

**RANCANG BANGUN PEMANFAATAN PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK KEBUTUHAN
ENERGI LISTRIK GAZEBO OBJEK WISATA BENTENG
ALLA' KABUPATEN ENREKANG**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan diploma tiga
(D-3) program studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

FIQI ALFIANSYAH PAEMBOAN 342 19 029

NURUL AULIA MAHARANI 342 19 036

PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG


2022

HALAMAN PENGESAHAN

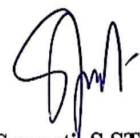
Laporan Tugas Akhir dengan judul ” Rancang Bangun Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Kebutuhan Energi Listrik Gazebo Objek Wisata Benteng Alla’ Kabupaten Enrekang.” oleh Fiqi Alfiansyah Paemobonan NIM 34219036 dan Nurul Aulia Maharani NIM 34219036 telah di terima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar diploma tiga (D-3) pada program studi D3 Teknik Konversi Energi jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2022

Pembimbing I


Yivin Klistafani, S.T., M.T.
NIP.19900517 201504 001

Pembimbing II


Sri Suwasti, S.ST., M.T.
NIP.19741123 200112 2 001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi D3 Teknik Konversi Energi
Politeknik Negeri Ujung Pandang



Sri Suwasti, S.ST., M.T.
NIP. 19741123 2002112 2 001

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, tanggal September 2022, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima dengan baik laporan tugas akhir oleh mahasiswa Fiqi Alfiansyah Paembonan NIM 34219029 dan Nurul Aulia Maharani NIM 34219036 dengan judul “ **Rancang Bangun Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Untuk Kebutuhan Energi Listrik Gazebo Objek Wisata Benteng Alla’ Kabupaten Enrekang.**”

Makassar, September 2022

Tim Penguji Seminar Hasil Tugas Akhir:

- | | | |
|----------------------------------|-------------|---------|
| 1. Sonong, S.T., M.T. | Ketua | (.....) |
| 2. Apollo, S.T., M.Eng.. | Sekretaris | (.....) |
| 3. Dr. Jumadi Tangko, M.Pd. | Anggota I | (.....) |
| 4. Muh. Yusuf Yunus, S.ST., M.T. | Anggota II | (.....) |
| 5. Yiyin Klistafani, S.T., M.T. | Pengarah I | (.....) |
| 6. Sri Suwasti, S.T., M.T. | Pengarah II | (.....) |

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT. Atas limpahan rahmat, ridha dan karunia-Nya Laporan Tugas Akhir yang berjudul **”RANCANG BANGUN PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK GAZEBO OBJEK WISATA BENTENG ALLA’ KABUPATEN ENREKANG”**.

Selama penulisan Laporan Tugas Akhir ini, banyak hal yang penulis banyak mendapat saran, dorongan dukungan serta keterangan-keterangan dari berbagai pihak yang merupakan pengalaman yang tidak dapat di ukur secara materi. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak atas bimbingan, perhatian dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis, antara lain:

1. Kedua Orang Tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan dan do’anya.
2. Bapak Prof. Ir.Muhammad Ansar, M.Si.,Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibu Sri Suwasti, S.ST.,M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Konversi Energi.
5. Ibu Yiyin Klistafani, S.T.,M.T selaku Dosen Pengarah Utama dan Ibu Sri Suwasti, S.T.,M.T. selaku Dosen Pengarah Pembimbing.

6. Gusri Emiyati Ali, S.Pd.,M.Pd. selaku Wali Kelas 3B D-3 Teknik Konversi Energi.
7. Segenap dosen Jurusan Teknik Mesin pada umumnya dan Program Studi Teknik Konversi Energi pada khususnya yang selama kurun waktu 3 tahun dengan ikhlas dan penuh kerelaan hati telah mendidik dan mengajar kami, serta para staf dan teknisi Program Studi Teknik Konversi Energi.
8. Seluruh teman-teman seperjuangan D-3 Teknik Konversi Energi untuk kerjasama yang telah dilakukan dalam melewati proses pembelajaran selama tiga tahun di Politeknik Negeri Ujung Pandang.
9. Ucapan terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada keluarga besar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh.

Makassar, September 2022

Penulis

DAFTAR ISI

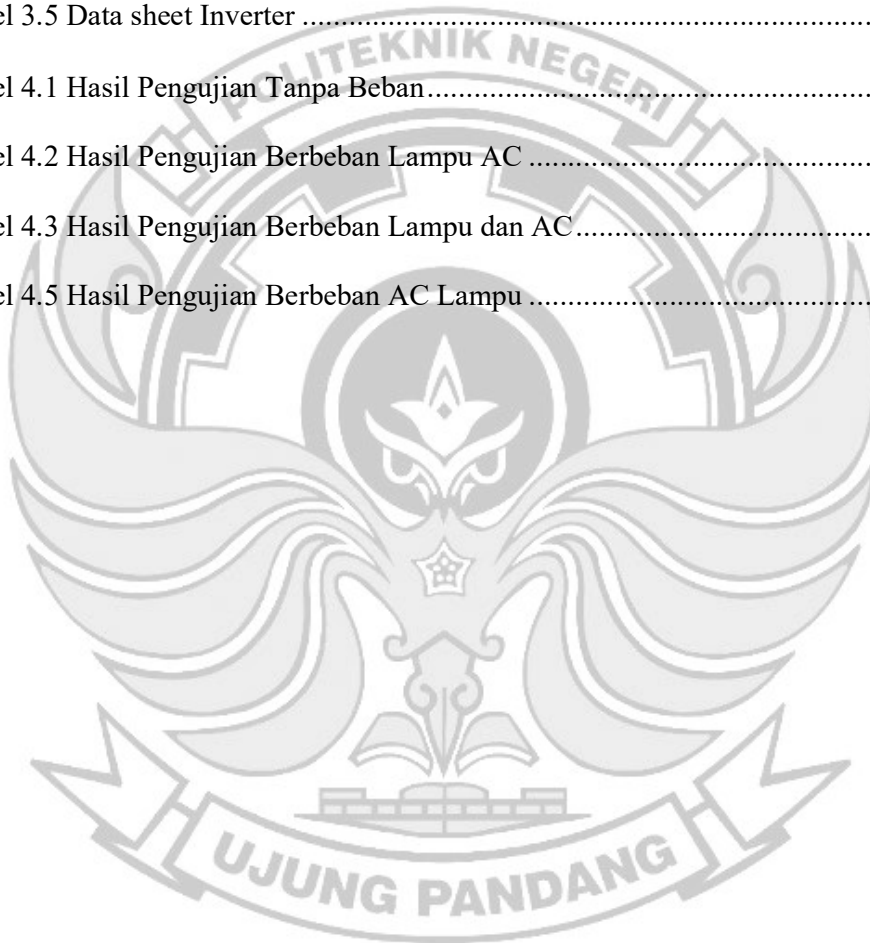
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PENERIMAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
SURAT PERNYATAAN	xii
RINGKASAN	xiv
BAB 1_ PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan	5
1.4 Tujuan Dan Manfaat Kegiatan	5
1.4.1 Tujuan Kegiatan	5
1.4.2 Manfaat Kegiatan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Matahari	7
2.2 Panel Surya	7

2.2.1 Prinsip kerja sel surya	8
2.3 Perpindahan Panas	13
2.3.1 Konduksi	13
2.3.2 Konveksi	13
2.3.3 Radiasi	14
2.4 Baterai	15
2.5 Solar charger Controller	16
2.6 Photocell	17
BAB III METODE KEGIATAN	18
3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan	18
3.2 Studi Awal	18
3.2.2 Objek Wisata Benteng Alla'	18
3.3 Alat dan Bahan	19
3.3.1 Alat	19
3.3.2 Bahan	19
3.4 Posedur Pembuatan Benda Uji	20
3.4.1 Studi Literatur	20
3.5 Dasar Perancangan	20
3.6 Menghitung Total Energi	20
3.6.1 Menentukan Jumlah Panel Surya	21
3.6.2 Menentukan Spesifikasi Jenis <i>Solar Charger Controller</i>	22
3.6.3 Menentukan Jumlah dan Spesifikasi Aki	23

3.6.4	Menentukan Spesifikasi Inverter	24
3.7	Tahap Perancangan.....	25
3.8	Posedur Pembuatan Benda Uji	25
3.8.1	Studi Literatur.....	25
3.9	Pembuatan dan Perakitan	29
3.10	Prosedur Pengujian	29
3.11	Teknik Analisis Data	30
3.12	Diagram Alir	32
BAB IV	HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN.....	33
4.1	Hasil Rancang Bangun Pemanfaatan PLTS Untuk Kebutuhan Energi Listrik Objek Wisata Benteng Alla Kabupaten Enrekang	33
4.1.1	Rangkaian PLTS.....	34
4.1.2	Sistem Kelistrikan.....	34
4.1.3	Hasil Pengujian Alat.....	36
4.2	Deskripsi Hasil Kegiatan	47
4.3	Deskripsi Grafis.....	49
BAB V	PENUTUP	51
5.1	KESIMPULAN	51
5.2	SARAN.....	51
DAFTAR	PUSTAKA	52

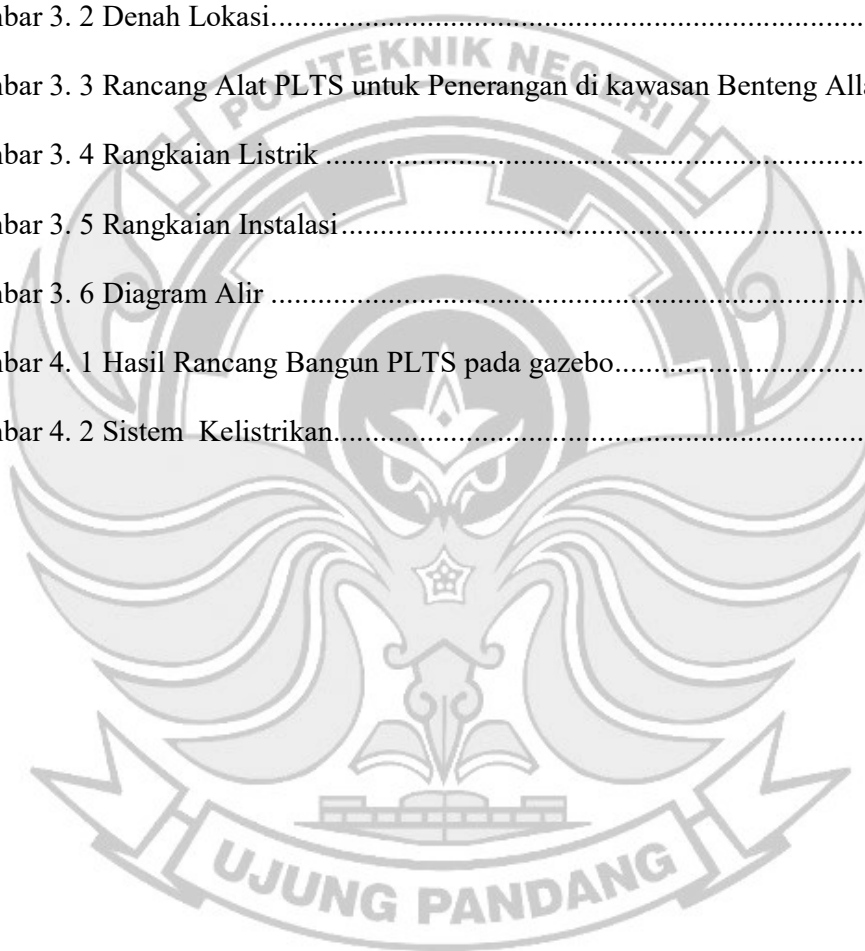
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perhitungan Kebutuhan Energi.....	21
Tabel 3.2 Data sheet panel surya.....	22
Tabel 3.3 Data Sheet <i>Solar Charger Controller</i>	23
Tabel 3.4 Data sheet Aki.....	24
Tabel 3.5 Data sheet Inverter	25
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Tanpa Beban.....	36
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Berbeban Lampu AC	41
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berbeban Lampu dan AC.....	43
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berbeban AC Lampu	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip kerja Sel Surya.....	10
Gambar 2. 2 Accumulator / Batteray.....	16
Gambar 2. 3 Solar Charger Controller.....	17
Gambar 3. 1 Letak Gazebo di Objek Wisata Benteng Alla	19
Gambar 3. 2 Denah Lokasi.....	26
Gambar 3. 3 Rancang Alat PLTS untuk Penerangan di kawasan Benteng Alla' ..	27
Gambar 3. 4 Rangkaian Listrik	28
Gambar 3. 5 Rangkaian Instalasi.....	29
Gambar 3. 6 Diagram Alir	32
Gambar 4. 1 Hasil Rancang Bangun PLTS pada gazebo.....	34
Gambar 4. 2 Sistem Kelistrikan.....	35



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Satuan	Keterangan
I_r	W/m^2	Intensitas matahari
V	Volt	Tegangan
I	Ampere	Arus
T	$^{\circ}C$	Temperatur
A	m^2	Luas Penampang
P_{in}	Watt	Daya input sel surya
P_{out}	Watt	Daya output panel surya
η	%	Efisiensi sel surya
Δt	$^{\circ}C$	Perubahan Temperatur

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian.....	56
Lampiran 2 Dokumentasi Lokasi Objek Wisata Benteng Alla	57
Lampiran 4 Dokumentasi Kegiatan.....	58



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Fiqi Alfiansyah Paembonan

NIM : 34219029

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Kebutuhan Energi Listrik Gazebo Objek Wisata Benteng Alla’ Kabupten Enrekang” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2022

Fiqi Alfiansyah Paembonan

NIM: 34219029

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurul Aulia Maharani

NIM : 34219036

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Kebutuhan Energi Listrik Gazebo Objek Wisata Benteng Alla’ Kabupten Enrekang” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, September 2022

Nurul Aulia Maharani

NIM 34219036

**RANCANG BANGUN PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK
TENAGA SURYA (PLTS) UNTUK KEBUTUHAN ENERGI LISTRIK
GAZEBO OBJEK WISATA BENTENG ALLA' KABUPATEN
ENREKANG
RINGKASAN**

Krisis energi listrik merupakan salah satu persoalan besar yang di hadapi oleh negara Indonesia. Peningkatan kebutuhan daya listrik tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas pembangkit mengakibatkan defisit energi listrik. Di daerah kawasan wisata Benteng Alla, Desa Benteng Alla Utara, Kecamatan Boroko, Kabupaten Enrekang mengalami kendala di bagian penerangan. Salah satu faktor yang mempengaruhi kendala tersebut yaitu karena jauhnya kawasan wisata Benteng Alla dari pemukiman masyarakat letaknya yang berada di ketinggian 1200-1300 Mdpl, Dimana sumber listrik satu-satunya berasal dari pemukiman tersebut. Sehingga tidak memungkinkan untuk menyalurkan listrik ke kawasan tersebut.

Yang menjadi tujuan di kegiatan kami yaitu mengetahui desain konstruksi PLTS untuk penerangan objek wisata Benteng Alla' dan mengetahui kinerja PLTS untuk penerangan objek wisata Benteng Allla.

Rancangan Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk melengkapi Gazebo sudah selesai dibuat dengan bahan besi hollow dan besi serba guna.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi listrik merupakan salah satu persoalan besar yang di hadapi oleh negara Indonesia. Peningkatan kebutuhan daya listrik tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas pembangkit mengakibatkan defisit energi listrik. Selain itu masih banyak daerah-daerah terpencil belum tersentuh listrik. Pada dasarnya daerah terpencil tersebut menyimpan potensi alam yang banyak, seperti air, angin dan cahaya matahari yang dapat di manfaatkann untuk membangkitkan listrik. Energi alternatif merupakan salah satu solusi tepat dalam pemenuhan energi listrik yang bersumber dari bahan bakar fosil karena dipandang energi terbarukan dan ramah lingkungan (Baharuddin, 2021).

Sumber energi baru dan terbarukan dimasa mendatang akan semakin mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit – ppembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang cadangannya semakin lama semakin menipis. Dalam mengatasi kelangkaan bahan baku energi dari minyak bumi maka memerlukan sumber energi alternatif yang dapat digunakan yaitu tenaga surya (Ramadhan dkk, 2016).

Teknologi sel surya pada umumnya dapat diterapkan secara langsung dengan menggunakan perangkat modul (panel) sel surya dan energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi penggunaannya. Penerapan teknologi surya dibidang penerangan adalah sel surya sebagai sumber energi untuk lampu seperti pada instalasi rumah, lampu-lampu taman, penerangan rumah nelayan ataupun pada penerangan di kawasan objek wisata. Tenaga surya memiliki beberapa keuntungan antara lain energinya tersedia secara cuma - cuma, perawatannya mudah dan tidak ada komponen yang bergerak sehingga tidak menimbulkan suara/kebisingan serta mampu bekerja secara otomatis.

Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah pembangkit listrik dengan memanfaatkan sinar matahari dengan menggunakan “*Photovoltaic cell* atau solar sell” energi tersebut yang diubah menjadi energi listrik. Unsur utama yang memungkinkan diperolehnya energi listrik dari cahaya matahari secara langsung adalah sel surya, energi *Photovoltaic* (PV) merupakan sumber tenaga listrik yang sesuai untuk berbagai penggunaan yang memerlukan listrik yang relatif terbatas. Suatu PLTS memiliki komponen utama yaitu panel surya (*fotovoltaic*), BCR (*Batterai Charger Controller*), Inverter, dan Batterai/ACCU (Sukandarrumidi dkk, 2013).

Penggunaan panel surya yang terpasang pada umumnya kebanyakan masih bersifat statis yang menyebabkan penerimaan matahari tidak optimal, tetapi semakin hari perkembangan panel surya semakin baik dengan adanya sistem solar tracking yang berguna untuk meningkatkan penangkapan

intensitas cahaya matahari dengan cara mengikuti arah sinar matahari. Semakin besar intensitas cahaya matahari yang ditangkap oleh panel surya, maka semakin besar daya listrik yang dihasilkan. Salah satu cara dalam menerapkan hemat energi adalah dengan memakai pembangkit listrik tenaga surya.

Salah satu dari sekian banyak konsep untuk pembangkit listrik tenaga surya adalah pemanfaatan energi surya pada perahu nelayan dengan penyediaan listrik kontinu untuk operasinya menggunakan metode eksperimental dan metode deskriptif dan hasil perancangan PLTS pada perahu nelayan berkapasitas 20 Gross Tonnage dengan total kebutuhan daya listrik perharinya sebesar 3.810Wh memerlukan panel surya tipe monocrystalline dengan daya 100 Wp sebanyak 9 buah. Adapun komponen pendukung PLTS yaitu Solar Charge Controller 20A, baterai/aki, 12V 100Ah dan Inverter 500 Watt. Berdasarkan hasil perhitungan aspek biaya diperoleh investasi awal dari PLTS sebesar Rp. 15.770.000 dengan lama waktu Pay Back Period selama 13 bulan (Islam, 2020). Novendita melakukan penelitian sistem *Hybrid* dimana hasil yang diperoleh rangkaian tenaga listrik yang terbuat oleh panel surya akan mengalirkan arus serta sebagian daya akan disimpan dalam baterai supaya dapat digunakan pada malam hari atau saat suplai dari PLN mati (Novendita, 2021). Kemudian Barokah menggunakan PLTS sebagai energi cadangan saat pemadaman PLN pada laboratorium dengan menggunakan ATS (*Automatic Transfer Switch*) yang berfungsi menyalakan dan mematikan genset secara otomatis dan hasil pengukuran

didapatkan peningkatan intensitas cahaya matahari pada jam 12:00 WIB sebesar $1310,5 \text{ W/m}^2$ dengan nilai tegangan 12,4 Volt dan arus 1,43 Ampere (Barokah, 2020).

Di daerah kawasan wisata Benteng Alla, Desa Benteng Alla Utara, Kecamatan Boroko, Kabupaten Enrekang mengalami kendala di bagian penerangan. Salah satu faktor yang mempengaruhi kendala tersebut yaitu karena jauhnya kawasan wisata Benteng Alla dari pemukiman masyarakat letaknya yang berada di ketinggian 1200-1300 Mdpl, Dimana sumber listrik satu-satunya berasal dari pemukiman tersebut. Sehingga tidak memungkinkan untuk menyalurkan listrik ke kawasan tersebut. Dimana untuk mencapai lokasi tersebut harus melewati hutan dengan pepohonan yang lumayan tinggi sehingga hal ini juga menjadi salah satu faktor yang menghambat pemerintah di daerah tersebut dapat menyalurkan listrik ke sana.

Berdasarkan pemaparan tersebut maka penulis mengangkat judul tugas akhir berjudul **“RANCANG BANGUN PLTS UNTUK PENERANGAN OBJEK WISATA BENTENG ALLA”** dengan harapan menjadi solusi terhadap permasalahan atau kendala yang terjadi di kawasan tersebut.

1.2.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara membuat desain konstruksi PLTS untuk penerangan objek wisata Benteng Alla?

2. Bagaimana kinerja PLTS untuk penerangan objek wisata Benteng Alla?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Ruang lingkup pada penelitian ini meliputi:

1. Menggunakan *Photovoltaic cell* atau solar sell untuk menghasilkan energi listrik.
2. Pengambilan data dilakukan di kawasan objek wisata benteng alla, Desa Benteng Alla Utara,, Kecamatan Boroko, Kabupaten Enrekang (119° 48' 5''BT dan 3° 15'07.0'' LS).

1.4 Tujuan Dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan Kegiatan

Yang menjadi tujuan dikegiatan kami yaitu:

1. Mengetahui desain konstruksi PLTS untuk penerangan objek wisata Benteng Alla
2. Mengetahui kinerja PLTS untuk penerangan objek wisata Benteng Alla

1.4.2 Manfaat Kegiatan

Adapun manfaat dari kegiatan ini ialah:

1. Sebagai bahan kajian bagi mahasiswa dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
2. Menjadi salah satu solusi alternatif untuk memberikan penerangan dengan teknologi pemanfaatan energi terbarukan.

3. Menjadi bahan refrensi bagi Mahasiswa ataupun peneliti lain untuk penelitian lanjutan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Matahari

Matahari adalah bola api raksasa yang sangat panas, dan memancarkan energi di sekitarnya dalam bentuk sinar gelombang elektromagnetik. Api berasal dari reaksi nuklir dari massa matahari yaitu reaksi bom hidrogen yang menggabungkan atom hidrogen terhadap helium dengan massa elektron yang dilepaskan ke energi panas. Sebagian kecil dari energi radiasi matahari mencapai bumi, dan merupakan sumber energi yang menggerakkan proses alami dan kehidupan bumi.

Energi listrik di Indonesia dikelola dan diproduksi oleh perusahaan milik negara, yaitu PLN. Total daya pembangkit listrik yang dipasang yang dimiliki oleh PLN dan pembangkit listrik dibangun oleh perusahaan swasta bekerja sama dengan PLN pada awal 2012 sekitar 35.000 MW. Dengan populasi sekitar 230 juta, konsumsi listrik adalah sekitar 1.200 kWh per kapita setiap tahun (Soeparman, 2015).

2.2 Panel Surya

Panel Surya adalah alat konversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Untuk memanfaatkan potensi energi surya ada dua macam teknologi yang sudah diterapkan, yaitu energi surya fotovoltaik dan energi

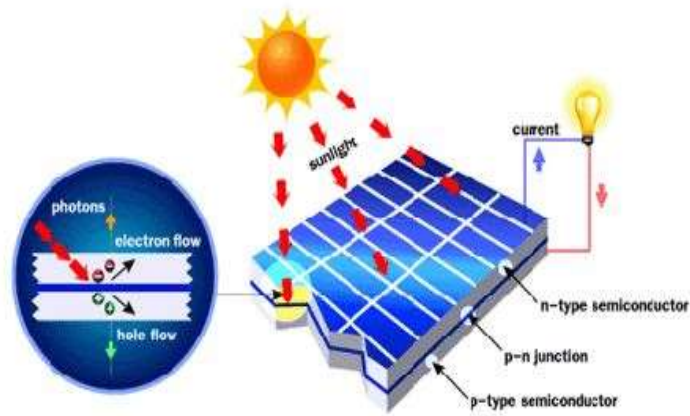
surya termal. Panel surya berfungsi sebagai komponen yang menerima sinar radiasi matahari dan akan di konversikan ke energi listrik arus searah (DC). Sel surya atau panel surya adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Panel surya ini berfungsi sebagai komponen yang menerima sinar radiasi matahari dan akan di konversikan ke energi listrik arus searah (DC). Dimana Teknologi *Photovoltaic* merupakan teknologi yang secara langsung mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik atau mengubahnya menjadi energi listrik. *Photovoltaic* biasanya dikemas dalam satuan yang disebut modul. Pada modul surya, banyak sel surya yang dapat disusun secara seri atau paralel. Pada saat yang sama, yang disebut energi matahari mengacu pada elemen semi konduktor yang dapat mengubah energi matahari menjadi energi listrik sesuai dengan efek fotovoltaik. Selain menipisnya cadangan energi fosil dan masalah pemanasan global, sel surya belakangan ini semakin populer. Energi yang dihasilkan juga sangat murah karena energi (matahari) dapat diperoleh dengan gratis (Utari dkk, 2018).

2.2.1 Prinsip kerja sel surya

Sel surya bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semi konduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan proton

(muatanpositif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan proton tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi diatas menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron dan proton bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p.

Akibat dari aliran elektron dan proton ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar 2.1 (Julisman dkk, 2017).



Gambar 2. 1 Prinsip kerja Sel Surya

Sumber : Julisman dkk, 2017

Berikut ini adalah persamaan rumus yang digunakan pada panel surya :

Daya input :

$$P_{in} = I_r \times A \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan :

P_{in} = Daya input (Watt)

I_r = Intensitas matahari (Watt/m²)

A = Luasan solar cell (m²)

Daya output :

$$P_{out} = V \times I \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

P_{out} = Daya output (Watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

Effisiensi :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan :

η = Effisiensi system (%)

P_{out} = Daya keluaran (Watt)

P_{in} = Daya masukan (Watt)

2.2.2 Jenis-Jenis Sel Surya

Perkembangan sel surya semakin banyak menggunakan bahan semikonduktor yang bervariasi. Adapun jenis-jenis sel surya diantaranya :

1) *Monocrystalline*

Sel surya jenis *monocrystalline* ini dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentukan bujur. Material silikon ini diiris tipis menggunakan teknologi khusus. Dengan digunakannya teknologi inilah, kepingan sel surya yang dihasilkan akan identik satu sama lainnya dan memiliki kinerja tinggi. Sel surya jenis ini dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24% (Alfatiha dan Aefra, 2009). Namun kekurangan dari jenis ini adalah akan bekerja maksimal saat cahaya matahari sedang dalam intensitas yang tinggi. Namun setelah itu, apabila intensitas cahaya berkurang maka kinerjanya akan menurun secara drastis. Biaya sel surya ini juga lebih mahal dibandingkan dengan jenis sel surya yang lain (Haryanto,

2018).

2) *Polycrystalline*

Sel surya jenis ini dibuat dari beberapa batang kristal silikon yang dicairkan, setelah itu dituang dalam cetakan yang berbentuk persegi kemudian dilakukan pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul diatas lapisan silikon. Sel surya ini memiliki efisiensi 18%. Pada aplikasinya, sel surya ini akan tetap bekerja saat intensitas matahari menurun atau dalam keadaan mendung. Jadi energi yang di hasilkan akan lebih kontinyu walaupun intensitas sinar matahari tidak konstan (Haryanto, 2018).

3) *Thin Film Solar Cell (TFSC)*

Jenis sel surya ini dibuat dengan cara menambahkan sel surya tipis kedalam sebuah lapisan dasar. Karena bentuknya tipis, jadi panel surya ini sangat ringan dan *fleksibel*. Ketebalan lapisannya bisa diukur mulai dari *7manometer* hingga *mikrometer*. Ada 3 jenis sel surya, tipe ini dibedakan berdasarkan materialnya yaitu, *Amorphous Silicon (a-Si) Solar Cells* yang terbuat dari *Amorphous Silicon*, *Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cells* yang terbuat dari bahan *Cadmium Telluride*, dan *Copper Indium Gallium Selenide (CIGS) Solar Cell* yang terbuat dari bahan *Copper Indium Gallium Selenide* merupakan yang paling efisien dibanding dua lainnya dan juga tidak mengandung bahan yang berbahaya yaitu *Cadmium* seperti yang terdapat pada sel surya CdTe (Haryanto, 2018).

2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas (*heat transfer*) merupakan disiplin ilmu yang mempelajari bagaimana panas dapat berpindah dari suatu benda ke benda lainnya melalui berbagai macam medium perambatan. Panas dapat berpindah dari suatu tempat ke tempat lain akibat adanya perbedaan suhu. Dalam ilmu perpindahan panas, dikenal 3 (tiga) proses perpindahan panas dilihat dari medium perambatannya, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi.

2.3.1 Konduksi

Konduksi adalah transfer energi dari partikel yang memiliki energi lebih dari suatu zat ke partikel yang kurang energi yang berdekatan dari hasil interaksi antar partikel.

2.3.2 Konveksi

Konveksi adalah transfer energi antara permukaan padat dan fluida yang bergerak berdekatan dengan melibatkan pergerakan fluidanya. Semakin cepat gerakan fluida semakin besar perpindahan panas (Imawan dkk, 2019).

Perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir di sekitarnya, dengan menggunakan media penghantar berupa fluida (cairan/gas). Menurut keadaan alirannya perpindahan panas konveksi dikategorikan menjadi dua yaitu konveksi bebas dan konveksi paksa, aliran fluida pada konveksi bebas disebabkan oleh adanya variasi masa jenis yang selalu diikuti dengan adanya perbedaan temperatur

fluida, sedangkan aliran fluida konveksi paksa disebabkan oleh beberapa hal yang berasal dari luar misalnya menggunakan fan, pompa ataupun tiupan angin. Perpindahan panas atau pendinginan pada panel mesin merupakan konveksi paksa dimana aliran fluida berasal dari elektrik fan.

Konveksi alami dapat terjadi pada suatu sistem dengan media udara saja. *Heat sink* berfungsi untuk melepaskan kalor secara alami ke udara bebas. Hal ini dipengaruhi oleh luas penampang yang dimiliki oleh *heat sink* tersebut. Perpindahan panas yang terjadi di area *heat sink* bervariasi. Pada daerah yang berdekatan dengan *heat sink* akan memiliki kecepatan pergerakan udara yang lebih kecil dibandingkan dengan jarak yang berjauhan dari *heat sink*. Begitu pula variasi suhu udara, semakin dekat dengan *heat sink* maka akan memiliki suhu yang lebih tinggi dan semakin jauh dari *heat sink* suhunya akan semakin rendah. Sehingga kalor yang diserap dapat terbuang ke lingkungan (Imawan dkk, 2019).

2.3.3 Radiasi

Perpindahan panas secara radiasi merupakan proses perpindahan panas dari suatu benda ke benda lain tanpa melalui medium. Dalam teori radiasi dijelaskan bahwa panas yang berpindah dari suatu benda ke benda lain dipancarkan melalui gelombang elektromagnetik sehingga dalam proses perpindahannya tidak memerlukan medium sama sekali. Bahkan jika kedua benda tersebut dipisahkan oleh ruang hampa, panas akan tetap berpindah melalui pancaran gelombang elektromagnetik. Panas matahari

yang sampai ke bumi merupakan salah satu contoh nyata bentuk perpindahan panas secara radiasi. Meskipun jarak antara matahari dan bumi sangat jauh serta dipisahkan oleh ruang hampa, panas matahari tetap dapat sampai ke bumi melalui pancaran (Triwijaya dkk, 2019).

2.4 Baterai

Baterai merupakan suatu komponen elektrokimia yang menghasilkan tegangan dan menyalurkannya ke rangkaian listrik. Baterai merupakan sumber utama energi listrik yang digunakan pada kendaraan dan alat-alat elektronik. Sebagai catatan bahwa baterai tidak menyimpan listrik, tetapi menampung zat kimia yang dapat menghasilkan energi listrik. Dua bahan timah yang berbeda berada di dalam asam yang bereaksi untuk menghasilkan tekanan listrik yang disebut tegangan. Reaksi elektrokimia ini mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Sistem *Photovoltaic* tidak dapat mengubah daya matahari selama 3 hari, perlu dipertimbangkan factor efisiensi baterai yang harus ditinggalkan minimal 20% - 30 % (Sinduningrum dan Rosliana, 2019).



Gambar 2. 2 Accumulator / Battery

(Sumber Gambar : Anto, dkk. 2014)

2.5 Solar charger Controller

Pengendali solar charge adalah perangkat yang mengontrol pengisian baterai dan sel surya dan juga mengontrol baterai yang mengalir melalui beban. Pengontrol solar charge sederhana memeriksa baterai apakah memerlukan pengisian daya dan memeriksa ketersediaan tenaga surya dan mulai mengisi daya baterai. Setiap kali pengontrol menemukan bahwa baterai telah mencapai level tegangan pengisian penuh, kemudian menghentikan pengisian dari sel surya. Disisi lain ketika, ditemukan tidak ada tenaga surya tersedia maka diasumsikan bahwa itu adalah malam hari dan meyalakan beban. Itu terus pada beban sampai baterai mencapai tingkat tegangan minimum untuk mencegah baterai di discahrge. Pengendalian pengisian secara bersamaan juga memberikan indikasi seperti pengisian baterai, beban, pengisian daya, dll (Rahman, 2012).



Gambar 2. 3 Solar Charger Controller

Sumber : Dokumen Pribadi

2.6 Photocell

Photocell adalah sejenis rangkaian elektronik yang berisi komponen LDR (*light dependent resistor*) dalamnya, berfungsi sebagai saklar otomatis yang ON dan OFF-nya bisa disetting secara otomatis berdasarkan sensor cahaya. Photocell menggunakan prinsip kerja resistor dengan sensitivitas cahaya (LDR=*Light Dependent Resistor*). Apabila kondisi gelap atau mendung maka nilai resistansi akan menjadi rendah sehingga arus mengalir dan lampu akan menyala. Sebaliknya pada kondisi terang, nilai resistansi menjadi tinggi sehingga arus tidak dapat mengalir dan lampu akan mati. Photocell menggunakan prinsip kerja resistor dengan sensitivitas cahaya (LDR = Light Dependent Resistor). Apabila kondisi mendung maka akan terlihat gelap maka nilai resistansi akan menjadi rendah sehingga arus mengalir dan lampu akan menyala. Sebaliknya pada kondisi terang, nilai resistansi menjadi tinggi sehingga arus tidak dapat mengalir dan lampu akan mati.

BAB III

METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan

Proses pengerjaan alat dilaksanakan di Labolatorium Konversi Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pengujian awal dilaksanakan di depan Lab Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang. Pengujian selanjutnya dilaksanakan di kawasan wisata Benteng Alla Dusun Alla, Desa Benteng Alla Utara, Kecamatan Baroko, Kabupaten Enrekang. Pelaksanaan kegiatan tugas akhir ini yaitu selama 6 bulan terhitung mulai bulan Maret 2022 hingga Agustus 2022.

3.2 Studi Awal

3.2.2 Objek Wisata Benteng Alla'

Objek Wisata Benteng Alla' berada di Kabupaten Enrekang terletak antara ($119^{\circ} 48' 5''$ BT dan $3^{\circ} 15'07.0''$ LS), sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Tana Toraja, sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Alla dan Kecamatan Masalle dan Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Alla. Objek Wisata Benteng Alla dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Letak Gazebo di Objek Wisata Benteng Alla

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

- Tang Potong
- Tang Jepit
- Tang Kombinasi
- Tang Rivet
- Kunci Ring Pas
- Sarung Tangan
- Solder
- Alat Las
- Penggores Baja
- Palu Besi
- Mistar Baja
- Rol Siku
- Kacamata Pelindung
- Mesin Gurinda
- Mesin Bor

3.3.2 Bahan

- Panel Surya
- Kabel
- Inverter
- Aki

- Lampu
- Timah
- Besi Siku
- Pipa Besi
- Mesin Gurinda
- Mesin Bor
- Solar charge Controler
- Baut/Mur
- Besi Holo

3.4 Posedur Pembuatan Benda Uji

3.4.1 Studi Literatur

Tahap perencanaan dilakukan studi literatur mengenai sistem yang dibuat dengan tujuan mengumpulkan informasi agar memudahkan dalam pengerjaan rancang bangun.

3.5 Dasar Perancangan

Dasar perancangan digunakan sebagai peninjau untuk memilih komponen-komponen apa saja yang akan digunakan.

3.6 Menghitung Total Energi

Perhitungan kebutuhan Energi listrik pada satu gazebo di objek Wisata Benteng Alla'.

Beban Listrik	Daya beban (watt)	Waktu (jam)	Total daya
Lampu AC	1 x 6 Watt	12 Jam	60
Charger HP	1 x 9 Watt	12 Jam	108
Total Energi			168

Tabel 3.1 Perhitungan Kebutuhan Energi

3.6.1 Menentukan Jumlah Panel Surya

- Perlu diketahui bahwa energi listrik yang dihasilkan PLTS tidak 100%, karena selama masa transmisi dari panel surya ke beban terdapat hingga 40% yang hilang (sumber : gesainstech.com. (2021, 26 Mei). jadi :

$$\begin{aligned}
 \text{Total daya} &= \text{Daya beban} : (100\% - 40\%) \dots\dots\dots(3-1) \\
 &= 168 \text{ Wh} : 70\% \\
 &= 240 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

- Menentukan kebutuhan panel surya

$$\begin{aligned}
 \text{Panel surya} &= \text{Total daya} : \text{waktu optimal} \dots\dots\dots(3-2) \\
 &= 240 \text{ Wh} : 5 \text{ jam} \\
 &= 40 \text{ Wp.}
 \end{aligned}$$

Karena besar daya yang dibutuhkan adalah 40 Wp jadi pemilihan panel yang tepat dengan spesifikasi yang telah ditentukan adalah sebesar 40 Wp.

- Menentukan jumlah panel surya

Jumlah panel surya

$$= \frac{\text{Energi Total Beban Harian}}{\text{Waktu Optimal} \times \text{Kapasitas Panel Surya}} \dots\dots\dots(3-3)$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel surya} &= \frac{240 \text{ Wh}}{6 \text{ h} \times 80 \text{ W}} \\ &= 0,5 \approx 1 \text{ pcs} \end{aligned}$$

Adapun data sheet pada panel surya :

<i>Rated Power</i> ,Pmmp	40 Wp
<i>Peak Voltage</i> ,Vmpp	17.39 V
<i>Peak Current</i> ,Impp	2.31 A
<i>Open Circuit</i> , Voc	21.60 V
<i>Short Circuit Voltage</i> ,Isc	2.54 A

Tabel 3.2 Data sheet panel surya

3.6.2 Menentukan Spesifikasi Jenis *Solar Charger Controller* (SCC)

Jika di ketahui spesifikasi dari panel surya yaitu :

- Pm = 40 Wp - Vm = 12 V - Voc = 2,1 A
- Imp = 4 A - Isc = 3,5 A

$$\begin{aligned}
 \text{Daya Scc} &= I_{sc} \times \text{jumlah panel surya} \dots\dots\dots(3-6) \\
 &= 3,5 \text{ Watt} \times 1 \text{ pcs} \\
 &= 3,5 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

oleh karena daya *Solar Charger Controller* yang dibutuhkan sebesar 3,5 A maka pemilihan *Solar Charger Controller* yang akan digunakan sebesar 10 A.

Adapun data sheet *Solar Charger Controller* :

<i>Max Charge Current</i>	10 A
<i>Max Discharge Current</i>	10 A
<i>Max Solar Panel Input Voltage</i>	50 V
<i>Rated Voltage</i>	12 V/24 V
<i>Stop Charge Voltage</i>	14.7 V
<i>Low Voltage Recovery</i>	12.2 V
<i>Low Voltage Protection</i>	10.5 V
<i>USB Output Voltage</i>	5 V
<i>Operation Temperature</i>	-20 C

Tabel 3.3 Data Sheet *Solar Charger Controller*

3.6.3 Menentukan Jumlah dan Spesifikasi Aki

- Energi listrik pada baterai tidak 100 % dapat digunakan. Karena pada saat di inverter potensi kehilangan energi 5%. Jadi :

$$\begin{aligned}
 \text{Cadangan} &= \text{daya rumah} : (100\% - 5\%) \dots\dots\dots() \\
 &= 168 \text{ watt} \times 95\%
 \end{aligned}$$

$$= 159,6 \text{ watt}$$

- Jumlah Aki = total daya konsumen : kapasitas baterai..... (3-8)
 - = 159,6 watt : (12 V × 50 Ah)
 - = 159,6 watt : 600 watt
 - = 0,26 watt
 - = 1 pcs (dibulatkan)

Jadi spesifikasi aki yang akan digunakan adalah 12 V x 50 Ah dengan jumlah 1 buah.

Adapun data sheet Aki:

Kapasitas	50 AH
Tegangan	12 V
L x W x H	260 x 173 x 203 mm
Total Height	227 mm

Tabel 3.4 Data sheet Aki

3.6.4 Menentukan Spesifikasi Inverter

Menentukan Daya Inverter yang akan digunakan

$$W_{\text{Inverter}} = W_{\text{max}} + (25\% \times W_{\text{max}}).....(3-13)$$

$$= 159,6 \text{ w} + (25\% \times 159,6 \text{ W})$$

$$= 199,5 \text{ w}$$

Daya yang dibutuhkan sebesar 199,5 W jadi spesifikasi inverter yang akan

digunakan sebesar 200 W.

Adapun data sheet Inverter:

Input DC	12 V
Output AC	220 V
Effisiensi	70%

Tabel 3.5 Data sheet Inverter

3.7 Tahap Perancangan

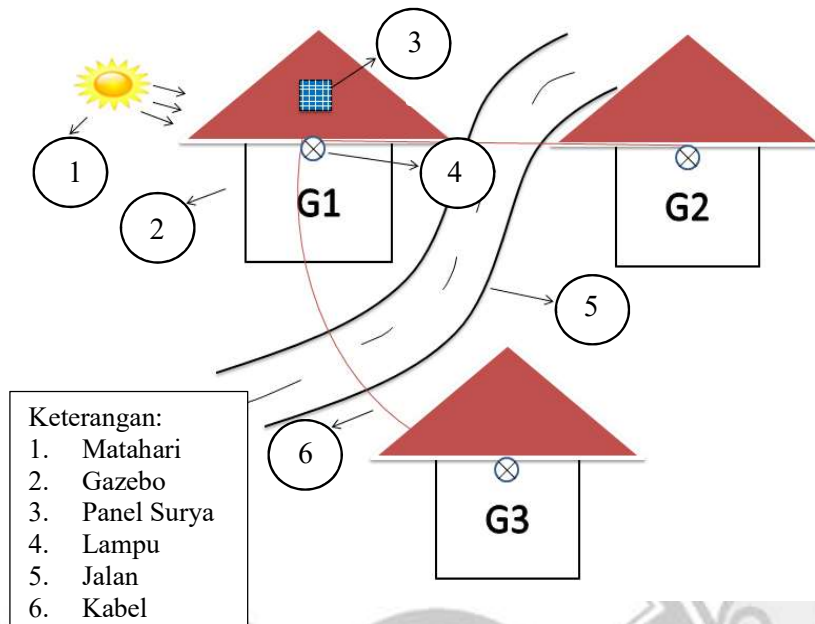
3.7.1 Perancangan Konstruksi

Pada proses pembuatan konstruksi panel surya diperlukan ketelitian saat menentukan sudut kemiringan panel surya, hal ini diperlukan untuk mendapatkan pancaran sinar matahari yang optimal. Jenis panel surya yang digunakan adalah panel surya *monocrystalline*.

3.8 Posedur Pembuatan Benda Uji

3.8.1 Studi Literatur

Tahap perencanaan dilakukan studi literatur mengenai sistem yang dibuat dengan tujuan mengumpulkan informasi agar memudahkan dalam pengerjaan rancang bangun.



Gambar 3. 2 Denah Lokasi

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa pancaran sinar matahari ke panel surya yang berada di gazebo 1 yang merupakan sumber listrik utama yang kemudian akan di salurkan ke gazebo 2 dan gazebo 3. Gazebo 1 dijadikan pusat utama aliran listrik karena intensitas cahaya di lokasi tersebut cukup tinggi sehingga berdampak pada kuatnya aliran listrik yang dihasilkan oleh panel surya, hal ini dapat memenuhi kebutuhan listrik di kawasan wisata Benteng Alla.

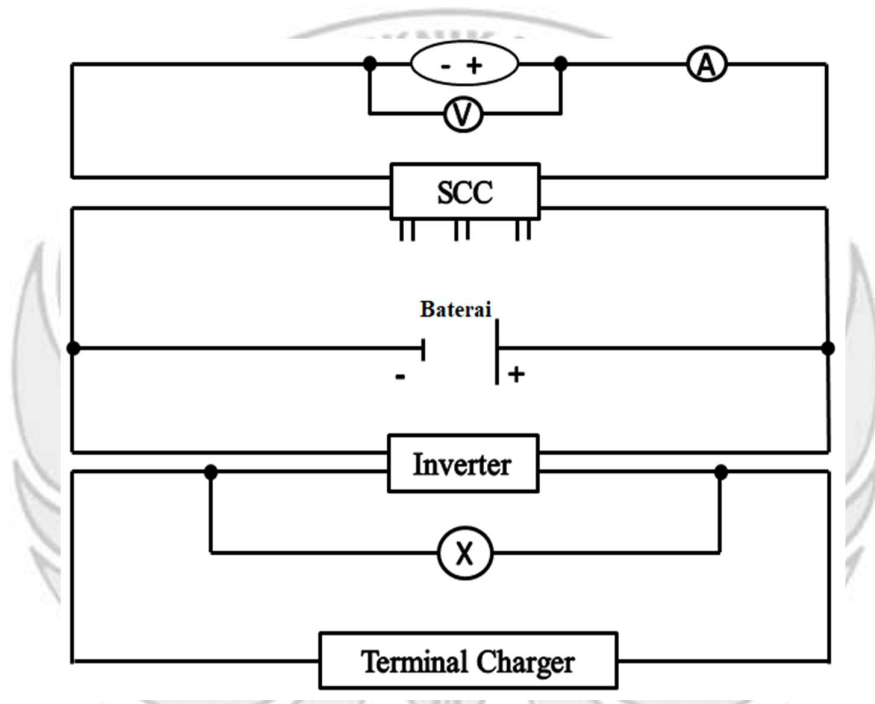


Gambar 3. 3 Rancang Alat Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Penerangan di kawasan Benteng Alla'

Gambar 3.2 Merupakan model alat pembangkit listrik tenaga surya. Alat tersebut memiliki tinggi 180 cm dan lebar 77 cm. Tiang dari alat tersebut dibuat dari besi hollow dengan diameter 1,5 inch dan panjang 110 cm. Rangka penyangga panel surya dibuat dari besi siku dengan ukuran tebal 2,5 cm x 2,5 cm, panjang 67 cm serta lebar 54 cm. Pada alat tersebut

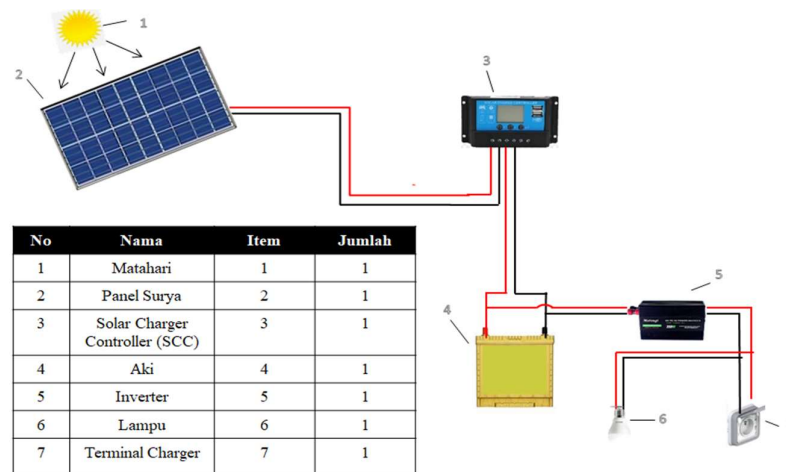
terdapat panel box 25 cm x 35 cm x 12 cm yang digunakan untuk menyimpan komponen sistem kontrol, solar charger controller, dan inveter.

Rangkain listrik dan rangkaian instalasi dari pembangkit listrik tenaga surya pada kawasan wisata Benteng Alla. Dapat dilihat pada gambar 3.1 dan gambar 3.2



Gambar 3. 4 Rangkaian Listrik





Gambar 3. 5 Rangkaian Instalasi

3.9 Pembuatan dan Perakitan

Setelah proses perancangan selesai, maka dilanjutkan dengan proses pembuatan masing-masing komponen alat. Langkah-langkah yang dikerjakan pada masing-masing rangkaian rancang bangun adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Memotong bahan yang digunakan.
3. Membuat rangka alat.
4. Memasang panel surya pada rangkanya.
5. Memasang seluruh komponen.
6. Selesai.

3.10 Prosedur Pengujian

Setelah rancang bangun selesai, maka akan dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Langkah-langkah yang akan

dilakukan adalah sebagai berikut :

Pengujian dilakukan dengan 2 tahap:

1. Tahap pertama berupa pengujian awal untuk menguji-coba kinerja alat hasil rancang bangun.
2. Tahap kedua berupa pengujian lapangan (di kawasan wisata Benteng Alla) untuk mengamati kemanfaatan alat hasil rancang bangun dan melakukan proses pengambilan data.

Berikut langkah-langkah dalam melakukan pengujian :

1. Mengarahkan panel sel surya pada matahari.
2. Mengukur intensitas matahari menggunakan *solar power meter*.
3. Melakukan pengukuran tegangan, dan arus.
4. Mengulangi pengukuran di setiap interval setiap 10 menit.
5. Pengujian selesai.

3.11 Teknik Analisis Data

Efisiensi panel surya

a. Daya input : (Persamaan 2.1)

$$P_{in} = I_r \times A$$

Keterangan :

$$P_{in} = \text{Daya input (Watt)}$$

$$I_r = \text{Intensitas matahari (Watt/m}^2\text{)}$$

A = Luasan *solar cell* (m^2)

b. Daya output : (Persamaan 2.2)

$$P_{out} = V \times I$$

Keterangan :

P_{out} = Daya output (Watt)

V = Tegangan (volt)

I = Arus (Ampere)

c. Effisiensi : (Persamaan 2.3)

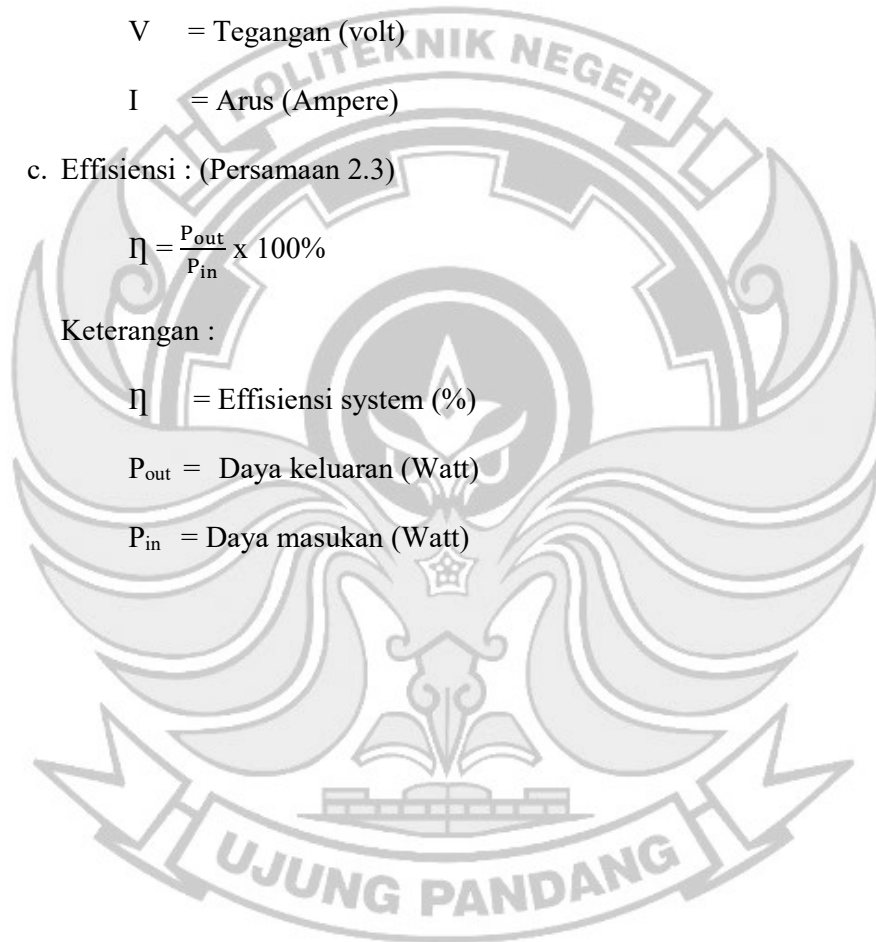
$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

Keterangan :

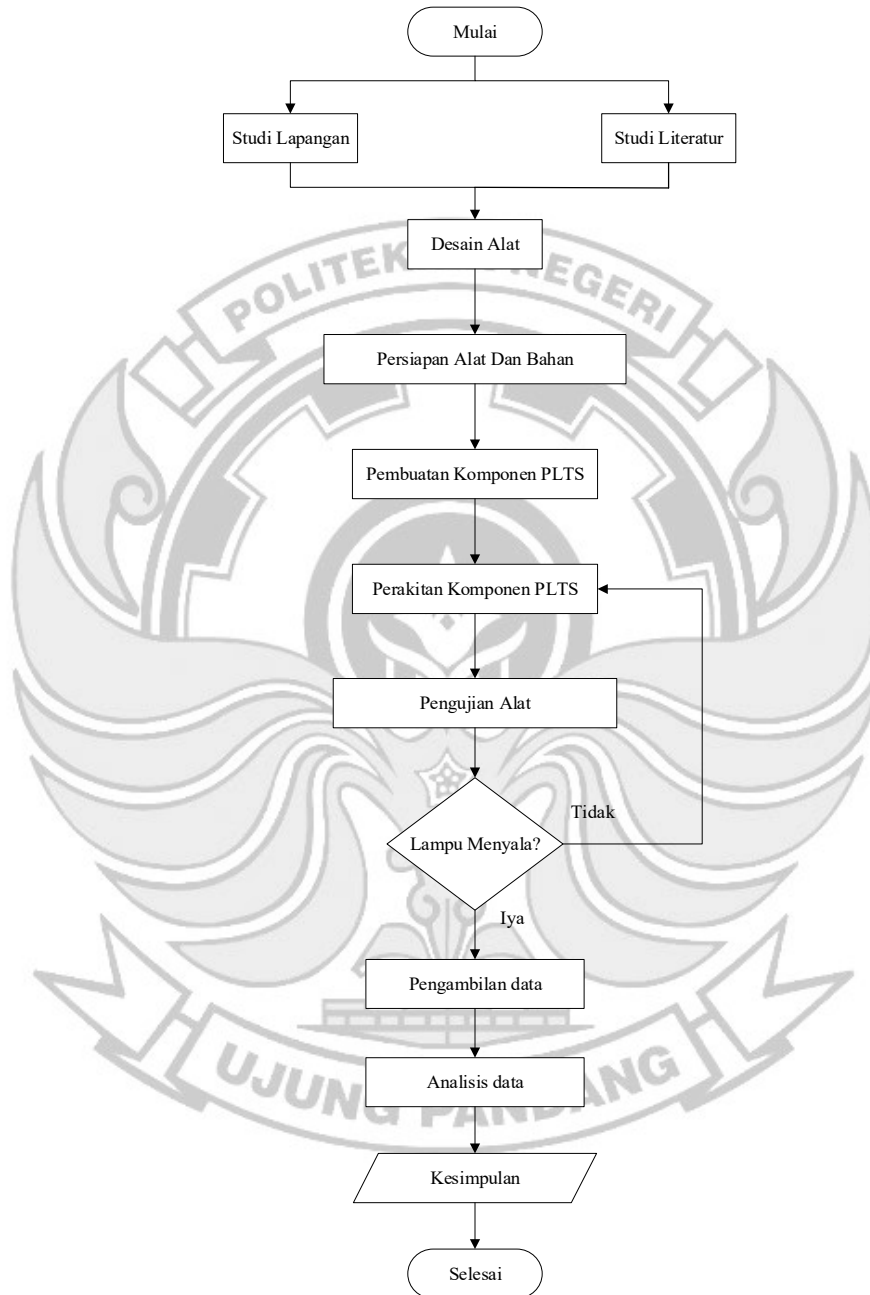
η = Effisiensi system (%)

P_{out} = Daya keluaran (Watt)

P_{in} = Daya masukan (Watt)



3.12 Diagram Alir



Gambar 3. 6 Diagram Alir

BAB IV

HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil Rancang Bangun Pemanfaatan PLTS Untuk Kebutuhan Energi Listrik Objek Wisata Benteng Alla' Kabupaten Enrekang

Rancangan Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk melengkapi Gazebo sudah selesai dibuat dengan bahan besi hollow dan besi serba guna. Hasil rancang bangun PLTS untuk kebutuhan energi listrik objek wisata Benteng Alla Kabupaten Enrekang dapat dilihat pada (gambar 4.1)





Gambar 4. 1 Hasil Rancang Bangun PLTS pada gazebo

4.1.1 Rangkaian PLTS

Berdasarkan rancangan pemanfaatan PLTS untuk gazebo, maka rangka alat telah selesai dibuat dengan tinggi 180 cm, panjang 67 cm dan lebar 54 cm.

4.1.2 Sistem Kelistrikan

Berdasarkan rancangan sistem kelistrikan dengan menggunakan komponen-komponen kelistrikan yang dibutuhkan yang berfungsi untuk penyediaan listrik.



Gambar 4. 2 Sistem Kelistrikan



4.1.3 Hasil Pengujian Alat

Untuk pengujian alat dilakukan selama 3 hari dalam kurun waktu 4 jam tiap 10 menit, adapun data hasil pengujian alat dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Tanpa Beban

No	Pukul	Ir (W/m ²)	Panel Surya				Aki Volt (V)	Eff Panel Surya (%)	Ket
			Volt (V)	Ampere (A)	Pin (W)	Pout (W)			
1	07.00	392	12,7	3.37	110.78	42,80	12.5	38.63	Cerah
2	07.10	308	12,7	3.31	87.04	42,04	12.5	48.30	Cerah
3	07.20	371	12,7	1.32	104.84	16,76	12.5	15.99	Cerah
4	07.30	483	12,7	2.72	136.50	34,54	12.6	25.31	Cerah
5	07.40	429	12,8	1.52	121.24	19,46	12.6	16.05	Cerah
6	07.50	203	12,7	1.57	57.37	19,94	12.6	34.76	Berawan
7	08.00	469	12,8	2.82	132.54	36,10	12.6	27.23	Cerah

8	08.10	434	12,8	3.56	122.65	45,57	12.6	37.15	Cerah
9	08.20	543	12,9	4.47	153.45	57,66	12.7	37.58	Cerah
10	08.30	631	12,9	1.51	178.32	19,48	12.7	10.92	Cerah
11	08.40	632	13	3.73	178.60	48,49	12.7	27.15	Cerah
12	08.50	671	13,1	4.63	189.62	60,65	12.7	31.99	Cerah
13	09.00	763	13,1	2.49	215.62	32,62	12.7	15.13	Cerah
14	09.10	870	13,1	1.53	245.86	20,04	12.8	8.15	Cerah
15	09.20	872	13,2	3.78	246.43	49,90	12.8	20.25	Cerah
16	09.30	401	13,2	1.47	113.32	19,40	12.8	17.12	Berawan
17	09.40	399	13,2	1.49	112.76	19,67	12.8	17.44	Berawan
18	09.50	387	13,2	1.43	109.37	18,88	12.8	17.26	Berawan
19	10.00	676	13,3	4.47	191.04	59,45	12,9	31.12	Cerah
20	10.10	723	13,3	2.51	204.32	33,38	12,9	16.34	Cerah
21	10.20	375	12,3	1.49	105.98	18,33	12,9pp	17.29	Berawan

22	10.30	243	12,3	3.53	68.67	43,42	12,9	63.23	Berawan
23	10.40	861	13,3	1.63	243.32	21,68	13	8.91	Cerah
24	10.50	987	13,4	2.42	278.93	32,43	13,1	11.63	Cerah
25	11.00	785	13,4	4.63	221.84	62,04	13,1	27.97	Cerah
26	11.10	751	13,5	1.59	212.23	21,47	13,1	10.11	Cerah
27	11.20	902	13,5	1.65	254.91	22,28	13,1	8.74	Cerah
28	11.30	237	13,4	1.71	66.98	22,91	13,2	34.21	Berawan
29	11.40	930	13,5	4.69	262.82	63,32	13,2	24.09	Cerah
30	11.50	975	13,5	2.73	275.54	36,86	13,2	13.38	Cerah
31	12.00	929	13,6	2.87	262.54	39,03	13,3	14.87	Cerah
32	12.10	403	13,6	3,82	113.89	51,95	13,3	21.73	Berawan
33	12.20	394	13,6	4.07	111.34	55,35	13,3	49.71	Berawan
34	12.30	210	13,6	1.58	59.35	21,49	13,3	36.21	Berawan
35	12.40	398	13,6	2.46	112.47	33,46	13,3	29.75	Berawan

36	12.50	200	13,6	3.34	56.52	45,42	13,3	80.37	Berawan
37	13.00	784	13,6	3.83	221.56	52,09	13,3	23.51	Cerah
38	13.10	893	13,7	1.32	252.36	18,08	13,4	7.17	Cerah
39	13.20	870	13,7	4.47	245.86	61,24	12.4	24.91	Cerah
40	13.30	940	13,7	2.31	265.64	31,65	12.4	11.91	Cerah
41	13.40	908	13,7	1.73	256.60	23,70	13,4	9.24	Cerah
42	13.50	856	13,7	4.62	241.91	63,29	13,4	26.16	Cerah
43	14.00	783	13,7	2.19	221.28	30,00	13,4	13.56	Cerah
44	14.10	981	13,8	3,76	277.23	51,89	13,5	18.72	Cerah
45	14.20	946	13,8	3.45	267.34	47,61	13,5	17.81	Cerah
46	14.30	973	13,8	1.84	274.97	25,39	13,5	9.23	Cerah
47	14.40	961	13,8	4.52	271.58	62,38	13,5	22.97	Cerah
48	14.50	945	13,8	2.63	267.06	36,29	13,5	13.59	Cerah
49	15.00	856	13,9	3.51	241.91	48,79	13,6	20.17	Cerah

50	15.10	403	13,9	1,93	113.89	26,83	13,6	60.17	Berawan
51	15.10	309	13,9	1.43	87.32	19,88	13,6	22.76	Berawan
52	15.20	297	13,9	1.58	83.93	21,96	13,6	26.17	Berawan
53	15.30	252	13,9	3.47	71.22	48,23	13,6	67.73	Berawan
54	15.40	140	13,9	2.06	39.56	28,63	13,6	72.37	Berawan
55	15.50	207	13,9	2.54	58.50	35,31	13,6	60.35	Berawan
56	16.00	103	13,9	1.43	29.11	19,88	13,6	68.29	Berawan

Jumat, 16 September 2022

Keterangan : Luas Panel = 0,2826 m²



Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Berbeban Lampu AC

No	Pukul	Ir (W/m ²)	Panel Surya				Aki Volt (V)	Beban AC			Eff Panel Surya (%)	Ket
			Volt (V)	Ampere (A)	Pin (W)	Pout (W)		Volt (V)	Ampere (A)	P _{Out AC} (W)		
1	07.00	181	12,3	2,5	51.15	30,75	11,9	3,21	216,2	264,74	60.12	Berawan
2	07.10	189	12,2	1,8	53.41	21,96	11,8	3,5	215,1	189,834	41.11	Berawan
3	07.20	235	12,3	2,43	66.41	29,89	11,8	3,22	219,8	178,925	45.01	Cerah
4	07.30	289	12,3	7,01	81.67	86,22	11,8	3,22	216,8	172,528	105.57	Cerah
5	07.40	285	12,3	6,45	80.54	79,34	11,9	4,14	216,5	158,851	98.50	Cerah
6	07.50	319	12,3	3,44	90.15	42,31	11,9	4,25	216	254,43	46.94	Cerah
7	08.00	353	12,3	4,75	99.76	58,43	11,9	4,57	217,9	178,66	58.57	Cerah
8	08.10	376	12,4	2,38	106.26	29,51	11,9	4,21	217,2	157,33	27.77	Cerah
9	08.20	421	12,4	2,96	118.97	36,70	11,9	4,39	217,5	244,71	30.85	Cerah
10	08.30	456	12,4	6,53	128.87	80,97	12	3,71	217,4	232,36	62.83	Cerah
11	08.40	483	12,5	3,02	136.50	37,75	12	3,68	214,8	276,77	27.66	Cerah
12	08.50	489	12,5	3,14	138.19	39,25	12,1	4,35	215,7	254,75	28.40	Cerah
13	09.00	433	12,4	1,04	122.37	12,90	12	3,81	212,4	197,44	10.54	Berawan
14	09.10	458	12,5	4,39	129.43	54,88	12,1	4,38	216,3	184,32	42.40	Berawan

15	09.20	497	12,5	4,15	140.45	51,88	12,1	4,96	216,7	231,33	36.93	Cerah
16	09.30	552	12,5	2,79	156.00	34,88	12,1	4,17	219,2	189,32	22.36	Cerah
17	09.40	587	12,5	3,16	165.89	39,50	12,2	3,43	214	24,43	23.81	Cerah
18	09.50	613	12,6	2,67	173.23	33,64	12,2	3,27	215,6	278,64	19.42	Cerah
19	10.00	651	12,6	6,24	183.97	78,62	12,2	3,56	213,3	152,44	42.74	Cerah
20	10.10	785	12,6	3,13	221.84	39,44	12,3	4,67	219,1	264,42	17.78	Cerah
21	10.20	788	12,6	1,65	222.69	20,79	12,3	4,91	221,8	232,54	9.34	Cerah
22	10.30	790	12,7	3,61	223.25	45,85	12,3	4,58	218	221,11	20.54	Cerah
23	10.40	821	12,7	4,52	232.01	57,40	12,3	4,76	209,4	278,26	24.74	Cerah
24	10.50	857	12,8	1,74	242.19	22,27	12,4	4,82	218,5	263,34	9.20	Cerah

Sabtu, 17 September 2022

Keterangan : Luas Panel = 0,2826 m²



Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Berbeban Lampu dan AC

No	Pukul	Ir (W/m ²)	Panel Surya				Aki Volt (V)	Beban AC			Eff Panel Surya (%)	Ket
			Volt (V)	Ampere (A)	Pin (W)	Pout (W)		Volt (V)	Ampere (A)	Pout AC (W)		
1	11.00	874	12,6	3,27	246,99	41	12,2	216,3	4,51	222,705	16.68	Berawan
2	11.10	877	12,7	2,78	247,84	35,31	12,3	215,1	4,76	222,705	14.25	Berawan
3	11.20	901	12,7	0,3	254,62	3,81	12,3	221,8	3,34	265,33	1.50	Cerah
4	11.30	938	12,7	0,58	265,08	7,366	12,4	219,4	5,09	277,33	2.78	Cerah
5	11.40	885	12,6	1,85	250,10	23,31	12,2	219,3	4,97	267,12	9.32	Cerah
6	11.50	871	12,5	3,27	246,14	40,88	12	217,8	4,62	221,97	16.61	Cerah
7	12.00	898	12,5	4,43	253,77	55,38	12,2	218,4	5,71	226,908	21.82	Cerah
8	12.10	915	12,6	6,52	258,58	82,15	12,4	218,6	5,39	264,74	31.77	Cerah
9	12.20	851	12,7	1,65	240,49	20,96	12,4	215,3	5,85	189,834	8.71	Cerah
10	12.30	967	12,7	3,08	273,27	39,12	12,4	219	5,14	178,925	14.31	Cerah
11	12.40	973	12,8	3,73	274,97	47,74	12,5	213,6	5,61	172,528	17.36	Cerah
12	12.50	956	12,8	5,02	270,17	64,26	12,5	216,2	4,75	236,961	23.78	Cerah
13	13.00	914	12,8	2,31	258,30	29,57	12,6	221,5	5,24	248,115	11.45	Berawan
14	13.10	941	12,9	7,04	265,93	90,82	12,7	217	4,47	240,932	34.15	Berawan

15	13.20	971	12,9	1,45	274,40	18,71	12,7	215,7	4,61	257,052	6.82	Cerah
16	13.30	957	13	2,71	270,45	35,23	12,8	213	5,83	248,115	13,03	Cerah
17	13.40	983	13,1	6,35	277,80	83,19	12,9	209,7	5,69	240,932	29,94	Cerah
18	13.50	977	13,1	4,61	276,10	60,39	12,9	218,1	5,36	257,052	21,87	Cerah
19	14.00	800	13,2	2,74	226,08	36,16 8	12,9	220	5,76	197,315	16,00	Cerah

Sabtu, 17 September 2022

Keterangan : Luas Panel = 0,2826 m²



Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Berbeban AC Lampu

No	Pukul	Ir (W/m ²)	Panel Surya				Aki Volt (V)	Beban AC			Eff Panel Surya (%)	Ket
			Volt (V)	Ampere (A)	Pin (W)	Pout (W)		Volt (V)	Ampere (A)	P _{Out AC} (W)		
1	14.10	821	13,1	4,31	232,01	56,46	12,9	4,19	219,4	189,796	24,34	Berawan
2	14.20	810	13,1	1,72	228,91	22,53	12,9	3,43	221	140,6	9,84	Berawan
3	14.30	801	13	1,69	226,36	21,97	12,8	4,93	218	125,373	9,71	Cerah
4	14.50	753	12,9	0,62	212,80	8,00	12,7	4,65	216,3	128,904	3,76	Cerah
5	15.00	721	12,9	1,58	203,75	20,38	12,7	4,18	217,5	261,764	10,00	Cerah
6	15.10	730	12,7	1,74	206,30	22,10	12,5	4,27	219,2	252,756	10,71	Cerah
7	15.20	654	12,5	1,37	184,82	17,13	12,3	4,73	218,7	284,214	9,27	Cerah
8	15.30	633	12,4	1,92	178,89	23,81	12,1	4,51	218,1	218,4945	13,31	Cerah
9	15.40	576	12,2	0,42	162,78	5,12	11,9	3,85	215,3	191,636	3,15	Cerah
10	15.50	401	11,8	1,47	113,32	17,35	11,7	4,41	209,7	170,6338	15,31	Cerah

11	16.00	385	11,9	0,35	108,80	4,17	11,7	4,93	214,5	232,1718	3,83	Cerah
----	-------	-----	------	------	--------	------	------	------	-------	----------	------	-------

Minggu, 17 September 2022

Keterangan : Luas Panel = 0,2826 m²



4.2 Deskripsi Hasil Kegiatan

Berdasarkan pembahasan sebelumnya mengenai teknik analisis data, parameter yang perlu dihitung meliputi pada percobaan tanpa beban Daya input (P_{in}), Daya Output (P_{out}) dan Effisiensi Panel Surya (%). Sedangkan untuk percobaan berbeban adalah Daya input (P_{in}), Daya Output (P_{out}), Effisiensi Panel Surya (%) dan Effisiensi Sistem (%) adalah sebagai berikut:

-Tanpa Beban

Pada Tabel 4.1 Hasil Pengujian tanpa beban data pertama,

$$I_r = 392 \text{ W/m}^2 \qquad V = 12,5 \text{ V}$$

$$A = 0,2826 \text{ m}^2$$

$$I = 3,37 \text{ A}$$

- Daya Input Panel Surya, (Watt)

$$\begin{aligned} P_{in} &= I_r \times A \\ &= 392 \text{ W/m}^2 \times 0,2826 \text{ m}^2 \\ &= 110,7 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Daya Output Panel Surya, (Watt)

$$\begin{aligned} P_{out} &= V \times I \\ &= 12,5 \text{ V} \times 3,37 \text{ A} \\ &= 42,12 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- Effisiensi Panel Surya, (%)

$$\begin{aligned}\eta_{\text{Panel Surya}} &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \\ &= \frac{42,8 \text{ Watt}}{110,78 \text{ Watt}} \times 100\% \\ &= 38,63 \%\end{aligned}$$

-Berbeban AC

1. Effisiensi Panel Surya

Pada Tabel Hasil Pengujian berbeban AC data pertama,

$$I_r = 181 \text{ W/m}^2 \qquad V = 11,9 \text{ V}$$

$$A = 0,2826 \text{ m}^2 \qquad I = 2,5 \text{ A}$$

- Daya Input Panel Surya, (Watt)

$$\begin{aligned}P_{\text{in}} &= I_r \times A \\ &= 181 \text{ W/m}^2 \times 0,2826 \text{ m}^2 \\ &= 51,15 \text{ Watt}\end{aligned}$$

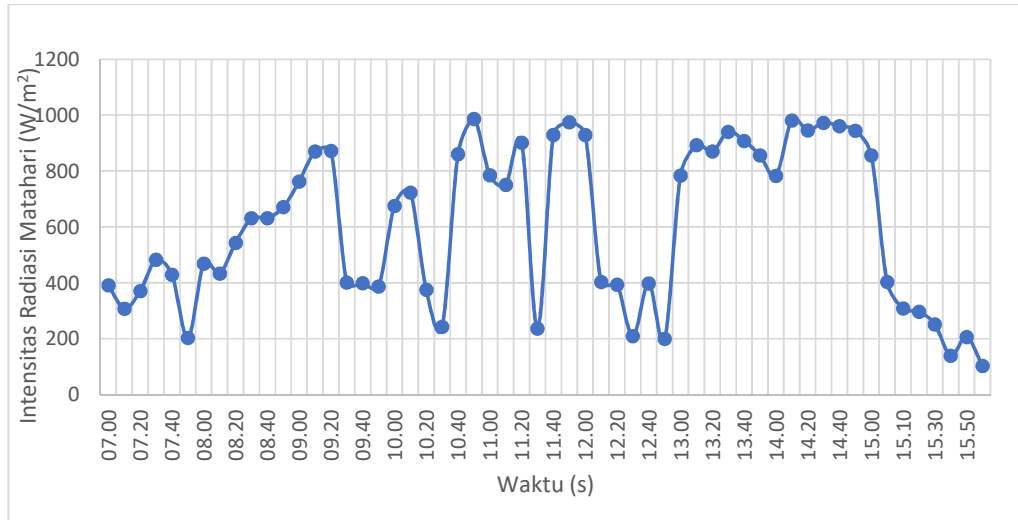
- Daya Output Panel Surya, (Watt)

$$\begin{aligned}P_{\text{out}} &= V \times I \\ &= 11,9 \text{ V} \times 2,5 \text{ A} \\ &= 29,75 \text{ Watt}\end{aligned}$$

- Effisiensi Panel Surya, (%)

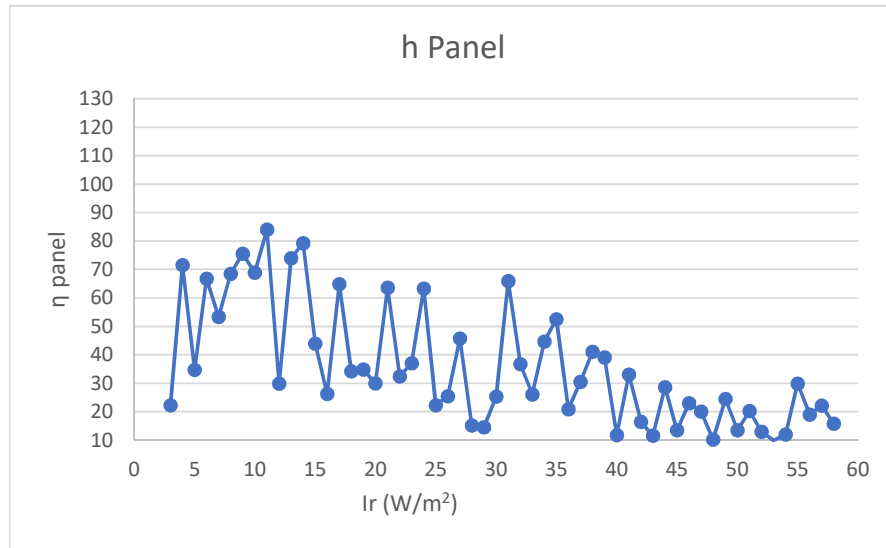
$$\begin{aligned}\eta_{\text{Panel Surya}} &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \\ &= \frac{29,75 \text{ Watt}}{51,15 \text{ Watt}} \times 100\% \\ &= 0,58 \%\end{aligned}$$

4.3 Deskripsi Grafis



Grafik 4.3 Grafik Hubungan Antara Waktu Terhadap Intensitas Radiasi Matahari Pada Percobaan Tanpa Beban Dan Berbeban

Dari Grafik 4.3 di atas kita dapat melihat bahwa tren grafiknya yaitu fluktuatif (naik turun). Besar dan kecilnya intensitas radiasi matahari tergantung dari waktu dan perubahan cuacanya. Untuk nilai intensitas radiasi matahari tertinggi yang kami peroleh yaitu di jam 10.50 WITA dengan nilai $987 W/m^2$ sedangkan untuk nilai intensitas radiasi terendahnya berada pada jam 16.00 WITA dengan nilai $103 W/m^2$



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Efisiensi Panel dan Intensitas Radiasi Matahari.

Berdasarkan Gambar 4.4 tampak trend line grafik fluktuaktif. Hal tersebut dikarenakan pada pengambilan data, efisiensi naik dan turun maka nilai intensitas radiasi matahari juga akan ikut naik dan turun.. Nilai efisiensi pada panel tertinggi adalah 79,20% dengan nilai intensitas radiasi matahari 954 W/m². Efisiensi radiasi matahari terendah adalah 9,88% dengan nilai intensitas radiasi matahari sebesar 103 W/m².

BAB V

PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

1. Rancangan Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk melengkapi Gazebo sudah selesai dibuat dengan bahan besi hollow dan besi serba guna.
2. Efisiensi yang dihasilkan oleh pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk melengkapi gazebo sangat bergantung pada tinggi rendahnya intensitas radiasi matahari yang mengenai panel dan pembebanan tiap hitungan waktu, Nilai maksimum efisiensi panel surya adalah pada pukul 14.50 dengan nilai 79,20 %, sedangkan nilai minimum dari intensitas radiasi matahari yaitu 103 W/m²

5.2 SARAN

1. Perlunya pengecekan pada sistem sebelum melakukan pengujian demi meminimalisir kesalahan saat pengambilan data.
2. Perancangan PLTS tugas akhir ini dapat diajukan untuk direalisasikan di masa mendatang

DAFTAR PUSTAKA

- Alfianti, Dian Furqani dan Juara Mangapul Tambunan. 2018. *Pengaturan Tegangan Listrik Tenaga Surya (PLTS)*.(1), 79–95.
- Alfatiha, Muh., Aefra Pakili. 2009. *Pemanfaatan Energi Surya pada Penerangan Papan Reklame*. Laporan Tugas Akhir. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Anto, B., Hamdani, E. and Abdullah, R. 2014 “Portable Battery Charger Berbasis Sel Surya”, *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 11(1), pp. 19–24. doi: 10.17529/jre.v11i1.1991.
- Asmara, Bambang Panji. 2017. Tinjauan Inovasi Sistem Cooler Heatsink Dingin pada Pembangkit Energi Listrik Alternatif dengan Model Sistem *Hybrid Thermoelectric* dengan Panel Surya Mini untuk Desa Mandiri Energi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro (FORTEI 2017)*. 174. Gorontalo: Fortei.org
- Baharuddin, R. 2021. Rancang Bangun Sistem Mini Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Portable. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 9(1), 65–70.
- Barokah Muhammad Hamid. 2020. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sebagai Energi Cadangan Saat Pemadaman PLN Pada Laboratorium Fisika Fakultas Teknik Um-Palembang, Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Palembang.
- gesainstech.com. (2021, 26 Mei). Cara Menghitung Kebutuhan PLTS Skala Rumahan | Panel Surya. Diakses pada 13 September 2022, dari <https://www.gesainstech.com/2021/05/cara-menghitung-kebutuhan-plts-skala.html?m=1>

- Haryanto, B. 2018. *Optimasi Pembangkit Hybrid PLN - Solar Cell Pada Aplikasi Home Industry*. Yogyakarta: *Jurnal Teknik Elektro*, 11–13.
- Imawan, R., Kirom, M. R., & Ajiwiguna, T. A. 2019. Analisis Performansi Sistem Tandem Panel Surya – Termoelektrik Skala Lab. *E-Proceeding of Engineeringring*, 6(2), 5002–5009.
- Islam Fahrul. 2020. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Perahu Nelayan. Skripsi, Gowa: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
- Julisman Andi, Sari Devi Dkk. 2017 Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Atap Stadion Bola. *Jurnal, Banda Aceh : Jurusan Teknik Elektro Dan Komputer, Fakultas Teknik, Universitas Syah Kuala*.
- Novendita Navinka Fira. 2021. Kinerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Sistem *Hybrid*, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.
- Rahman,S. 2012. Design of a Charge Controller Circuit with MPPT for Photovoltaic System. Bangladesh: Brac University
- Ramadhan Anwar, Ery Diniardi dan Sony Hari Mukti. 2016. Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Rosalina dan Estu Sinduningrum. 2019. *Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Lahan Pertanian Terpadu Ciseeng Parung-Bogor*. Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR.

- HAMKA. Malang, 30 November 2019.
- Soeparman, S. 2015. *Teknologi Tenaga Surya: Pemanfaatan dalam Bentuk Energi Panas*. Universitas Brawijaya Press.
- Sukandarrumidi dkk : 2013. "ENERGI TERBARUKAN Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi." Yogyakarta : GADJAH MADA UNIVERSITY PRESS
- Triwijaya, Moh. Andar dan Fina Pratiwi Agus. 2019. *Rancang bangun Pembangkit Listrik Hybrid Solar Energy*. Laporan Tugas Akhir. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Utari, Evrita Lusiana, Ikhwan Mustiadi dan Yudianingsih Yudianingsih. "Pemanfaatan Energi Surya sebagai Energi Alternatif Pengganti Listrik untuk Memenuhi Kebutuhan Penerangan Jalan di Dusun Nglinggo Kelurahan Pagerharjo Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo." *Jurnal Pengabdian Dharma Bakti* 1.2, 2018.

L

A

M

P

I

R

A

N



Lampiran A
Hasil Pengujian

No	Pukul	Ir (W/m ²)	Panel Surya				Aki Volt (V)	Beban AC			Eff Panel Surya (%)	Ket
			Volt (V)	Ampere (A)	Pin (W)	Pout (W)		Volt (V)	Ampere (A)	P _{Out AC} (W)		
1	11.00	874	12,6	3,27	246,99	41	13,5	216,3	4,51	222,705	16,68	Cerah
2	11.10	877	12,7	2,78	247,84	35,31	13,1	215,1	4,76	222,705	14,25	Berawan
3	11.20	901	12,7	0,3	254,62	3,81	12,9	221,8	3,34	265,33	1,50	Berawan
4	11.30	938	12,7	0,58	265,08	7,366	13,2	219,4	5,09	277,33	2,78	Berawan
5	11.40	885	12,6	1,85	250,10	23,31	13,3	219,3	4,97	267,12	9,32	Berawan
6	11.50	871	12,5	3,27	246,14	40,88	13,3	217,8	4,62	221,97	16,61	Berawan
7	12.00	898	12,5	4,43	253,77	55,38	13,5	218,4	5,71	226,908	21,82	Cerah
8	12.10	915	12,6	6,52	258,58	82,15	13,5	218,6	5,39	264,74	31,77	Cerah
9	12.20	851	12,7	1,65	240,49	20,96	13,5	215,3	5,85	189,834	8,71	Cerah
10	12.30	967	12,7	3,08	273,27	39,12	13,5	219	5,14	178,925	14,31	Cerah
11	12.40	973	12,8	3,73	274,97	47,74	13,5	213,6	5,61	172,528	17,36	Cerah
12	12.50	956	12,8	5,02	270,17	64,26	13,5	216,2	4,75	236,961	23,78	Cerah
13	13.00	914	12,8	2,31	258,30	29,57	13,5	221,5	5,24	248,115	11,45	Cerah
14	13.10	941	12,9	7,04	265,93	90,82	13,6	217	4,47	240,932	34,15	Cerah
15	13.20	971	12,9	1,45	274,40	18,71	13,6	215,7	4,61	257,052	6,82	Cerah
16	13.30	957	13	2,71	270,45	35,23	13	213	5,83	248,115	13,03	Cerah
17	13.40	983	13,1	6,35	277,80	83,19	13,3	209,7	5,69	240,932	29,94	Mendung
18	13.50	977	13,1	4,61	276,10	60,39	13,6	218,1	5,36	257,052	21,87	Cerah
19	14.00	800	13,2	2,74	226,08	36,168	12,9	220	5,76	197,315	16,00	Mendung

Lampiran B

Dokumentasi Lokasi Objek Wisata Benteng Alla



Lampiran C
Dokumentasi Kegiatan



