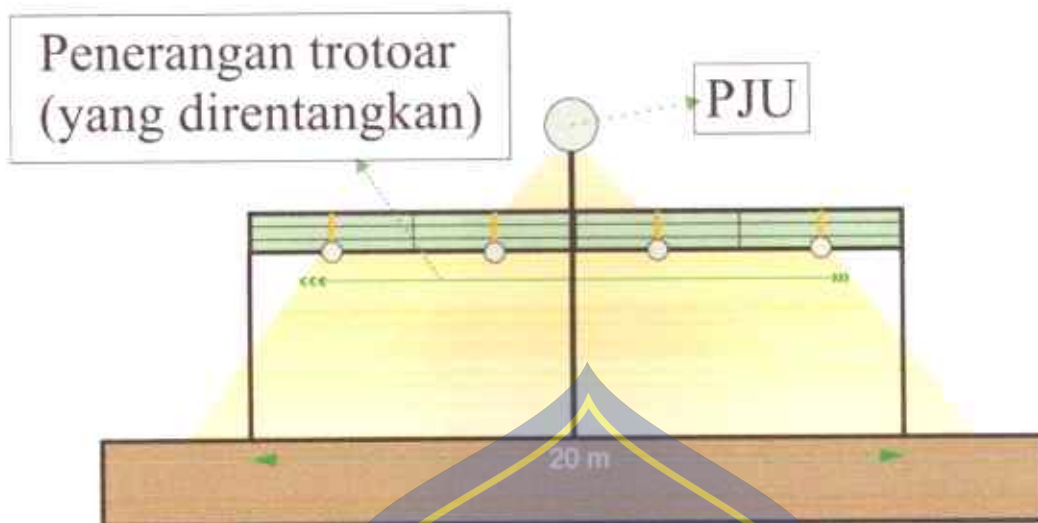
$$4. \text{ Nilai rata-rata ON: } 0,46 \text{ lux} = 0,46 \times 0,0079 = 0,0036 \text{ W/m}^2$$

$$\text{OFF: } 0,72 \text{ lux} = 0,72 \times 0,0079 = 0,0056 \text{ W/m}^2$$

B. Desain sistem aktual

b.1. Objek Aktual

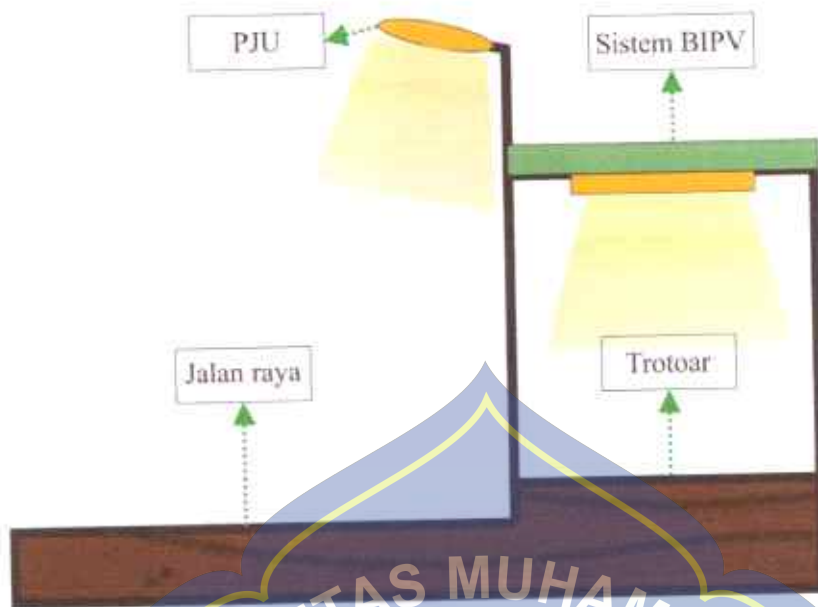
Objek aktual penelitian adalah potongan ruas jalan sepanjang 20 meter, bersamaan dengan trotoar nya. Objek ini mengandung setiang PJU 1 buah 40 W dan 4 buah titik lampu trotoar berdaya 5 W, yang dimaksudkan sebagai penerangan trotoar sepanjang 20 meter. Sketsa objek ditampilkan pada gambar di bawah.



Gambar 4.8. Sketsa objek tampak dari depan



Gambar 4.9. Sketsa objek tampak dari atas



Gambar 4.10 Sketsa objek untuk potongan melintang

b.2. Tiang lampu

Tiang lampu merupakan komponen yang sangat penting dalam perancangan model sistem fotovoltaik terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan jalan raya. Jenis tiang yang digunakan yaitu *octagonal hot dip galvanized* dengan tinggi sebesar 7 meter. Secara umum ketinggian 7 meter adalah standar yang digunakan untuk penerangan taman, parkir, dan lain sebagainya. Demikian pemilihan jenis dan tinggi tiang sudah sesuai dengan pertimbangan titik pemasangan.

Tabel 4.4. Spesifikasi tiang lampu jalan

Uraian	Besaran yang dipilih	Besaran standar
Tiang lampu (h)	7 meter	10-15 meter
Jarak interval antar tiang	40 meter	Minimum 30 meter
Jarak tiang lampu ke tepi jalan	1 meter	Minium 0,7 meter
Jarak dari tepi jalan ke titik penerangan terjauh	13 meter	Minimum lebar badan jalan 12 meter
Jarak inklinasi	250	20 ⁰ -30 ⁰

b.3. Panel surya

Kapasitas panel surya pada rancangan ini adalah 100 Wp jenis *poly* (*Polycrystalline*). Panel surya ini memiliki susunan kristal yang acak, jenis panel ini memiliki luas permukaan yang lebih besar jika dibandingkan dengan monokristalin. Akan tetapi jenis panel surya ini tetap dapat memperoleh energi listrik di berbagai kondisi cuaca bahkan saat mendung sekaligus.

Tabel 4.5. Spesifikasi *solar cell* yang digunakan

Uraian	Spesifikasi
Type	Polycrystalline
Max. Power	100 wp
Garansi	+ 25 tahun
Estetika	Rata-rata berwarna kebiruan
Kebutuhan area	8-9 m ² per 1 kWp

b.4. Lampu

Dalam penelitian jenis lampu yang digunakan ialah lampu LED karena lampu jenis ini memiliki keunggulan tersendiri seperti pada tabel berikut:

Tabel 4.6. Data lumen dan watt pada beberapa jenis lampu

No	Lumen	Lampu pijar	Lampu neon	Lampu LED
1	450	40 watt	9 watt	8 watt
2	800	60 watt	14 watt	13 watt
3	1100	75 watt	19 watt	17 watt
4	1600	100 watt	23 watt	20 watt
	Efisiensi		75 %	80 %

Dari data di atas dapat disimpulkan bahwa lampu LED lebih unggul untuk menghasilkan penerangan sebesar 450 lumen, lampu LED hanya butuh daya listrik 8 watt. Sementara itu lampu neon butuh daya sebesar 9 watt dan lampu pijar butuh 40 watt. Artinya sudah jelas bahwa lampu LED jauh lebih hemat daya.

Untuk kapasitas lampu yang digunakan untuk penerangan trotoar adalah 5 watt, sedangkan untuk lampu jalan sebesar 40 watt. Jenis lampu yang digunakan yaitu LED. Penggunaan lampu LED sebagai solusi penghambat biaya, hal ini dikarenakan lampu ini mengonsumsi energi lebih rendah. Adapun keunggulan lampu LED adalah:

1. Lampu LED lebih tahan lama dibandingkan jenis lampu konvensional lainnya. Lampu ini setidaknya bisa bertahan 2-4 kali lebih lama dari lampu lainnya.

2. Lampu LED menggunakan listrik lebih sedikit dari lampu konvensional lainnya. Banyak studi yang mengatakan bahwa lampu LED dapat mengefisienkan penggunaan energi sebesar 60%-70% lebih baik dari pada jenis lampu lainnya.
3. Lampu LED sangat terkenal adaptif terhadap kondisi cuaca apapun. Lampu LED juga beroperasi pada situasi temperatur berkisaran sangat luas tanpa tingkat degradasi yang signifikan pada lampu.

Tabel 4.7. Spesifikasi lampu LED yang digunakan pada lampu trotoar

Braian	Spesifikasi
Jenis lampu	LED
Type	MS-7505DC
Daya	5 Watt
Tegangan	12 Volt
Arus	0,3 Ampere
Warna Cahaya	Putih
Lumen	450lm

Tabel 4.8. Spesifikasi lampu LED yang digunakan untuk lampu Jalan

Uraian	Spesifikasi
Jenis lampu	LED
Type	Osram lendenvo
Daya	30 Watt
Tegangan	12 Volt
Warna Cahaya	Putih
Lumen	4400ml

b.5. Baterai

Adapun baterai yang digunakan memiliki tegangan 12 volt 18 Ah. Syarat baterai bekerja secara normal adalah, arus tersimpan di baterai tidak boleh terkuras lebih dari 25%, sehingga DOD (*deep of discharge*) = $100\% - 25\% = 75\%$ kapasitas nominal.

Tabel 4.9. Spesifikasi baterai yang digunakan

Uraian	Spesifikasi
Type	SMT-POWER battery
Jenis	SMT121B
Tegangan	12 Volt
Kapasitas arus	18 Ah

b.6. Solar charger controller

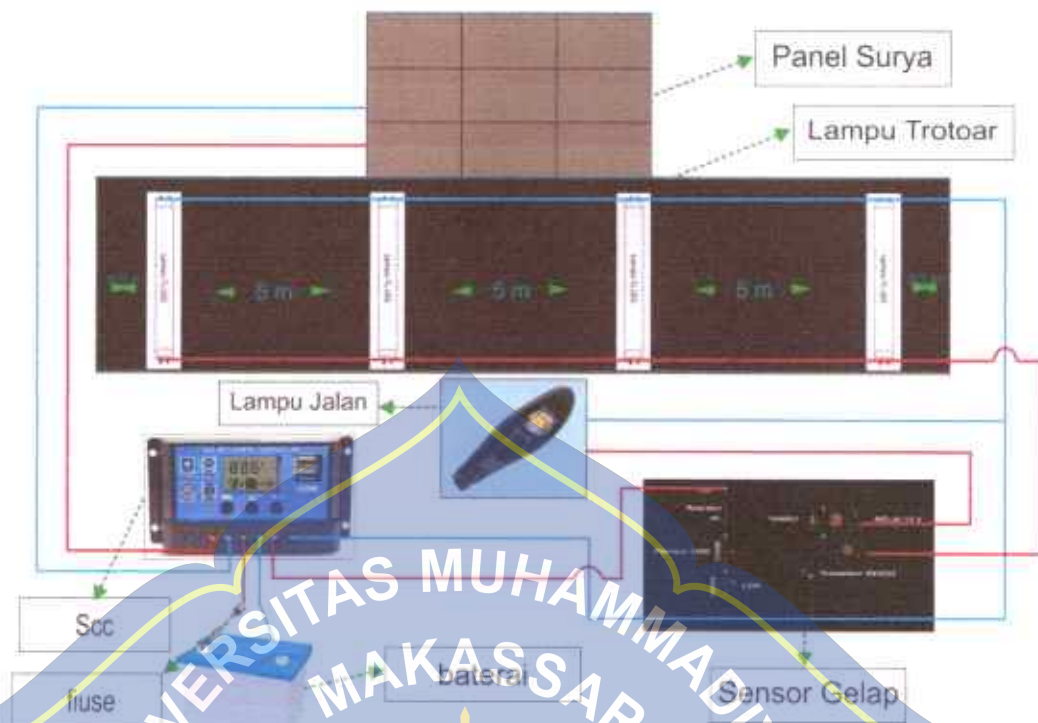
Adapun spesifikasi *solar charger controller* yang digunakan pada sistem aktual dengan tegangan 12-24 volt dan kapasitas arus 18 Ah.

Tabel 4.10. Spesifikasi *solar charger controller*

Uraian	Spesifikasi
Type	MPPT XTRA 4210N-XDS2
Tegangan nominal	12 Volt/24 Volt
Tegangan beban putus	11-12,02 Volt
Tegangan reconek	12,8 Volt
Arus	40 Ampere

Tabel 4.11. Data komponen utama yang digunakan untuk desain sistem aktual

No	Bahan	Keterangan
1.	Panel surya	100 WP
2.	SCC (<i>solar charger controller</i>)	12-24 V, 40 ampere
3.	Baterai	12 V, 18 Ah
4.	LED untuk lampu trotoar	5 Watt, 12 Volt
5.	LED untuk lampu jalan	40 Watt
6.	Sensor cahaya	12 Volt



Gambar 4.11. Rancangan model sistem BIPV terpadu-bangunan untuk penerangan trotoar dan jalan raya

Berikut penjelasan tentang rancangan dan kinerja:

Pada siang hari, sinar matahari dikonversi menjadi arus listrik oleh panel surya. Arus listrik tersebut dialirkan ke baterai melalui SCC (*Solar charger controller*) sebagai regulator arus dan menjaga agar tidak terjadi *over discharge* pada baterai. Kemudian rangkaian sensor cahaya menerima arus listrik dari baterai, pada saat sensor cahaya dalam keadaan disinari matahari lampu akan mati begitupun sebaliknya ketika tidak disinari matahari lampu akan menyala secara otomatis dengan mengambil energi listrik yang disimpan pada baterai ketika siang hari. Arus listrik dari baterai ke lampu mengalir melalui SCC dan rangkaian sensor cahaya agar arus listrik tetap stabil.

Data desain:

1. Spesifikasi beban yang digunakan

Diketahui:

Lampu trotoar : 4 buah, 5 Watt

Lampu jalan : 1 buah, 40 Watt

$$\begin{aligned}\text{Total beban} &= (4 \times 5) + 40 \text{ Watt} \\ &= 20 + 40 \text{ Watt} \\ &= 60 \text{ Watt}\end{aligned}$$

2. Energi yang dibutuhkan

Waktu lampu menyala: 12 jam

$$\begin{aligned}\text{Energi} &= \text{Total beban} \times \text{waktu lampu menyala} \\ &= 60 \text{ watt} \times 12 \text{ jam} \\ &= 720 \text{ Wh}\end{aligned}$$

Total energi yang dibutuhkan dengan memperhitungkan hari otonom untuk sistem PLTS tanpa PLN, dengan demikian diambil hari otonom: 5 hari, oleh karena itu diperoleh energi total sebagai berikut:

$$\begin{aligned}E_{\text{total}} &= \text{Energi-harian} \times \text{hari otonom} \\ &= 720 \text{ Wh} \times 5 \\ &= 3.600 \text{ Wh}\end{aligned}$$

3. Deep of discharge (DOD)

Syarat baterai bekerja secara normal adalah, arus tersimpan di baterai tidak boleh terkuras lebih dari 25%, sehingga DOD (*Deep of discharge*) = 100% - 25% = 75% kapasitas nominal.

Untuk susunan baterai

a) Spesifikasi kapasitas nominal baterai = 12 volt dan 18 Ah

$$= 12 \text{ V} \times 18 \text{ Ah}$$

$$= 216 \text{ Wh}$$

b) Spesifikasi kapasitas *real* baterai

Kapasitas *real* baterai

$$= \text{kapasitas nominal} \times \text{DOD}$$

$$= 216 \times 75\%$$

$$= 216 \times 0,75$$

$$= 162 \text{ Wh}$$

Jumlah baterai yang digunakan dalam kapasitas aktual baterai:

$$= \frac{E_{\text{total}}}{\text{Kapasitas real baterai}}$$

$$= \frac{3,600 \text{ Wh}}{162 \text{ Wh}}$$

$$= 22,22 \approx 23$$

Jadi jumlah baterai yang dibutuhkan jika susunan baterai menggunakan hubungan paralel untuk tegangan sistem 12 V adalah = 23 baterai.

4. Ukuran panel

t_{insolasi} : 4,8 jam

daya nominal Panel : 100 Wp

Daya *real* panel = daya nominal x faktor reduksi daya

$$= 100 \text{ w} \times 0,75$$

$$= 75 \text{ Watt}$$

Daya-total panel yang dibutuhkan = $\frac{E_{\text{total}}}{\text{Waktu insolasi rata-rata minimum}}$

$$= \frac{3.600 \text{ Wh}}{4,8 \text{ jam}}$$

$$= 750 \text{ Watt}$$

Jumlah panel yang dibutuhkan

$$\frac{\text{daya-total-panel}}{\text{daya-nominal-panel}}$$

$$= \frac{750 \text{ watt}}{100 \text{ Wp}}$$

$$= 7,5 \approx 8$$

Jadi jumlah panel yang dibutuhkan jika susunan modul surya menggunakan hubungan paralel untuk tegangan sistem 12 V adalah = 8 buah.

5. Kabel Distribusi

1. Penentuan panjang penghantar:

$$\begin{aligned} L &= 22 \text{ m} + 10\% \\ &= 24,2 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Jatuh tegangan

Kabel yang digunakan adalah kabel NYM dengan luas penampang 2 x 1,5 mm, karena luas penampang satuannya m² maka diperoleh hasil 0,000003 m². Untuk menentukan hambatan penghantar, dimana nilai hambatan jenis tembaga yang digunakan adalah 0,0000000172 Ωm dan L adalah panjang kabel penghantar, maka untuk menentukan hambatan penghantar dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

$$R = 0,0000000172 \times \frac{24,2}{0,000003}$$

$$R = 0,14 \Omega$$

Untuk menghitung kerugian tegangan (*Drop Voltage*) pada instalasi 2 phase dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\Delta V = I \cdot R \cdot \cos \phi$$

$$\Delta V = 5 \times 0,14 \times 0,80$$

$$\Delta V = 0,56 \text{ volt}$$

Jadi jatuh tegangan (*Drop voltage*) adalah 0,56 volt.

6. Kelebihan dan kekurangan sistem fotovoltaiik terpadu bangunan untuk penerangan trotoar dan jalan raya

a. Kelebihan: model sistem ini dirancang mampu menyalakan lampu selama lima hari dengan satu hari pengisian, selain itu dapat melindungi pengguna trotoar dari panas matahari maupun hujan dan tentunya sebagai penerangan trotoar.

b. Kekurangan: dalam segi anggaran model sistem ini terbilang tinggi dikarenakan alat dan bahan untuk model sistem tentunya mahal di pasaran, terlebih lagi kapasitas dan daya yang dibutuhkan tinggi tentunya berpengaruh pada biaya yang dibutuhkan.



BAB V

PENUTUP

A. KESIMPULAN

Atas dasar penjelasan diatas mengenai tugas akhir, maka dapat dirumuskan kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah didesain model sistem fotovoltaik terpadu-bangunan (*Bulding integrated photovoltaic*) untuk penerangan trotoar dan lampu Jalan, dengan komponen utama: panel 6 W, *charger* 2 A, baterai 3000 mA, beserta sensor cahaya. Pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik menyalakan lampu di malam hari dan juga mematikannya di siang hari.
2. Desain sistem aktual model sistem fotovoltaik terpadu-bangunan (*Bulding integrated photovoltaic*) untuk penerangan trotoar dan lampu Jalan dengan daya lampu PJU 40 W sebanyak 1 buah, serta 4 buah lampu trotoar dengan daya 5 W, membutuhkan daya panel kurang lebih 800 Wp dengan total jumlah panel yang dibutuhkan yaitu 8 panel, serta nominal baterai 12 V 18 Ah sebanyak 23 buah.

B. SARAN

Kami menyadari bahwa model sistem fotovoltaik terpadu-bangunan (*Bulding integrated photovoltaic*) untuk penerangan trotoar dan lampu jalan yang kami buat ini belum sempurna, sehingga pengembangan dan riset

dapat terus dilakukan guna mewujudkan sistem yang lebih baik, kompleks, dan memiliki kemampuan yang lebih.



DAFTAR PUSTAKA

- Alsayid, B. A., Alsadi, S.Y., Jallad, J. S., & Dradi, M. H. (2013). Partial Shading of PV System Simulation with Experimental Results. *Scientific Reasearch*, 429-435.
- Anwar, I.R. Ery, D. Sony, H. M. (2016). Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP. *Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*.
- Baharuddin. (2016). Prospek Desain dan Simulasi Bangunan Gedung Hemat Energi di Daerah Tropis. Makassar: Hasanuddin University Press.
- Hasnawiya Hasan. (2012) Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Saugi. *Jurnal Riset dan Teknologi Kelautan (JRTK)* Volume 10, Nomor 2.
- Hidayat, Ismail, (2010). Perancangan penerangan jalan umum tenaga surya (solar cell) untuk alternatif penerangan kampus Universitas Muhammadiyah Makassar.
- https://www.amazon.ca/ALLPOWERS-Controller-Battery-Intelligent-Regulator/dp/B01MU0WMGT/ref=sr_1_9?crid=2S15IT2H2IONH&keywords=solar+charger+control&qid=1641133626&srefix=solar+charger+con%2Caps%2C517&sr=8-9.di akses pada tanggal 30 november 2021.
- <https://wahana-data.com/shop/jual-grosir-supplier-ops-komputer-phoenix-cctv-absensi-fingerprint-harga-spesifikasi-review-wahana-data/jual-grosir-distributor-supplier-baterai-ops-komputer-aki-kering-vrla-harga-spesifikasi-review-wahana-data/jual-baterai-aki-kering-ops-vrla-accu-battery-supreme-12v-72a-double-power/>.di akses pada tanggal 30 november 2021.
- <https://www.hemat.co.id/manfaat-penggunaan-panel-surya/>.di akses pada tanggal 30 november 2021
- <https://www.tokopedia.com/amatek1/saklar-lampu-otomatis-ac-220v-siang-malam-sensor-cahaya-ait-fitting?whid=0>.di akses pada tanggal 30 november

2021.

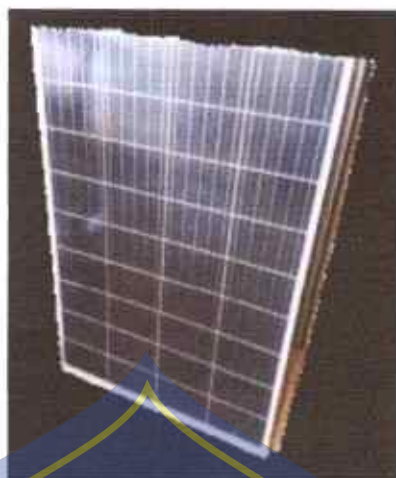
- Imran, N. Z. (2018). Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Perumahan D'Anugrah Regency di Kota Pekanbaru. Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Jamaluddin, M. (2017). Desain *Building Integrated Photovoltaic System* pada Bangunan Foodcourt di Wilayah Surabaya.
- Nguyen, X. H. (2015). Matlab/Simulink Based Modeling to Study Effect of Partial Shadow on Solar Photovoltaic Array. *Environmental System Research*, 4,20.
- Pretham Goli, W. S. (2015). Control and Management of PV Integrated Charging Facilities for PEVs. *Springer*, 23-52.
- Rajitha Reddy, A. V. (2015). Design and Implementation of Maximum Power Point Tracking Using Fuzzy Logic Controller for Photovoltaic for Cloudy Weather Conditions. *IJRREE*, II(2), 130-135.
- SNI, 7391 (2008). Spesifikasi penerangan jalan di kawasan perkotaan. TMLEnergy.com
- Upadhyay, P., Kumar, V., & Variagi, B. D. (2014). Fuzzy Logic Based Maximum Power Point Tracking System for Solar Energy Conversion System. *IJERT*, III(7), 1436-1441.
- Widayana, G. (2020). Pemanfaatan Energi Surya. *Jurnal pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 9/1, 37-46.
- Widodo, Djoko Adi, Suryono, Tatyantoro A, (2010), Pemberdayaan Energi Matahari Sebagai Energi Listrik Lampu Pengatur lalu Lintas, *Jurnal Teknik Elektro*, 2(2): 133-138.

LAMPIRAN



Lampiran 1. Proses perakitan

Lampiran 2. Model alat setelah di rakit dan lampiran proses pengukuran intensitas cahaya



Spesifikasi

Max. Power (Pmax)
 Max. Power Voltage (Vmp)
 Max. Power Current (Imp)
 Open Circuit Voltage (Voc)
 Short Circuit Current (Isc)
 Nominal Operating Cell Temp (NOCT)
 Max. System Voltage
 Max. Series Fuse
 Weight
 Dimension

Keterangan

100W
 17,5V
 5,71A
 21V
 6,4A
 45±2°C
 1000V
 16A
 7,55Kg
 1085 x 675 x 25 mm

Lampiran 3. Spesifikasi panel surya



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN

Alamat kantor: Jl. Sultan Alauddin No 259 Makassar 90221 Telp (0411) 866972, 881593, Fax (0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:

Nama : A. Dewi Mustika Sari / Ririn Almuqtadir

NIM : 105821106817 / 105821106717

Program Studi : Teknik Elektro

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	10%	10 %
2	Bab 2	22%	25 %
3	Bab 3	10%	10 %
4	Bab 4	0%	10 %
5	Bab 5	0%	5%

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 17 Januari 2022

Mengenalui

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,


Nursinah, S.Hum, M.I.P.
NIM. 964 591