

TUGAS AKHIR

ANALISA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA ROBOT DESINFEKTAN

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD SAIFULLAH
1607220045



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

HALAMAN PENGESAHAN

Seminar hasil Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Saifullah
NPM : 1607220045
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Analisa Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Robot
Desinfektan
Bidang ilmu : Sistem Tenaga

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 05 April 2021

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembanding I



Rimbawati, S.T., M.T

Program Pembanding II



Ir. Yusniati, M.T

Dosen Pembimbing



Noorly Evalina, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Saifullah
Tempat /Tanggal Lahir: Medan / 22 Juni 1997
NPM : 1607220045
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisa Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Robot Desinfektan”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 05 April 2021

Saya yang menyatakan,



Muhammad Saifullah

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dibidang energi konversi semakin pesat dan memberikan angin segar untuk menemukan berbagai sistem pembangkit energi terbarukan. Pada umumnya penemuan dan kemajuan teknologi memberi manfaat bagi manusia dalam kehidupan sehari-hari. Teknologi elektronika dan komputer saat ini memberikan banyak turunan ilmu aplikatif misalnya mesin-mesin otomatis, robotika, komunikasi, dan media sosial. Sebuah robot dapat dengan mudah diwujudkan dengan ditemukannya chip komputer sederhana misalnya mikrokontroler. Demikian juga dibidang energi, sebuah pembangkit atau sistem konversi ukuran mikro sangat mudah direalisasikan dengan adanya konverter seperti sel surya atau panel matahari. Robot penyemprot desinfektan menggunakan panel surya 20 WP sebagai sumber energi dan baterai sebagai penyimpanan daya pada saat tidak adanya cahaya matahari. Analisa robot penyemprot desinfektan memerlukan daya sebesar 55,1 watt dengan hasil pengujian panel surya selama 11 jam sebesar 161,47 watt. Kemudian pada baterai menggunakan kapasitas sebesar 12V/8AH dengan daya yang disalurkan ke baterai sebagai penyimpanan daya melalui proses pengujian pengisian selama 3,5 jam dengan kapasitas 3,085 AH.

Kata Kunci: PLTS, baterai, tegangan, daya

ABSTRACT

Technological developments in the field of energi conversion are increasing rapidly and providing fresh air to discover various renewable energi generation system. In general, technological inventions and advances provide benefits to humans in every day life. Today's electronics and computer technologies provide many applicative science derivatives, such as automatic machines, robotics, communiactions, and social media. A robot can easily be realized by investing a simple computer chip such microcontroller. Likewise in the energy sector, a generator or micro-size conversion system is very easy to realize with converters such as solar cells or solar panels. The disinfectant spray robot uses a 20WP solar panel as an energy source and a battery as power storage in the absence of sunlight. Analysis of the disinfectant spraying robot requires a power of 55,1 watt with the results of 11 hours of solar panel testing of 161,47 watt. Then the battery uses capacity of 12V/8AH with power supplied to the battery as power storage a 3,5-hour charging test process charging with capacity of 3,085AH.

Keywords: *PLTS, battery, voltage, power*

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Robot Desinfektan” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Noorly Evalina, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregarr, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Partaonan Harahap, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Sukino S.pd dan Eliyani, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Seluruh Keluarga Besar saya tersayang Eka Susanti, Evi Lismawati, Sri Malasari, Neni Nurnita Sari, Muhammad Rizal Asadi.

9. Sahabat-sahabat penulis : Muhammad Lutfhi Fazawi S.T, M Boyke Indrawan S.T, Wahid Muzakkir, Agus Setiawan, Erman Syaputra S.T, Darwanto, Fery Arifin, dr. Riski Hakiki, dan Juwita Salsabila.
10. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro A3 Malam Stambuk 2016.

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-elektroan.

Medan, 05 April 2021



Muhammad Saifullah

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

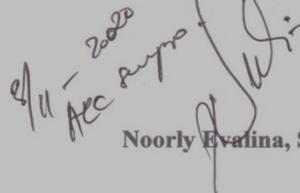
Analisa Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Robot Desinfektan

Nama : Muhammad Saifullah
NPM : 1607220045

Dosen Pembimbing : Noorly Evalina, S.T., M.T

| No | Hari/Tanggal | Uraian Asistensi | Paraf | Keterangan |
|----|--------------|---|-------|------------|
| 1 | 25/08-2020 | Perbaiki Rumusan Masalah Perbaiki sistematika tulisan TA | Sudri | |
| 2 | 28/10-2020 | Perbaiki bagian teori | Sudri | |
| 3 | 24/10-2020 | Perbaiki metode penelitian, flowchart | Sudri | |
| 4 | 26/10-2020 | Perbaiki flowchart | Sudri | |
| 5 | 2/11-2020 | Perbaiki teori tentang mikrokontroler | Sudri | |
| 6 | 3/11-2020 | Aec Supra | Sudri | |

Dosen Pembimbing,


 4/11-2020
 Aec supra

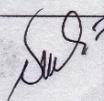
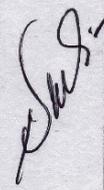
Noorly Evalina, S.T., M.T

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Robot Desinfektan

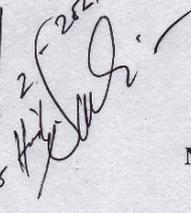
Nama : Muhammad Saifullah
NPM : 1607220045

Dosen Pembimbing : Noorly Evalina, S.T., M.T

| No | Hari/Tanggal | Uraian Asistensi | Paraf | Keterangan |
|----|--------------|---|--|------------|
| 7. | 25/1-2021 | - Perbaiki gambar |  | |
| 8 | 1/2-2021 | - Perbaiki flow chart - watch / tempat - Jelaskan skematik diagram, - Perbaiki gambar |  | |
| 9 | 5/2-2021 | - Acc seminar Rob |  | |

Dosen Pembimbing,

5/2-2021
Acc Seminar Rob



Noorly Evalina S.T, M.T

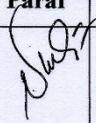
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Analisa Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Robot Desinfektan

Nama : Muhammad Saifullah

NPM : 1607220045

Dosen Pembimbing : Noorly Evalina, S.T., M.T

| No | Hari/Tanggal | Uraian Asistensi | Paraf | Keterangan |
|-----|--------------|------------------|---|------------|
| 10. | 22/3-2021 | Ases sidang TA |  | |

Dosen Pembimbing,

Noorly Evalina S.T, M.T

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| LEMBAR PENGESAHAN | |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | |
| ABSTRAK | i |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | v |
| DAFTAR TABEL | vii |
| DAFTAR GAMBAR..... | viii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan masalah..... | 2 |
| 1.3. Ruang lingkup | 2 |
| 1.4. Tujuan penelitian..... | 2 |
| 1.5. Manfaat penelitian..... | 3 |
| BAB II LANDASAN TEORI | 4 |
| 2.1. Tinjauan Pustaka Relevan | 4 |
| 2.2. Landasan teori | 5 |
| 2.2.1. Energi | 5 |
| 2.2.2. Potensi Sumber Energi Alternative | 6 |
| 2.2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) | 8 |
| 2.2.4. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) | 9 |
| 2.2.4.1. Sistem PLTS Terpusat (<i>off-grid</i>) | 10 |
| 2.2.4.2. Sistem PLTS Terinterkoneksi (<i>on-grid</i>) | 11 |
| 2.2.4.3 Sistem PLTS Hibrid..... | 11 |
| 2.2.5. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) | 12 |
| 2.2.5.1. Sel Surya (<i>Photovoltaic</i>)..... | 12 |
| 2.2.5.2. Baterai..... | 28 |
| 2.2.6. Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)..... | 30 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 31 |
| 3.1. Tempat dan Waktu | 31 |
| 3.2. Metodologi Penelitian | 31 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3. Peralatan dan Bahan Pendukung | 31 |
| 3.4. Blok Diagram | 32 |
| 3.5. Prinsip Kerja dan Fungsi Komponen | 33 |
| 3.5.1. Sensor | 34 |
| 3.5.2. Panel Surya..... | 34 |
| 3.5.3. Driver/Penguat | 35 |
| 3.5.4. Mikrokontroller | 36 |
| 3.6 Flowchart..... | 37 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 38 |
| 4.1. Pembahasan | 38 |
| 4.2. Analisa Sistem..... | 40 |
| 4.2.1. Analisa Kebutuhan Energi | 40 |
| 4.2.2. Analisa Sistem Pembangkit Tenaga Surya..... | 41 |
| 4.2.3. Analisa ebutuhan Daya Untuk Baterai Sebagai catu daya utama..... | 42 |
| 4.3. Pengujian Sistem | 43 |
| 4.3.1. Pengujian Panel Surya..... | 43 |
| 4.3.2. Pengujian Rangkaian Regulator | 47 |
| 4.3.3. Pengujian Baterai Litium ion | 49 |
| 4.4. Spesifikasi Alat | 52 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | 54 |
| 5.1. Kesimpulan..... | 54 |
| 5.2. Saran | 54 |

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Hasil pengukuran panel surya dengan beban motor DC..... | 42 |
| Tabel 4.2 Hasil perhitungan arus dan daya output pada panel surya..... | 45 |
| Tabel 4.3 Hasil pengujian regulator tegangan LM 317 | 47 |
| Tabel 4.4 Hasil perhitungan daya output regulator..... | 48 |
| Tabel 4.5 Proses pengujian pengisian baterai | 50 |
| Tabel 4.6 Proses pengujian pengosongan batera..... | 51 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Contoh Penerapan Sel Surya kedalam Panel Surya | 9 |
| Gambar 2.2 Prinsip kerja PLTS <i>Off-Grid</i> | 10 |
| Gambar 2.3 Prinsip kerja PLTS <i>on-Grid</i> | 11 |
| Gambar 2.4 Skema <i>hybrid photovoltaic power system</i> | 12 |
| Gambar 2.5 Skema hubungan antara solar cell, modul, panel, dan array | 14 |
| Gambar 2.6 Grafik pengaruh <i>iridiasi</i> terhadap modul surya | 15 |
| Gambar 2.7 Pengaruh <i>shading</i> terhadap modul surya | 16 |
| Gambar 2.8 Rangkaian ekivalen PV | 16 |
| Gambar 2.9 Hubungan sel surya dan panel surya | 19 |
| Gambar 2.10 Kurva arus dan tegangan | 21 |
| Gambar 2.11 Grafik pengaruh temperature terhadap arus sel surya | 22 |
| Gambar 2.12 Grafik arus dan tegangan terhadap insulation | 22 |
| Gambar 2.13 Sebelum disambung antara semikonduktor..... | 25 |
| Gambar 2.14 Pergerakan elektron <i>hole</i> setelah disambung | 25 |
| Gambar 2.15 Hasil muatan positif dan negatif semikonduktor..... | 26 |
| Gambar 2.16 Timbulnya listrik internal E | 26 |
| Gambar 2.17 Posisi sambungan semikonduktor dalam penangkapan cahaya Matahari | 27 |
| Gambar 2.18 Sambungan semikonduktor setelah ditembus cahaya matahari | 28 |
| Gambar 3.1 Blok diagram | 32 |
| Gambar 3.2 Rangkaian PLTS pada robot desinfektan | 33 |
| Gambar 3.3 Senor cahaya LDR | 34 |
| Gambar 3.4 Panel matahari 20 WP | 35 |
| Gambar 3.5 Rangkaian penguat arus dan relay | 35 |
| Gambar 3.6 Rangkaian mikrokontroller Atmega 8 sebagai control charger | 36 |
| Gambar 3.7 Diagram alir penelitian..... | 37 |
| Gambar 4.1 Foto rancangan robot..... | 39 |
| Gambar 4.2 Panel surya 20 watt untuk mensuplai robot | 42 |
| Gambar 4.3 Susunan baterai Litium Ion | 43 |
| Gambar 4.4 Diagram hasil pengukuran panel surya dengan beban motor DC | 44 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.5 Diagram hasil perhitungan arus dan daya output panel surya..... | 46 |
| Gambar 4.6 Proses pengukuran tegangan pada panel surya | 47 |
| Gambar 4.7 Diagram hasil pengujian regulator tegangan LM317..... | 48 |
| Gambar 4.8 Diagram hasil perhitungan daya output regulator | 49 |
| Gambar 4.9 Diagram proses pengujian pengisian baterai..... | 50 |
| Gambar 4.10 Diagram proses pengosongan pada baterai | 52 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebuah penelitian dan pengembangan dibidang energi yaitu energi surya merupakan penelitian berkesinambungan untuk menghasilkan suatu terobosan energi terbarukan untuk menghasilkan solusi menggantikan energi fosil yang semakin terbatas. Perkembangan teknologi dibidang konversi energi juga semakin pesat dan memberikan angin segar untuk menemukan berbagai sistem pembangkit energi terbarukan. Pada umumnya penemuan dan kemajuan teknologi memberi manfaat bagi manusia dalam kehidupan sehari-hari. Teknologi elektronika dan komputer saat ini memberikan banyak turunan ilmu aplikatif misalnya mesin-mesin otomatis, robotik, komunikasi, dan media sosial. Sebuah robot dapat dengan mudah diwujudkan dengan ditemukannya chip komputer sederhana misalnya mikrokontroler. Demikian juga dibidang energi, sebuah pembangkit atau sistem konversi ukuran mikro juga sangat mudah direalisasikan dengan adanya konverter seperti sel surya atau panel matahari.

Penulis akan membahas analisis sistem pembangkit listrik yang digunakan untuk mensuplai sebuah robot bergerak. Sistem robot yang bersumber dari sinar matahari dengan tugas melakukan mendesinfektan pada area-area publik. Perancangan robot terdiri dari sebuah tim yang terbagi menjadi 3 bagian antara lain yaitu perancangan sistem robotik, perancangan sistem pembangkit listrik dan divisi analisis sistem pembangkit. Bagian yang penulis tangani adalah bagian analisa sistem mulai dari pembangkit atau konversi cahaya ke listrik, menganalisa rangkaian penstabil dan sistem pengisian ulang pada baterai hingga analisis hasil rancangan dan hasil pengujian.

Sebagai informasi robot yang dirancang adalah sebuah robot penyemprot desinfektan yang dibuat untuk menggantikan tugas manusia dalam melakukan hal tersebut. Robot bertenaga surya ini digerakkan oleh 2 buah motor dc dan dikendalikan secara remote kontrol melalui sebuah smartpone. Sebagai pengendali sistem digunakan mikrokontroler sedangkan untuk menggerakkan motor dilakukan oleh penguat-penguat arus. Robot juga dilengkapi oleh baterai

agar dapat beroperasi jika tidak ada cahaya matahari atau kurang. Secara keseluruhan, untuk membahas sistem ini akan dibuat dalam bentuk tulisan tesis atau tugas akhir dengan judul “*ANALISA SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA PADA ROBOT DESINFECTAN*”. Pembahasan ditulis dalam 5 bab sesuai sistematika yang berlaku. Berikut adalah rincian proses pembahasan yang akan dilakukan mulai dari rumusan, tujuan, batasan masalah dan sebagainya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas dapat dirumuskan beberapa masalah yang akan dihadapi antara lain:

1. Bagaimana menganalisis kebutuhan energi listrik sebuah robot bergerak.
2. Bagaimana menghitung kebutuhan daya untuk menentukan kapasitas baterai yang dibutuhkan sebagai energi utama.

1.3 Ruang lingkup

Dalam penulisan Tugas Akhir ini pembahasan masalah hanya dibatasi pada hal-hal berikut :

1. Rancang bangun menggunakan panel surya 20 WP untuk menghasilkan listrik 12V.
2. Sistem PLTS menghasilkan energi listrik arus searah (DC) sehingga analisis hanya seputar listrik DC.
3. Menganalisis penggunaan arus listrik atau daya oleh motor penggerak, beban berat dan sebagainya untuk menentukan kapasitas pembangkit yang dibutuhkan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat analisa kebutuhan daya sebuah robot bergerak.
2. Menghitung dan Menentukan kapasitas daya untuk menentukan kapasitas baterai yang harus digunakan dalam desain robot tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian dan analisa sistem adalah :

1. Mengetahui kapasitas daya dan energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan sebuah robot bergerak penyemprot cairan desinfektan.
2. Memberikan informasi kepada perancang robot kebutuhan komponen yang dibutuhkan agar rancangan efisien dan ekonomis.
3. Memberikan kesempatan pada penulis untuk ikut mendesain sebuah robot bergerak pada divisi analisis sebelum perancangan dan analisis hasil rancangan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Photovoltaic cell atau pembangkit listrik tenaga surya banyak dilirik oleh masyarakat mengingat teknologi ini dapat digunakan diberbagai lokasi yang memiliki potensi sinar matahari, terutama dibagian bumi yang bersifat tropis. Energi listrik yang diproduksi atau dihasilkanoleh photovoltaic sangat bergantung pada intensitas matahari. Pemanfaatan *solar cell* dengan PLN sebagai sumber energi listrik rumah tinggal yaitu dilakukannya pengukuran energi yang mampu disuplai oleh energi yang dihasilkan dari *solar cell*. Sedangkan, komponen yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan dua panel surya yang masing-masing berkapasitas 100 *watt peak*, *controller* 12/24 Volt DC yang berkapasitas 60 A, *inverter* yang berkapasitas 500 watt, *accumulator* yang berkapasitas 100 Ah, dan lampu DC Philips (5 Watt,10 Watt,13 Watt) serta lampu 5 buah SL 18 Watt. Setelah dilakukannya pengujian, maka didapatkan produksi arus yang paling tinggi yaitu terjadi pada jam 12.30, dengan nilai arus sebesar 13 A dan tegangan 14 Volt DC. Kemudian, energi listrik yang dihasilkan pada siang hari akan digunakan untuk memasok beban penerangan yaitu lampu pada jam 17.00 hingga jam 06.00 dengan rata-rata energi yang dapat digunakan sebesar 1,027 kWh per malam harinya.(Asy'ari, Rozaq, & Setia Putra, 2014)

Pada penggunaan sistem *hybrid* yang terdiri dari dua buah sumber pembangkitan dari *solar cell* dan PLN, yang bertujuan untuk dapat saling membantu antar pembangkit. Adapun komponen yang digunakan dalam sistem ini yaitu dengan menggunakan *solar cell* yang berkapasitas sebesar 100 *wattpeak* dengan menghasilkan tegangan 20,03 V; arus 4,52 A; dan daya sebesar 90,52 W; serta mengalami beban puncak pada jam 13.00. Kemudian, pengisian baterai dinyatakan sudah penuh atau 100% ketika tegangan mencapai 12,7 V. Sedangkan, ketika baterai dalam keadaan 30% hingga 40% dengan tegangan sebesar 11,8 V, maka akan dilakukan pengisian baterai kembali. Semua sistem dikontrol dengan PLC menggunakan bahasa *ladder* diagram.(Raharjo, Sujanarko, & Hardianto, 2015)

Pada penggunaan listrik tenaga surya harus mempertimbangkan dan merencanakan secara matang dan teliti besarnya kebutuhan minimum energi listrik yang dibutuhkan. Hal ini dimaksudkan agar menghindari pembelian komponen yang tidak sesuai kebutuhan. Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain; besarnya total beban yang akan digunakan, jumlah modul yang digunakan, besarnya kapasitas baterai yang diperlukan, dan posisi dimana photovoltaic akan dipasang. (Salman, 2015)

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Energi

a. Pengertian Energi

Energi disebut juga dengan tenaga yang artinya adalah suatu kemampuan yang digunakan untuk melakukan suatu usaha atau pekerjaan. Sedangkan, menurut Hukum Kekekalan Energi, energi adalah tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, tetapi dapat diubah bentuknya.

Adapun beberapa pengertian energi menurut para ahli yaitu pertama, Robert L Worke yang menyatakan energi adalah merupakan kemampuan untuk membuat sesuatu terjadi, sedangkan menurut KBBI energi adalah daya (kekuatan) yang dapat digunakan berbagai proses kegiatan kerja seperti pada energi listrik dan mekanika.

Energi terbagi menjadi dua kategori yaitu energi potensial dan energi kinetik. Namun, selain energi potensial dan energi kinetik, terdapat pula energi yang lainnya yaitu energi mekanik, listrik, elektromagnetik, kimia, panas, nuklir, angin, dan lain-lain. Kemudian, dari sebagian energi tersebut harus diubah bentuknya agar dapat digunakan oleh manusia dalam kehidupan sehari-hari.

b. Sumber Energi

Sumber energi adalah segala sesuatu yang dapat menghasilkan energi, seperti sumber energi yang berasal dari alam, tanaman, sampah organik ataupun dari bahan bakar. Berikut energi yang dikelompokkan berdasarkan sumbernya yaitu sebagai berikut:

1. Energi tidak terbarukan

Energi tidak terbarukan adalah suatu energi yang tidak bisa diperbaharui maupun diregenerasi dari sumbernya, dan tersedia dalam jumlah yang terbatas.

Selain itu sumber-sumber energi tersebut dapat habis, kemudian juga akan menimbulkan efek negatif bagi makhluk hidup seperti akan terjadinya polusi udara, air, dan tanah yang dapat mempengaruhi penurunan kesehatan. Energi tak terbarukan ini dapat berupa minyak bumi, gas alam, uranium, dan batubara, serta sumber energi lain yang berasal bahan bakar fosil.

2. Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah suatu energi yang bersumber dari proses alam yang dijadikan sebagai energi alternatif dengan jumlah yang tidak terbatas atau dapat habis secara alami. Energi terbarukan ini tidak menimbulkan polusi, ramah lingkungan dan tidak menimbulkan efek negatif terhadap makhluk hidup lainnya, sehingga energi ini dianggap sebagai energi yang paling bersih di bumi seperti energi matahari, angin, sungai, ombak, tumbuhan, dan sebagainya.

2.2.2 Potensi Sumber Energi Alternatif

Sumber energi yang digunakan di Indonesia sebagai bahan bakar pembangkit tenaga listrik rata-rata merupakan sumber energi yang berasal dari fosil yang tidak dapat diperbaharui dan tidak akan bertahan cukup lama. Dan pada saat ini, penggunaan sumber energi dari bahan bakar fosil semakin menipis jika terus-menerus digunakan. Oleh sebab itu, mengingat krisis energi yang terjadi di Indonesia tersebut, pengembangan dan penerapan sumber energi terbarukan ini, dapat menjadi solusi untuk mengurangi ketergantungan terhadap pemakaian bahan bakar fosil sebagai sumber utama dalam membangkitkan tenaga listrik. Berikut macam-macam sumber energi terbarukan yaitu sebagai berikut:

a. Energi Solar

Energi solar adalah energi yang berasal dari sinar dan panas matahari. Energi ini dapat langsung dimanfaatkan dengan menggunakan teknologi, seperti mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan sel fotovoltaic.

b. Energi panas bumi

Energi panas bumi adalah Sumber energi yang berasal dari panas atau uap dari dalam bumi. Energi panas bumi ini juga dapat digunakan sebagai penghasil listrik yaitu dengan cara melubangi tanah bawah tanah dengan menggunakan bor, masukkan pipa-pipa yang digunakan untuk mengalirkan uap atau air panas, lalu alirkan uap atau air panas tersebut ke pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTPB) yang kemudian akan diproses untuk menghasilkan listrik. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB) juga seperti pembangkit tenaga batubara biasa, akan tetapi perbedaanya PLTPB ini tidak memerlukan bahan bakar.

c. Energi angin

Tenaga angin adalah suatu energi yang berasal dari tiupan angin yang diikuti dengan energi gerak yang digunakan untuk melakukan suatu usaha. Tenaga angin juga dapat dikonversi menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin.

d. Energi air

Tenaga air adalah suatu energi yang berasal dari air yang berada di sungai maupun air terjun. Tenaga air juga dapat digunakan sebagai penghasil energi mekanik yang diubah menjadi energi listrik yang dilakukan dengan cara menempatkan sebuah kincir air di sungai, kemudian air yang mengalir dari sungai tersebut akan menggerakkan kincir tersebut dan akan memproduksi energi listrik. Namun, sebenarnya tenaga air ini sudah banyak digunakan sebagai penghasil energi listrik dengan sebutan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

e. Biomassa

Biomassa adalah suatu energi yang berasal dari kayu, tanaman pangan, dan limbah hewan serta tumbuhan. Energi ini pun bersifat terbarukan karena semua benda organik seperti kayu dan tanaman pangan akan selalu tumbuh dan akan selalu ada limbah hewan dan tumbuhan. Energi ini juga dapat digunakan untuk memasak dan memanaskan, bahkan dapat digunakan sebagai sumber dari pembangkitan listrik.

f. Energi Ombak

Tenaga ombak yaitu suatu energi yang memanfaatkan ombak air laut. Dan penyebab ombak air laut beralun karena tertiup angin dari atas laut. Tenaga ombak ini juga memiliki potensi sebagai sumber energi yang hebat jika dapat dimanfaatkan dengan benar. Cara kerja dari tenaga ombak yang digunakan sebagai sumber penghasil listrik yaitu dengan cara menangkap ombak air laut dan dinaikkan ke bilik, kemudian dari bilik tersebut akan mengeluarkan udara secara paksa. Udara yang dikeluarkan secara paksa tersebut digunakan untuk menggerakkan turbin yang memproduksi listrik sama halnya seperti turbin angin yang menggerakkan generator.

g. Energi Pasang Surut

Energi pasang surut yaitu suatu energi yang memanfaatkan pasang surutnya air laut yang terjadi selama dua kali sehari, ketika tingkat air laut pasang dan surut maka akan menggerakkan volume air yang sangat banyak di sepanjang garis pantai. Energi pasang surut ini dapat dimanfaatkan sebagai penghasil listrik seperti tenaga air, namun dalam jumlah yang lebih besar. Cara kerja energi pasang surut sebagai penghasil listrik yaitu ketika air laut pasang, air laut dapat ditahan di belakang bendungan. Sedangkan, ketika air laut surut, maka akan terlihat perbedaan antara ketika air laut pasang dan surut dalam segi ketinggian air lautnya, kemudian air laut yang berada di belakang bendungan dapat mengalir melalui turbin dan menyebabkan turbin tersebut berputar. Berputarnya turbin inilah yang akan memproduksi listrik.

2.2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

PLTS adalah sebuah pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari melalui sel surya (*photovoltaic*) yang dikonversikan menjadi energi listrik yang berasal dari radiasi sinar foton matahari. Sel surya (*photovoltaic*) sendiri merupakan suatu lapisan tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni dan bahan semikonduktor lainnya. Sinar matahari yang dimanfaatkan oleh PLTS ini akan memproduksi listrik DC yang dapat dikonversi menjadi listrik AC apabila dibutuhkan. Dan PLTS ini akan tetap menghasilkan listrik meskipun cuaca mendung selama masih terdapat cahaya (Tjok Gd. Visnu Semara Putra, 2015).



Gambar 2.1 Contoh penerapan sel surya ke dalam panel surya
 (Tjok Gd. Visnu Semara Putra. 2015. *Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15 KW Di Dusun Asah Teben Desa Datah Karangasem.*
 (Bachelor thesis). Bali: Universitas Udayana)

Pada dasarnya, PLTS yaitu penghasil listrik yang dapat dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam jumlah kecil hingga besar, baik menggunakan sistem berdiri sendiri maupun sistem *hybrid* dan baik menggunakan metode desentralisasi (satu rumah dengan satu pembangkit) maupun metode sentralisasi (listrik yang didistribusikan dengan jaringan kabel). PLTS merupakan dari sumber energi terbarukan, dimana sinar matahari sebagai sumber energi yang tidak ada habisnya. Selain itu, PLTS merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan karena tidak menggunakan komponen yang berputar, tidak berdampak polusi (udara, air, dan laut), dan tidak mengeluarkan emisi berupa gas buang atau limbah (Tjok Gd. Visnu Semara Putra, 2015).

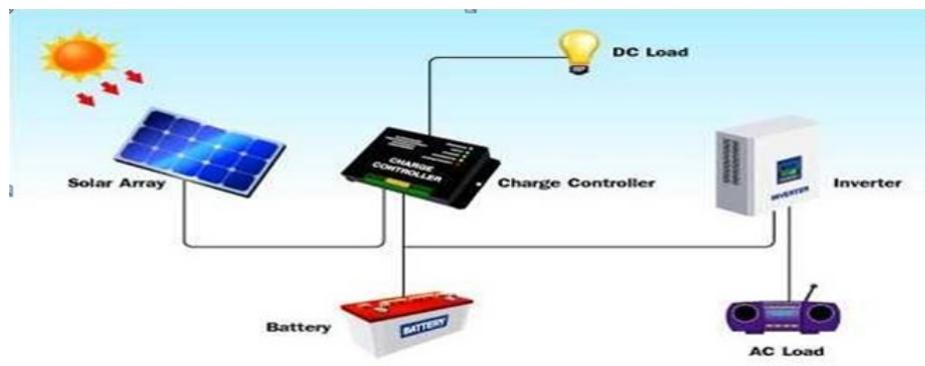
2.2.4 Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Berdasarkan aplikasi dan konfigurasinya, secara garis besar PLTS diklarifikasi menjadi tiga yaitu sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan (*off-grid PV plant*), sistem PLTS *On-grid*, dan sistem PLTS *Hybrid* yaitu apabila PLTS dalam penggunaannya digabung dengan jenis pembangkit listrik lain.

Menurut IEEE standard 929-2000 sistem PLTS dibagi menjadi tiga kategori, yaitu PLTS skala kecil dengan batas 10 kW atau kurang, skala menengah dengan batas antara 10 kW hingga 500 kW, skala besar dengan batas di atas 500 kW (Omran, IEEE, 2000).

2.2.4.1 Sistem PLTS Terpusat (*Off-Grid*)

Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Terpusat (*Off-Grid*) merupakan sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi matahari tanpa terhubung dengan jaringan PLN. Sistem PLTS *Off-Grid* disebut juga sebagai *Stand alone PV System* yaitu sistem pembangkit yang hanya mengandalkan energi cahaya matahari sebagai sumber energi utama dengan memanfaatkan rangkaian *photovoltaic module* untuk menghasilkan energi listrik berdasarkan kebutuhan. Berikut konfigurasi dari sistem PLTS *Off-Grid* :



Gambar 2.2 Prinsip kerja PLTS *Off-Grid*

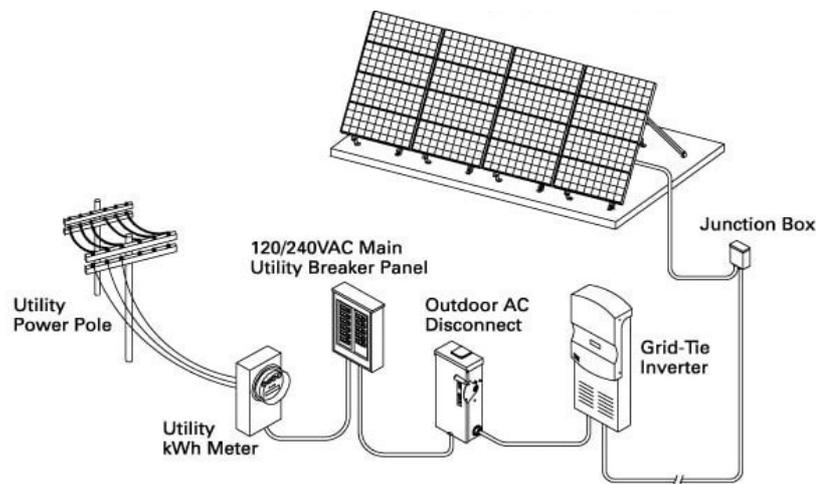
(<https://rbtimur.com/hello-world/>)

Prinsip kerja sistem PLTS terpusat dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Sel surya (*photovoltaic*) akan menghasilkan energi listrik pada siang hari dan baterai akan menyimpan energi listrik tersebut. Dan penyimpanan energi listrik dari *photovoltaic* ke dalam baterai dibantu dengan menggunakan ` *solar charge controller* dengan tujuan agar tidak terjadinya kelebihan dalam pengisian (*overcharge*).
- Kemudian energi listrik yang tersimpan dalam baterai digunakan untuk memenuhi kebutuhan beban AC. Namun, sebelum disuplai ke beban AC dari baterai, terlebih dahulu tegangan DC pada sisi baterai dikonversikan ke tegangan AC melalui inverter saat dibutuhkan.

2.2.4.2 Sistem PLTS Terinterkoneksi (*On-Grid*)

Sistem PLTS terinterkoneksi (*On-Grid*) atau yang disebut dengan *Grid Connected PV System* adalah sistem pembangkit listrik yang memanfaatkan radiasi matahari untuk menghasilkan listrik. Dan sesuai dengan namanya, maka sistem ini akan dihubungkan dengan jaringan PLN dengan mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari melalui modul surya atau *photovoltaic modul* yang menghasilkan listrik semaksimal mungkin. Sistem ini juga dianggap ramah lingkungan dan bebas emisi. Sistem PLTS terinterkoneksi juga merupakan sebuah solusi *Green Energi* bagi masyarakat perkotaan baik perkantoran maupun perumahan yang bertujuan untuk dapat memperkecil tagihan rekening listrik dari PLN dan dapat memberikan nilai tambah kepada pemiliknya

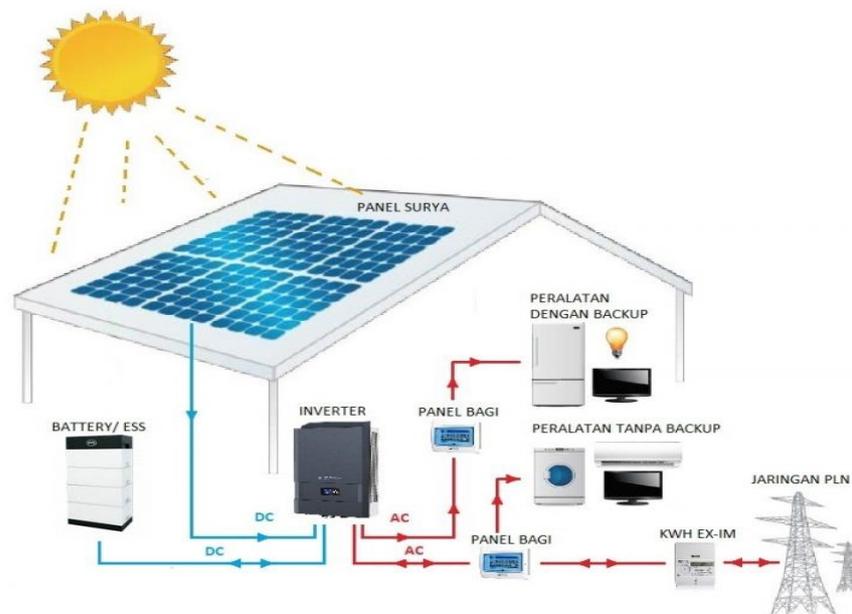


Gambar 2.3 Prinsip Kerja PLTS *On-Grid*

2.2.4.3 Sistem PLTS Hibrid

Sistem *hybrid* adalah sistem yang menghubungkan sistem pembangkit listrik satu dengan yang lain atau yang disebut berkolaborasi antara 2 atau lebih sistem pembangkit dan biasanya sumber pembangkit yang digunakan untuk sistem ini yaitu energi angin, mikrohidro, energi solar, dan genset. Untuk itu, sistem *hybrid* dapat teriri dari PLTS-Genset, PLTS-Mikrohidro, PLTS-Energi Angin, dan lainnya. Dan sistem *hybrid* sudah banyak digunakan di Indonesia, baik PLTS Genset, PLTS Mikrohidro, maupun PLTS energi angin-mikrohidro, akan tetapi sistem *hybrid* yang paling banyak digunakan yaitu PLTS-Genset. Sistem *hybrid*

PLTS-Genset ini umumnya menggunakan genset yang tidak terhubung dengan jaringan PLN atau yang disebut dengan genset yang berdiri sendiri.



Gambar 2.4 Skema *hybrid photovoltaic power system*

(<http://www.sunergi.co.id/id/sistem-hybrid/>)

2.2.5 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Dalam perencanaan pembangunan sebuah sistem PLTS juga membutuhkan beberapa komponen-komponen yang dapat menunjang sistem ini, baik itu berupa komponen utama maupun komponen pendukung, diantaranya yaitu :

2.2.5.1 Sel Surya (*Photovoltaic*)

1. Pengertian Sel Surya

Sel surya atau yang disebut juga dengan *photovoltaic* adalah sebuah komponen elektronik yang dapat mengubah radiasi matahari menjadi energi listrik, perubahan energi ini disebabkan sebuah proses yang di sebut efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* sendiri adalah pelepasan muatan positif dan negatif dalam material padat melalui cahaya. Jadi secara tidak langsung output berupa arus dan tegangan dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya (Rosyadi, 2016).

2. Sistem Instalasi Sel Surya

Terdapat dua sistem dalam instalasi *solar cell*, yaitu sistem dengan rangkaian seri dan sistem dengan rangkaian paralel.

- Rangkaian Seri *Solar Cell*

Pada penyusunan seri akan meningkatkan tegangan tetapi arus konstan. Tegangan total yang dihasilkan adalah penjumlahan dari tegangan yang dihasilkan oleh modul ($V_{oc1} + V_{oc2}$), hal ini sesuai dengan hukum Kirchoff. Hubungan seri solar sel diperoleh dengan menghubungkan terminal positif (+) sel surya pertama dengan terminal negatif (-) yang baru, untuk mempermudah pemahaman, solar sel dapat diibaratkan sebagai baterai yang dihubungkan seri. Dari hubungan seri ini didapatkan: Tegangan solar sel dijumlahkan apabila terhubung seri (untuk mendapatkan jumlah tegangan yang lebih besar). (Siregar, Evalina, Cholish, Abdullah, & Haq, 2021)

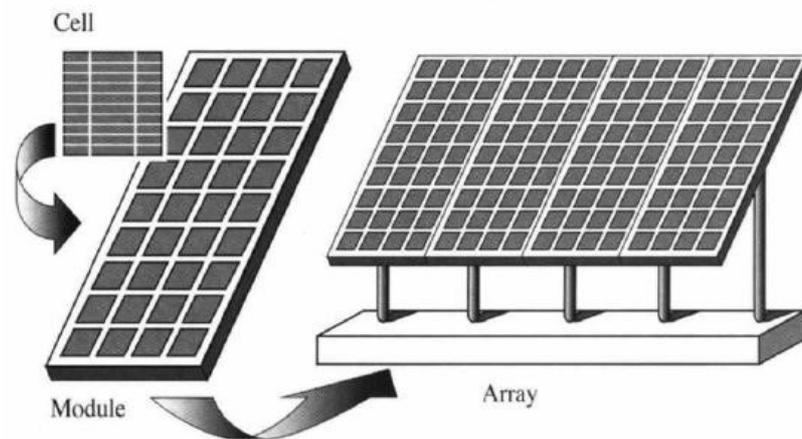
- Rangkaian Paralel *Solar Cell*

Susunan paralel sel surya dapat meningkatkan arus tetapi tegangan tetap. Arus total yang dihasilkan adalah penjumlahan dari arus yang dihasilkan modul ($I_1 + I_2$) hal merujuk pada hukum kirchoff. Hukum Kirchoff Current Law menyatakan bahwa arus (I) yang akan memasuki titik simpul utama adalah sama dengan jumlah dari ketiga arus yang meninggalkan simpul melalui cabang – cabangnya. Rangkaian paralel sel surya di dapat apabila terminal kutub positif dan negative sel surya dihubungkan satu sama lain. Maka tegangan sel surya yang dihubungkan paralel sama dengan satu sel surya

3. Modul Surya

Modul surya atau *Photovoltaic Module* adalah suatu komponen elektronik yang digunakan untuk mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik yang disusun dari beberapa panel surya yang dirangkai seri maupun paralel, kemudian disusun dalam satu bingkai (*frame*) yang diberi laminasi atau lapisan pelindung. Kemudian susunan dari beberapa modul surya yang terpasang sedemikian rupa pada penyangga disebut *array*. PV modul yang terangkai seri dari sel-sel surya ditujukan untuk meningkatkan, atau dalam hal ini dapat dikatakan menggabungkan tegangan

(VDC) yang dihasilkan setiap selnya. Sedangkan untuk arusnya dapat didesain sesuai kebutuhan dengan memperhatikan luas permukaan sel.



Gambar 2.5 Skema hubungan antara *solar cell*, modul, panel, dan *array* (Wilianri. 2010. *Rancang bangun "MOBILE POWER SUPPLY" multiguna berbasis sel surya pada piranti elektronika bertegangan di bawah dua belas (skripsi)*, Universitas Mercu Buana.)

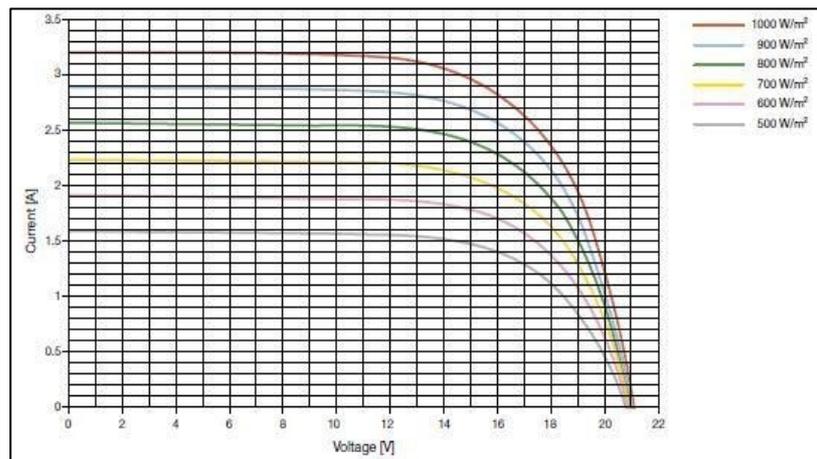
4. Faktor-faktor yang mempengaruhi produksi energi listrik dari PLTS

Dalam memproduksi energi listrik, modul surya pun dapat dipengaruhi dari beberapa faktor utama, yaitu sebagai berikut :

a. Iradiasi (besarnya intensitas sinar matahari) pada modul surya

Iradiasi adalah ukuran banyaknya sinar matahari yang mengenai suatu permukaan luas panel surya. Total energi dari sinar matahari selalu konstan, tetapi nilai iridiasi dapat berubah-ubah sepanjang hari. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi suatu nilai iridiasi antara lain, sudut azim azimuth matahari, keadaan awan, cuaca yang mendung, serta polusi udara.

Pengaruh iradiasi terhadap produksi energi listrik pada panel surya dapat dilihat pada gambar di bawah, yang memperlihatkan fungsi peristiwa iradiasi terhadap kurva karakteristik tegangan (V) dan arus (I).



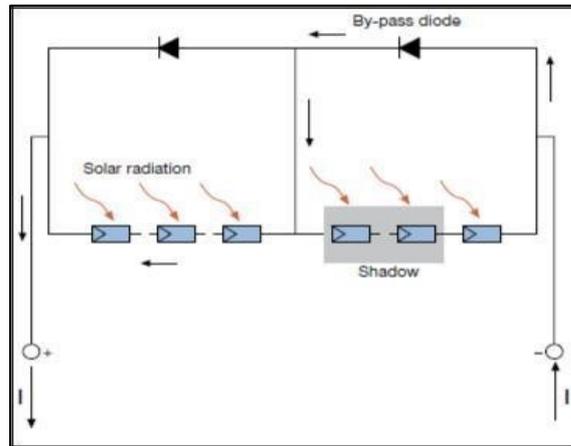
Gambar 2.6 Grafik pengaruh iradiasi terhadap modul surya
(Anonim. 2010. *Technical Application Papers No. 10 Photovoltaic Platns*. Italy: ABB SACE)

Ketika nilai iradiasi atau intensitas sinar matahari menurun, maka arus yang dihasilkan oleh modul surya akan ikut menurun dengan proporsional, sedangkan variasi dari tegangan tanpa beban sangatlah kecil. Sebagai suatu kenyataan, efisiensi dari konversi pada modul surya tidak terpengaruh oleh iradiasi yang bervariasi asalkan masih dalam batas standar operasi dari modul surya, yang berarti bahwa efisiensi konversi adalah sama untuk keduanya, baik dalam kondisi cerah begitu juga kondisi mendung. Dengan demikian, kecilnya nilai energi listrik yang diproduksi dari panel surya ketika cuaca mendung dapat dijadikan acuan yang disebabkan oleh produksi arus listrik yang turun bukan karena penurunan efisiensi akibat rendahnya intensitas matahari.

b. Bayangan (*Shading*)

Berbicara mengenai area yang digunakan oleh modul surya pada suatu PLTS, sebagian darinya (satu atau lebih sel) mungkin dibayangi atau terhalangi oleh pepohonan, daun yang jatuh, asap, kabut, awan, atau panel surya yang terpasang di dekatnya. Pada khusus shading ini, sel surya yang tertutupi akan berhenti memproduksi energi listrik dan berubah menjadi beban pasif. Sel ini akan berlaku seperti diode dalam kondisi memblok arus yang diproduksi oleh sel lain dalam hubungan seri dan akan membahayakan keseluruhan produksi dari modul surya tersebut, terlebih dapat merusak modul akibat adanya panas yang berlebih. Dalam hal ini menghindari permasalahan yang lebih besar akibat shading pada

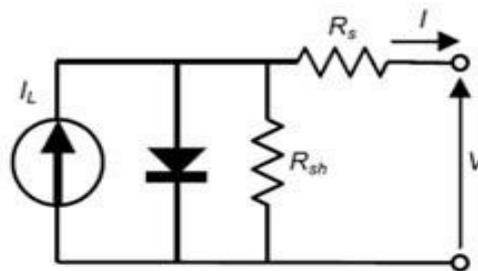
suatu string, maka diantisipasi dengan penggunaan diode *by-pass* yang terpasang paralel pada masing-masing modul (ABB QT Vol. 10).



Gambar 2.7 Pengaruh *shading* terhadap modul surya
(Anonim. 2010. *Technical Application Papers No. 10 Photovoltaic Platns.*
Italy: ABB SACE)

5. Rangkaian Ekuivalen PV

Pada umumnya panel surya atau *photovoltaic* (PV) memiliki rangkaian ekuivalen dan pemodelan matematis yang sangat diperlukan untuk mengetahui parameter panel surya yang digunakan. Berikut rangkaian ekuivalen PV :



Gambar 2.8 Rangkaian ekuivalen PV

(<http://electricityofdream.blogspot.co.id/2016/09/pengertian-rangkaian-ekivalenkurva.html>)

Sebuah sel panel surya dapat dimodelkan oleh sebuah sumber arus secara paralel dengan dioda. Sebuah *resistor shunt* dan sebuah *resistor paralel* ditambahkan untuk model mekanisme kerugian dalam sel panel surya. Dari gambar rangkaian ekuivalen diatas yang dihasilkan oleh sel panel surya adalah sumber arus

dikurangi arus yang mengalir melalui dioda dan yang mengalir melalui resistor paralel, sehingga dapat dituliskan persamaan seperti berikut :

$$I = I_L - I_0 \left[\exp \left(\frac{V+R_s I}{V_t a} \right) - 1 \right] - \frac{V+R_s I}{R_{sh}} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana I_L arus yang dibangkitkan cahaya (A), I_0 arus saturasi dioda p-n (A), R_s merupakan resistor seri pada *photovoltaic* (ohm), R_{sh} resistor paralel sel panel surya (ohm), a adalah parameter dioda $1 < a < 2$ dan V_t tegangan terminal (V) yang dinyatakan seperti persamaan berikut:

$$V_t = N_s \frac{kT}{q} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana, T merupakan temperatur (K), k konstanta Boltzmann (1.3806×10^{-23} J/K) dan q muatan elektron (1.6021×10^{-19} C). R_p resistor shunt adalah suatu resistor paralel yang menunjukkan pada sambungan p-n diode terdapat nilai arus yang bocor (*leakage*) yang nilai arusnya sekitar $0.1 - 10 \text{ m}^2$ untuk panel surya modul yang terbuat dari bahan semikonduktor berupa silikon.

Estimasi arus dan tegangan yang dihasilkan oleh modul sel surya yang menentukan besar produksi energi dari sistem sel surya, dimana daya keluaran sel surya ditentukan berdasarkan pada karakteristik teknis dan parameter lingkungan. Dengan demikian, model sel surya terdiri dari parameter listrik yang dalam keadaan standart yaitu μ_{isc} koefisien temperature arus hubung singkat, I_{sc} dan μ_{voc} koefisien temperature *open circuit voltage*, V_{oc} . Nilai I_{sc} dan V_{oc} ditentukan berdasarkan persamaan dengan meninjau parameter lingkungannya :

$$I_{sc} = I_{sc,ref} \frac{G}{G_{ref}} + \mu_{1,sc} (T_c - T_{c,ref}) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$V_{oc} = V_{oc,ref} + mV_t \ln \left(\frac{G}{G_{ref}} \right) + \mu_{1,sc} (T_c - T_{c,ref}) \dots\dots\dots (2.4)$$

Open Circuit Voltage V_{oc} , adalah tegangan yang ketika tidak adanya arus (*current*), maka dapat mencapai tegangan yang memiliki kapasitas maksimum, sehingga daya yang dihasilkan adalah nol. Sedangkan, *Short Circuit Current* I_{sc} , adalah arus yang memiliki kapasitas maksimum yang dihasilkan oleh *photovoltaic* yang berada di bawah kondisi ketika tidak adanya resistansi (*short circuit*). Daya pada I_{sc} adalah 0 watt.

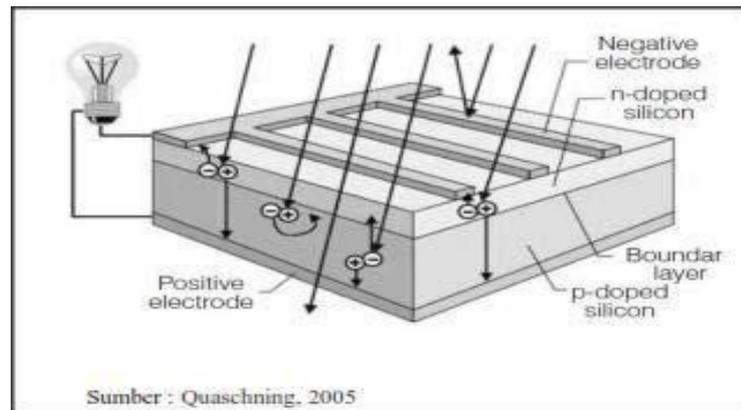
Efisiensi energi panel surya adalah perbandingan antara energi total (termal dan elektrik) dengan energi matahari yang ditangkap oleh bidang permukaan panel surya yang dirumuskan pada persamaan berikut :

$$\eta_{en} = \frac{v_{oc} \times I_{sc}}{A \times S_T} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana V_{oc} (V) menyatakan tegangan *open circuit*, I_{sc} arus *short circuit* (A), S_T radiasi global Matahari (W/m^2), dan A luas permukaan modul PV (m^2).

6. Semikonduktor PV

Dalam *photovoltaic* memiliki dua lapisan tipis semikonduktor yang dihubungkan dengan sambungan (*junction*) yaitu positif dan negatif yang terbuat dari bahan semikonduktor berupa silikon. Bagian positif yaitu suatu bagian lapisan yang permukaannya dibuat sangat tipis dengan tujuan agar radiasi matahari dapat menembus langsung ke sambungan dan bagian ini juga diberi lapisan nikel berbentuk cincin yang digunakan sebagai terminal keluaran positif. Sedangkan, bagian negatif yang berada dibawah bagian positif ini juga diberi lapisan nikel yang digunakan sebagai terminal keluaran negatif. Proses terbentuknya arus listrik yaitu ketika radiasi matahari tertangkap oleh bidang permukaan *photovoltaic*, kemudian beberapa foton dari radiasi matahari tersebut diserap oleh atom semikonduktor, di dalam atom semikonduktor ini elektron akan dibebaskan dari ikatan atomnya. Elektron yang bergerak bebas dan berpindahpindah inilah yang menimbulkan adanya arus listrik (Quaschnig, 2005).



Gambar 2.9 Hubungan sel surya dan panel surya

(Quaschnig, Volker. 2005. *Understanding Renewable Energy Systems*. Ukraina: Earthscan)

7. Jenis Panel Sel Surya

a. Monokristal (Mono-crystalline)

Monokristal merupakan jenis panel sel surya yang memiliki efisiensi yang bagus dan menghasilkan daya listrik persatuan luas yang sangat paling tinggi. Monokristal dirancang untuk penggunaan yang menggunakan energi listrik yang besar pada tempat-tempat yang beriklim ekstrim dan dengan kondisi alam yang kurang bagus. Panel sel surya ini memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel surya ini adalah tidak akan berfungsi dengan baik apabila ditempatkan pada tempat dimana kurangnya terdapat cahaya matahari (teduh), dan efisiensinya akan berkurang ketika pada saat cuaca berawan

b. Polikristal (Poly-Crystalline)

Polikristal merupakan panel surya yang memiliki susunan Kristal acak karena dipabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan energi listrik yang sama. Panel surya jenis ini memiliki efisiensi yang rendah dibandingkan jenis monokristal, sehingga memiliki harga yang lebih rendah.

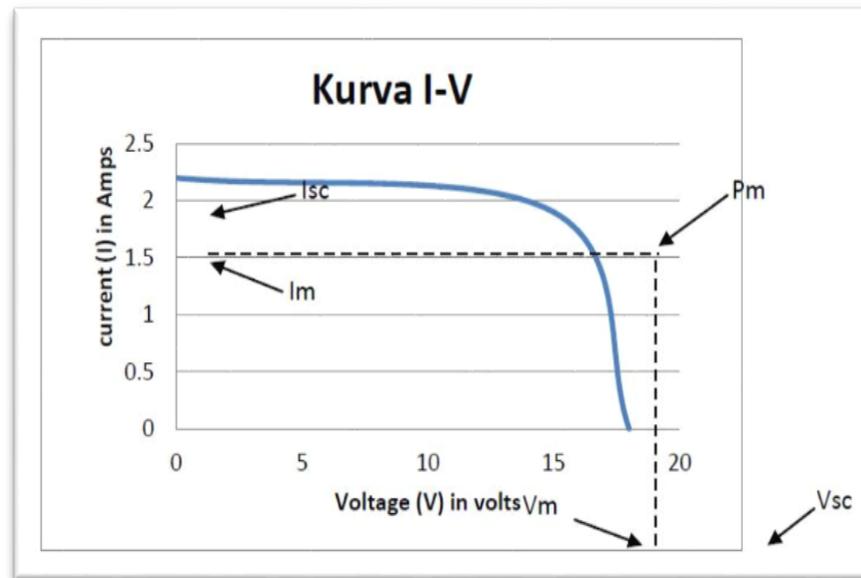
c. Thin Film Photovoltaic

Thin film photovoltaic merupakan panel surya (dua lapis) dengan struktur lapisan tipis monokristal-silicon dan amorphous dengan efisiensi modul hingga 8,5%, sehingga untuk luas permukaan yang diperlukan per watt daya yang dihasilkan lebih besar daripada monokristal dan poliskristal. (Purwoto, Jatmiko, Alimul, Huda, 2000)

8. Karakteristik Sel Surya

Terdapat 3 karakteristik dari sel surya yaitu dilihat dari produksi listriknya, temperature, dan intensitas cahaya matahari. Pertama, dapat dilihat dari produksi listriknya, *photovoltaic* dibuat dari bahan semikonduktor berupa silikon yang digunakan sebagai insulator ketika suhunya kecil dan sebagai konduktor apabila terdapat energi dan panas. Besaran luas bidang semikonduktor jenis silikon ini tidak menentukan jumlah produksi energi listrik (energi matahari menjadi foton) dari *photovoltaic* dan secara stabil akan dapat memproduksi energi sekitar kurang lebih mulai dari 0.5 volt hingga mencapai 600 mV dengan arusnya sebesar 2 A dan nilai intensitas radiasi mataharinya sebesar $1000 \text{ W/m}^2 = "1 \text{ Sun}"$. Kekuatan radiasi solar matahari tersebut akan dapat memproduksi arus listrik (I) berkisar 30 mA/cm^2 setiap panel suryanya.

Photovoltaic akan dapat menghasilkan energi listrik maksimal apabila terdapat nilai tegangan maksimal (V_m) dan arus maksimal (I_m). Sedangkan arus hubung singkat (I_{sc}) akan mengeluarkan arus listrik maksimal ketika tidak adanya nilai tegangan dan arus hubung singkat (I_{sc}) berbanding langsung dengan intensitas radiasi mataharinya. Tegangan *open circuit* sendiri akan maksimal apabila nilai arusnya nol dan V_{oc} akan naik secara logaritma apabila intensitas radiasi mataharinya juga naik. Karakteristik inilah yang memungkinkan *photovoltaic* dapat mengisi aki.



Gambar 2.10 Kurva arus dan tegangan

(Wulandari, Triyas Ika. 2010. *Rancang Bangun Sistem Penggerak Pintu Air Dengan Memanfaatkan Energi Alternatif Matahari* (Skripsi). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November)

Keterangan:

Isc = arus hubung singkat (*short circuit*)

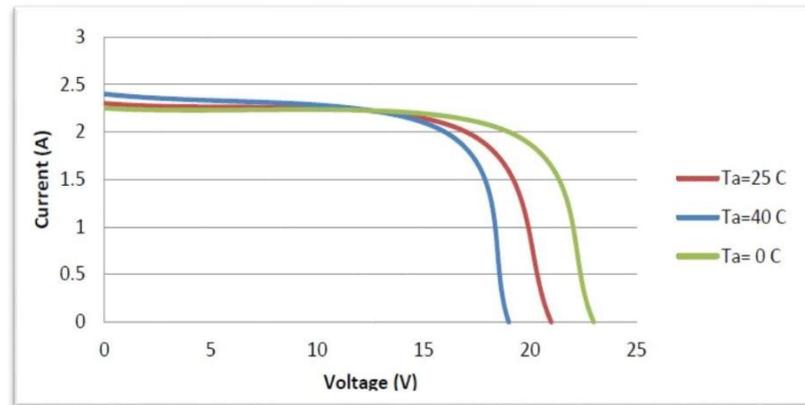
Voc = tegangan *open circuit* (volt)

Vm = tegangan maksimum (volt)

Im = arus maksimum (ampere)

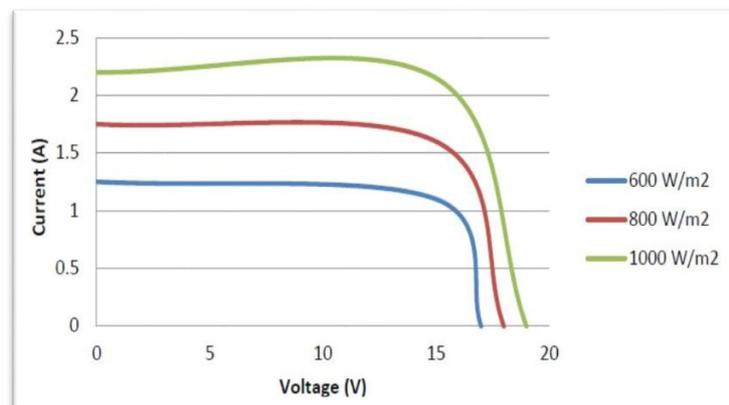
Pm = daya keluaran maksimum dari *photovoltaic* array (watt)

Kedua, dilihat dari temperature, *photovoltaic* dapat berjalan secara maksimal apabila suhunya normal yaitu sebesar 25 derajat celcius. Namun, apabila suhunya naik lebih besar melebihi suhu normal, maka akab dapat menurunkan nilai tegangan yang diproduksi karena pada setiap kenaikan suhu sebesar 1 derajat celcius dari 25 derajat, maka dapat mengurangi nilai tegangan berkisar 0.4 % dari keseluruhan tenaga yang dihasilkan 8 atau akan melemah 2 kali lipat untuk menaikkan suhu setiap 10 derajat celcius. Berikut grafik pengaruh temperatur pada sel surya :



Gambar 2.11 Grafik pengaruh *temperature* terhadap arus sel surya (Wulandari, Triyas Ika. 2010. *Rancang Bangun Sistem Penggerak Pintu Air Dengan Memanfaatkan Energi Alternatif Matahari* (Skripsi). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November)

Ketiga, dilihat dari intensitas radiasi matahari, nilai intensitas radiasi matahari akan banyak berpengaruh terhadap arus dan sedikit pada tegangan yaitu apabila nilai intensitas radiasi matahari yang diserap oleh *photovoltaic* semakin rendah, maka arusnya pun akan semakin rendah pula. Dengan hal tersebut dapat menentukan titik *Maximum Power Point* dalam kondisi yang berada pada titik yang semakin rendah juga. Berikut grafik antara arus dan tegangan berdasarkan intensitas matahari atau *insolation* dalam satuan W/m^2 :



Gambar 2.12 Grafik arus dan tegangan terhadap *insolation* (Sumber: Wulandari, Triyas Ika. 2010. *Rancang Bangun Sistem Penggerak Pintu Air Dengan Memanfaatkan Energi Alternatif Matahari* (Skripsi). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November)

Efisiensi dari konversi energi surya dari sel surya di deskripsikan melalui persamaan:

$$\eta = \frac{\text{Daya keluaran}}{\text{Daya masukan}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.6)$$

Tentunya dengan semakin tingginya nilai efisiensi maka semakin tinggi pula daya keluaran sel surya yang di dapatkan.

9. Parameter Sel Surya

Dalam masa operasi maksimal sel surya juga dipengaruhi oleh beberapa parameter, yaitu diantaranya :

a. Ambient air temperature (suhu)

Photovoltaic dapat bekerja maksimal apabila suhunya masih berada pada batas normal yaitu sebesar 25 derajat celcius. Namun, apabila suhunya lebih besar dari suhu normal, maka akan menurunkan nilai tegangan yang diproduksi karena setiap kenaikan suhu sebesar 1 derajat celcius dari 25 derajat, maka akan mengurangi nilai tegangan berkisar 0,4 % dari keseluruhan energi yang diproduksi 8 atau akan menurun 2 kali lipat yang digunakan untuk menaikkan suhunya setiap 10 derajat celcius.

b. Radiasi matahari

Radiasi matahari yang tertangkap di bumi dan berbagai lokasi bervariasi akan sangat tergantung terhadap kondisi spektrum cahaya matahari yang tertangkap di bumi. Intensitas radiasi matahari akan sangat berpengaruh terhadap arus dan sedikit pada tegangan yaitu apabila nilai intensitas radiasi matahari yang diserap oleh *photovoltaic* semakin rendah, maka arusnya pun akan semakin rendah pula. Dengan hal tersebut dapat menentukan titik *Maximum Power Point* dalam kondisi yang berada pada titik yang semakin rendah juga.

c. Kecepatan tiupan angin

Kecepatan angin bertiup adalah parameter *photovoltaic* yang dapat membantu menurunkan suhu bidang permukaan *photovoltaic* yang berada disekitarnya.

d. Kondisi atmosfer bumi

Kondisi atmosfer bumi ini seperti mendung, berawan, polusi, kabut, uap air udara, dan jenis partikel debu udara lainnya akan sangat mempengaruhi sel surya dalam penentuan hasil maksimal arus listriknya.

e. Orientasi sel surya (array)

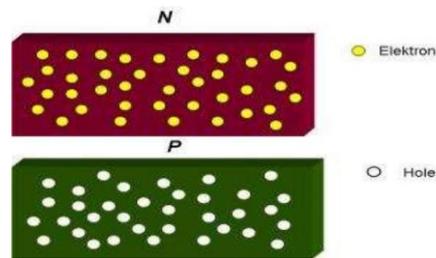
Orientasi sel surya sangatlah penting karena dari *photovoltaic* (array) yang dirangkai menghadap ke arah datangnya cahaya matahari secara optimal dapat membuat sel surya menghasilkan energi yang maksimal. Dan apabila bidang sel surya tidak dapat mempertahankan ketegak lurusannya dengan cahaya matahari, maka diperlukan penambahan luas pada bidang panel surya karena perlu diketahui bahwa bidang panel surya terhadap sinar matahari akan berubah setiap jamnya dalam sehari.

10. Proses Terbentuknya Listrik

Proses terbentuknya listrik yang berasal dari cahaya matahari yang menggunakan sel surya ini dimungkinkan yang disebabkan karena bahan penyusun *photovoltaic* sendiri yaitu bahan semikonduktor. Semikonduktor yang menyusun sel surya terdiri dari dua jenis semikonduktor, yaitu semikonduktor jenis negatif dan positif. Semikonduktor jenis negatif ini adalah jenis semikonduktor yang mempunyai elektron berlebih yang disebut juga dengan n= negatif karena muatan negatif yang terlalu banyak atau berlebih. Sedangkan, semikonduktor jenis positif adalah jenis semikonduktor yang terdapat kelebihan *hole* atau yang disebut juga dengan p=positif karena muatan positif yang terlalu banyak atau berlebih.

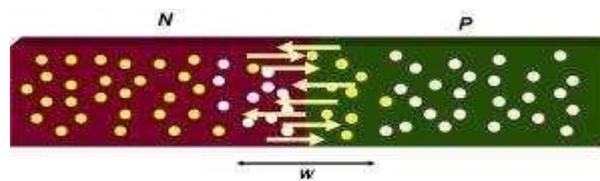
Pada awalnya, dua jenis semikonduktor yang dibuat ini mempunyai jumlah dan keunggulan yang sama dan keunggulannya yaitu dapat menaikkan tingkatan kemampuan daya hantar listrik dan panas dari semikonduktor alami ini. Dan apabila dua jenis semikonduktor dihubungkan menjadi satu, maka akan terbentuk hubungan atau sambungan yang disebut diode p-n atau dapat disebut juga sebagai sambungan metalurgi (*metallurgical junction*). Berikut proses perubahan cahaya matahari menjadi energi listrik dari sel surya :

- a. Semikonduktor jenis positif dan negatif sebelum dilakukannya penyambungan, yaitu sebagai berikut :



Gambar 2.13 Sebelum disambung antara semikonduktor jenis positif dan negatif
(<http://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-selsurya-lebih-dekat/>),)

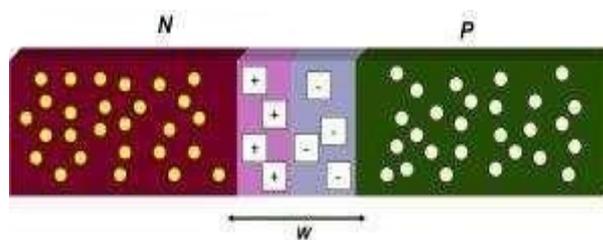
- b. Setelah dilakukannya penyambungan antara semikonduktor jenis p dan n, maka akan terjadi dua perpindahan yaitu perpindahan elektron yang bergerak bebas dari semikonduktor jenis negatif ke arah semikonduktor jenis positif dan pindahanya *hole* dari semikonduktor jenis positif ke semikonduktor jenis negatif.



Gambar 2.14 Pergerakan elektron dan *hole* setelah disambung di dalam semikonduktor

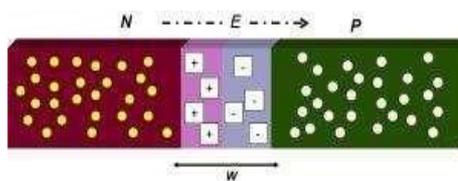
(<http://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-selsurya-lebih-dekat/>),)

- c. Setelah terjadi dua perpindahan tersebut, maka akan menyebabkan semikonduktor jenis n lebih bermuatan positif dan semikonduktor jenis p akan lebih bermuatan negatif. Hal tersebut dikarenakan baik kapasitas dari *hole* maupun elektron menjadi berkurang dengan adanya perpindahan tersebut.



Gambar 2.15 Hasil muatan positif dan negatif pada semikonduktor
(<http://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-selsurya-lebih-dekat/>)

- d. Setelah terjadinya dua perpindahan antara semikonduktor p dan n, maka terbentuklah daerah penyatuan elektron dan *hole* yang disebut dengan daerah depresi (*depletion region*) yang tertera pada gambar diatas dengan simbol huruf W. Dan perpindahan tersebut menyebabkan elektron dan *hole* disebut sebagai pembawa muatan minoritas akibat keberadaannya yang berbeda di daerah depresi.
- e. Perpindahan dua jenis semikonduktor ini menyebabkan adanya perbedaan antara muatan positif dan negatif di daerah depresi, kemudian perbedaan tersebut akan menimbulkan adanya listrik dari sisi positif ke sisi negatif. Timbulnya energi listrik ini akan mencoba menarik kembali baik elektron maupun *hole* ke tempat muatan tersebut berasal. Hal tersebut dikarenakan energi listrik cenderung berlawanan dengan adanya perpindahan yang di di daerah depress

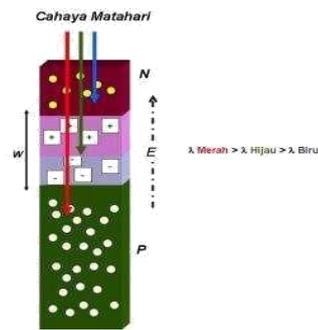


Gambar 2.16 Timbulnya listrik internal E

(<http://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-suryalebih-dekat/>)

- f. Timbulnya medan listrik ini akan membuat sambungan p-n menjadi setimbang karena kapasitas *hole* yang bergerak dari semikonduktor p ke n akan tertarik kembali ke semikonduktor p. Begitu juga dengan kapasitas elektron yang bergerak dari semikonduktor n ke p akan tertarik kembali ke semikonduktor n.

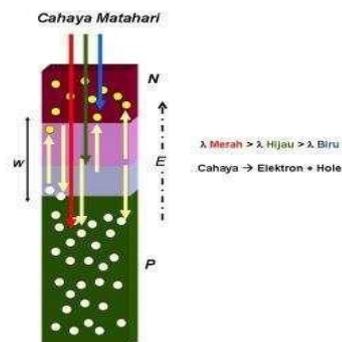
Dengan demikian, proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi pada sambungan p-n. Untuk menangkap cahaya matahari, maka posisi semikonduktor jenis n berada di atas lapisan semikonduktor jenis p dan menghadap ke radiasi matahari. Untuk itu, semikonduktor jenis n dibuat jauh lebih tipis dengan tujuan agar radiasi matahari yang tertangkap ke bidang permukaan *photovoltaic* dapat diserap yang kemudian masuk menuju daerah deperesi dan semikonduktor jenis positif.



Gambar 2.17 Posisi sambungan semikonduktor dalam penangkapan cahaya matahari

(<http://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-surya-lebih-dekat/>)

Pada saat hubungan semikonduktor ini menangkap radiasi matahari, maka elektron yang berada pada semikonduktor jenis n ini akan mendapatkan energi dari cahaya matahari. Setelah elektron ini mendapat energi, maka elektron dapat bergerak bebas dari semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor p. Bergeraknya elektron ini akan menyebabkan *hole* tertinggal di tempat yang ditinggalkan oleh elektron. Kejadian ini disebut dengan fotogenerasi elektron *hole*. Fotogenerasi elektron *hole* ini akan membentuk pasangan elektron dan *hole* yang diakibatkan karena terkenanya radiasi matahari.



Gambar 2.18 Sambungan semikonduktor setelah ditembus cahaya matahari

(<http://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-suryalebih-dekat/>)

Cahaya matahari yang menembus sambungan semikonduktor ini memiliki spektrum warna dan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “ λ ” yang dapat dilihat pada gambar diatas) yang berbeda-beda. Cahaya matahari yang

spektrum warnanya merah, maka mempunyai bentuk lamda yang lebih panjang, sehingga mampu menembus sampai di daerah semikonduktor p yang akan membentuk fotogenerasi disana. Sedangkan, cahaya matahari yang spektrumnya berwarna biru memiliki panjang gelombang lebih pendek yaitu hanya diserap di semikonduktor n. Adanya perbedaan panjang gelombang ini akan membuat fotogenerasi pada sambungan p-n menjadi berbeda pula.

11. Keuntungan dan Kelebihan Sel Surya

a. Keuntungan

Sel surya dapat memberikan keuntungan dibandingkan dengan sumber tenaga lainnya, seperti generator diesel, fosil dan lain-lain (Rosyadi, 2016). Berikut adalah keuntungannya :

- Tidak membutuhkan bahan bakar untuk beroperasi. Hal ini menguntungkan karena tidak menyebabkan gangguan pada lingkungan karena tidak menyebabkan polusi akibat proses pemakaian bahan bakar, dan tidak mengeluarkan suara mesin yang bergerak sehingga tidak mengganggu lingkungan.
- Sel surya memiliki ketahanan dan kestabilan yang sudah teruji waktu operasinya cukup lama.
- Sel surya dapat dengan mudah di bangun di daerah terpencil dan dapat di pindahkan peletakannya.

b. Kerugian

Di samping memiliki keuntungan sel surya juga memiliki beberapa kerugian (Rosyadi, 2016), yaitu :

- Terlalu bergantung pada matahari, sehingga sangat terpengaruh oleh keadaan cuaca dalam produksi listriknya.
- Biaya pembangunannya cukup mahal.
- Membutuhkan komponen tambahan untuk mengonversi dan memperbesar output listriknya.

2.2.5.2 Baterai

1. Pengertian Baterai

Baterai adalah proses kimia listrik, dimana saat pengisian energi listrik diubah menjadi energi kimia dan pada saat pengeluaran/discharge, mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Baterai atau akkumulator merupakan proses elektrokimia yang reversible (dapat dikembalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi kimia yang reversible adalah didalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi energi listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya mengubah dari tenaga listrik menjadi energi kimia (proses pengisian) dengan proses regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel. Baterai juga terdiri dari dua jenis yaitu baterai primer dan baterai sekunder. (Hamid, Rizki, Amin, & Dharmawan, 2016)

2. Jenis-Jenis Baterai

Sistem penyimpanan energi yang biasanya di pakai pada sel surya adalah baterai, dari segi penggunaannya baterai dapat diklasifikasikan menjadi 2 jenis yaitu (Rosyadi, 2016) :

a. Baterai Primer

Baterai primer adalah baterai yang hanya digunakan atau di pakai sekali saja. Pada waktu baterai dipakai, material dari salah satu elektroda menjadi larut dalam elektrolit dan tidak dapat dikembalikan dalam keadaan semula.

b. Baterai Sekunder

Baterai sekunder adalah jenis baterai yang dapat digunakan dan dapat diisi ulang kembali dengan mengembalikan komposisi awal elektroda dengan menggunakan arus yang berkebalikan.

Baterai berperan sangat penting dalam sistem sel surya karena baterai di gunakan untuk membantu agar sel surya dapat memenuhi kestabilan suplai daya ke beban. Baterai pada sel surya mengalami dua tahapan siklus yaitu tahapan siklus pengisian (*Charging*) dan tahapan siklus pengosongan (*Discharging*) yang sangat bergantung pada terdapat tidaknya radiasi matahari. Selama adanya ketersediaan radiasi matahari, maka *photovoltaic* dapat memproduksi energi listrik. Dan apabila terdapat kelebihan energi listrik, maka kelebihan energi ini dapat digunakan untuk

mengisi baterai. Namun, apabila tidak ada sinar matahari, maka kebutuhan listrik dapat dipasok dari energi yang tersimpan di baterai. Tahapan siklus mengisi dan mengosongkan baterai dinamakan dengan satu tahapan siklus baterai.

3. Perhitungan Daya Tahan Baterai

Intensitas arus listrik didefinisikan sebagai muatan listrik yang lewat per satuan waktu melalui suatu penampang daerah dimana muatan mengalir, seperti penampang tabung pemacu atau kawat logam. Karena itu jika dalam waktu t , N partikel bermuatan yang masing-masing membawa muatan q , lewat melalui suatu penampang medium penghantar, maka muatan total yang lewat adalah $Q = Nq$, dan intensitas listriknya adalah :

$$I = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

I : Arus listrik dalam satuan ampere

Q : Muatan listrik yang satuannya coulomb yang setara dengan ampere

T : Waktu (*second*)

Dari persamaan diatas, persamaan muatan listrik dapat diperoleh sebagai berikut:

$$Q = I \times t \dots\dots\dots (2.8)$$

Perhitungan daya tahan baterai dihitung dari persamaan sebagai berikut :

$$t = \frac{Q}{I} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dari persamaan tegangan diperoleh :

$$V = I \times R \dots\dots\dots (2.10)$$

2.2.6 Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Dalam pendirian pembangkit listrik tenaga surya, ada beberapa yang harus diperhatikan dalam merencanakannya. Perencanaan yang baik sangat diperlukan karena pembangkit listrik ini memanfaatkan radiasi matahari sebagai bahan utama pembangkitnya. Berikut beberapa perencanaannya :

- Menentukan dan menghitung keseluruhan kapasitas daya yang diperlukan dalam penggunaan energi dengan satuannya watt.

- Menentukan berapa besar nilai arus yang diproduksi dari *photovoltaic* dalam satuan *Ampere Hour* dengan memperhitungkan jumlah panel surya yang dibutuhkan dalam sistem PLTS.
- Menentukan dan menghitung jumlah baterai yang dibutuhkan dalam sistem PLTS dengan mempertimbangkan penggunaan tanpa adanya sinar matahari (*Ampere hour*).

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan waktu

Analisa sistem pembangkit listrik tenaga surya pada robot desinfektan dilakukan dilaboratorium teknik elektro kampus utama UMSU Jl. Kapten Muchtar Basri No. 3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Medan, Sumatera Utara. Waktu pelaksanaan penelitian ini yaitu dimulai dari bulan Juni 2020 s/d Februari 2021.

3.2 Metode penelitian

Metode yang digunakan adalah metode analisis objek yaitu objek penelitian, dalam hal ini adalah sebuah robot yang digerakkan oleh tenaga matahari. Sistem dianalisa fungsi kerjanya dan kinerja yang diberikan oleh sebuah robot. Sebagai tambahan robot yang dirancang adalah robot yang dapat melakukan desinfektan pada suatu lokasi dengan cara menyemburkan cairan desinfektan pada lokasi tersebut. Untuk itu robot membutuhkan tenaga gerak, membutuhkan sistem penggerak mekanis, membutuhkan rangkaian kontrol dan remote kontrol. Komponen akan dianalisa cara kerja dan kinerja untuk memperoleh data yang dibutuhkan agar sistem robot tersebut dapat dibangun.

3.3 Peralatan dan bahan pendukung

1. Peralatan :

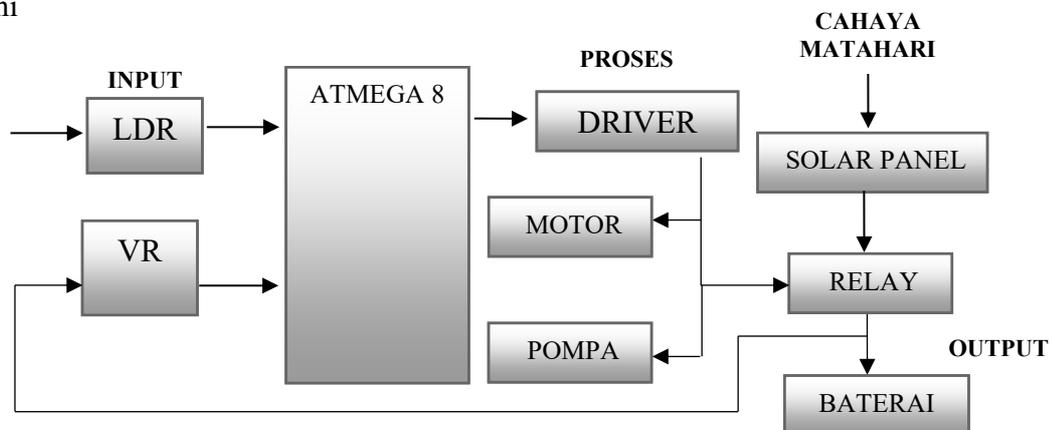
- Laptop Asus core I3
- Software pendukung seperti proteus, simulink, code visison AVR, microsoft word 2010, dan microsoft excel 2010.
- Data sheet komponen
- Multimeter Digital

2. Bahan :

- IC mikrokontroler atmega 8
- Panel surya 20WP
- Sensor LDR
- Batere Litium Ion 12V
- Motor DC 12V
- Bluetooth adapter HC05

3.4 Blok diagram

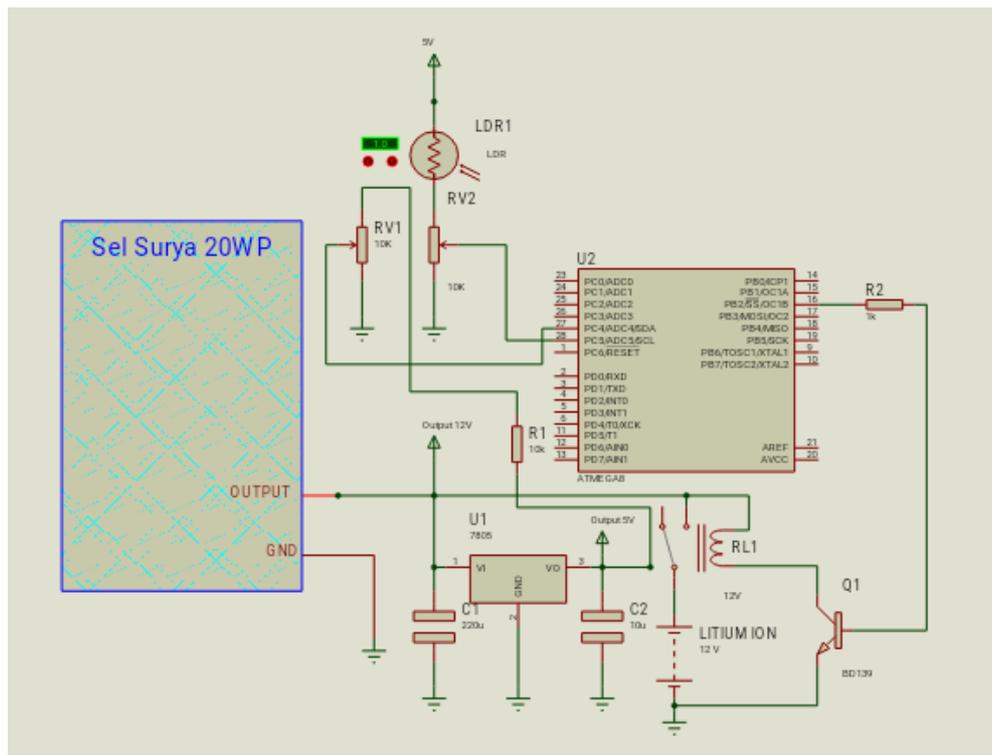
Sebelum menganalisa sistem kita perlu membahas konfigurasi sistem dalam bentuk diagram blok. Konfigurasi sistem yaitu input, proses dan output. Dalam hal ini input adalah energi yang diperoleh dari matahari atau cahaya. Sensor tegangan (blok VR) memberikan data tegangan baterai yang sedang di charge, sedangkan sensor cahaya (LDR) memberikan data intensitas cahaya pada saat itu, kedua data diberikan pada mikrokontroler untuk diproses. Pada output terdapat sebuah relay yang berfungsi memutuskan atau menghubungkan arus dari panel matahari ke baterai. Jika baterai tidak dalam keadaan penuh maka relay akan di on kan oleh mikrokontroler untuk di isi, sedangkan jika baterai telah penuh maka relay akan di off kan. Driver yang tampak pada gambar sebelum relay adalah bagian penguat arus yang berfungsi menguatkan arus agar dapat menghidupkan relay, motor serta pompa. Diagram blok sistem yang dirancang diperlihatkan pada gambar 3.1 berikut ini



Gambar 3.1 blok diagram

3.5 Prinsip kerja dan fungsi komponen

Rangkaian keseluruhan sistem pembangkit listrik tenaga matahari ditampilkan pada gambar 3.2 berikut. Dimana terdapat beberapa komponen utama misalnya panel matahari, sensor, mikrokontroler penguat dan baterai yang memiliki fungsi masing-masing. Sistem mengubah cahaya menjadi listrik 12V dan diisi ke baterai litium ion. Proses pengisian dikontrol oleh sebuah mikrokontroler avr yaitu atmega 8. Saat tidak ada cahaya mikrokontroler tidak akan mengaktifkan relay. Jika terdeteksi cahaya oleh sensor LDR, mikrokontroler akan mengaktifkan relay charger dan arus akan mengalir ke baterai. Baterai dipantau terus tegangannya, jika tegangan telah mencapai 13,8V maka baterai dinyatakan penuh dan relay akan dimatikan secara otomatis oleh atmega 8. Berikut akan dijelaskan fungsi tiap komponen dalam sistem dan cara kerjanya.

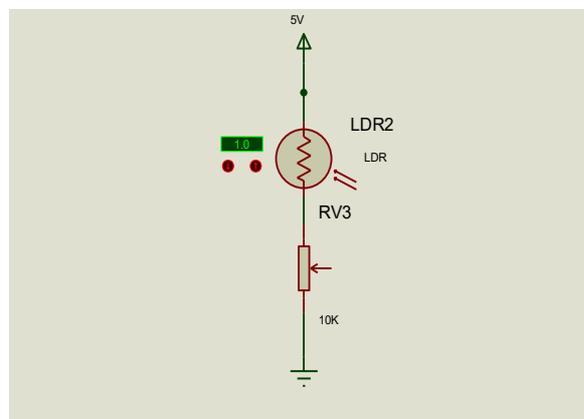


Gambar 3.2 Rangkaian PLTS pada robot desinfektan.

3.5.1 Sensor.

Sensor yang digunakan dalam rancangan ini ada 3 yaitu :

- a. **Sensor tegangan** - digunakan untuk mendeteksi tegangan baterai pada saat pengisian dan pengosongan. Sensor terbuat dari pembagi tegangan yaitu resistor seri. Dengan persamaan hukum Ohm dapat dihitung tegangan hasil pembagian 2 resistor seri. Output sensor diberikan pada masukan mikrokontroler.
- b. **Sensor cahaya** – Dalam hal ini adalah LDR yaitu sebuah resistor yang nilainya bergantung pada intensitas cahaya. Komponen ini berfungsi memberikan informasi intensitas cahaya pada mikrokontroler. Jika terdapat intensitas yang cukup besar maka mikrokontroler akan menghidupkan relay untuk mengecras baterai dan jika intensitas kurang maka proses cas tidak akan dilakukan. Berikut adalah gambar sensor LDR yang seri dengan sebuah resistor variabel.



Gambar 3.3 Sensor cahaya LDR

3.5.2 Panel surya

Panel surya adalah sebuah komponen yang mengubah energi cahaya matahari menjadi listrik. Panel surya terdiri dari beberapa sel yang di seri-paralelkan untuk mendapat arus dan tegangan yang cukup atau daya yang cukup. Pada rancangan ini panel surya digunakan untuk mensuplai sistem rangkaian robot

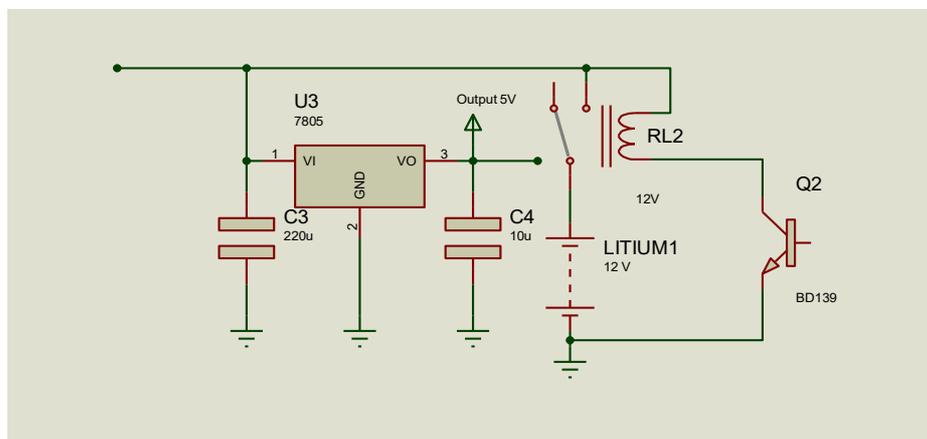
desinfektan. Panel dilengkapi oleh baterai agar tenaga suplai robot stabil atau konstan sehingga tidak bergantung intensitas cahaya yang fluktuatif. Pada rancangan ini digunakan panel surya dengan daya 20 WP sebagai komponen pensuplai energi ke robot.



Gambar 3.4 Panel matahari 20 WP

3.5.3 Driver / penguat

Driver adalah rangkaian penguat yang berupa sebuah transistor npn yang bekerja sebagai penguat arus. Dengan konfigurasi demikian rupa yaitu emiter di ground dan kolektor dihubungkan pada beban maka beban yang akan diaktifkan bergantung pada kondisi transistor on atau off. Jika masukan pada basis transistor diberi tegangan positif, maka akan menyebabkan transistor jenuh atau ON dan mengalirkan arus ke beban. Dalam hal ini beban transistor adalah relay yaitu relay untuk mengecap baterai dari sumber panel surya, gambar berikut menunjukkan posisi penguat transistor diantara relay dan baterai.



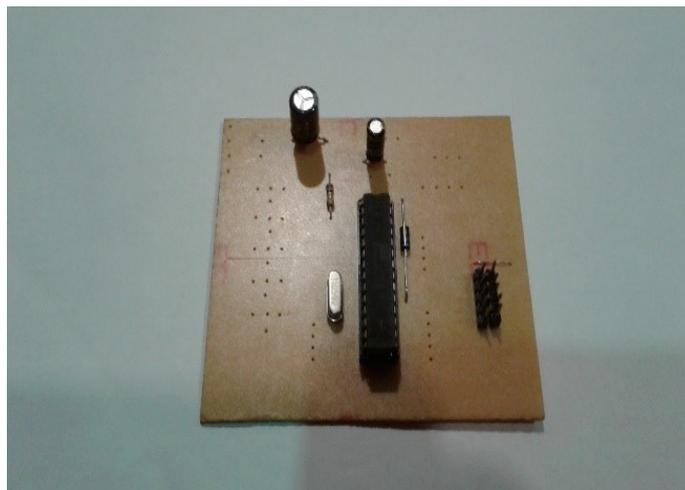
Gambar 3.5 Rangkaian penguat arus dan relay.

3.5.4 Mikrokontroler.

Fungsi mikrokontroler selain menggerakkan atau mengendalikan robot juga sebagai pengatur proses pengisian baterai dari panel surya. Mikrokontroler diprogram dengan bahasa C untuk fungsi menggerakkan robot sesuai perintah user dan untuj mengendalikan relay saat pengisian baterai. Mikrokontroler adalah sebuah IC atau rangkaian terintegrasi yang memiliki banyak input dan output. Tipe mikrokontroler yang digunakan adalah tipe AVR keluaran Atmel yaitu ATmega 8. Program yang dibuat dalam bahasa C kemudian dikompail menjadi kode mesin dan diunggah atau dimasukkan pada IC mikrokontroler melalui alat pengunggah yait USBASP uploader.

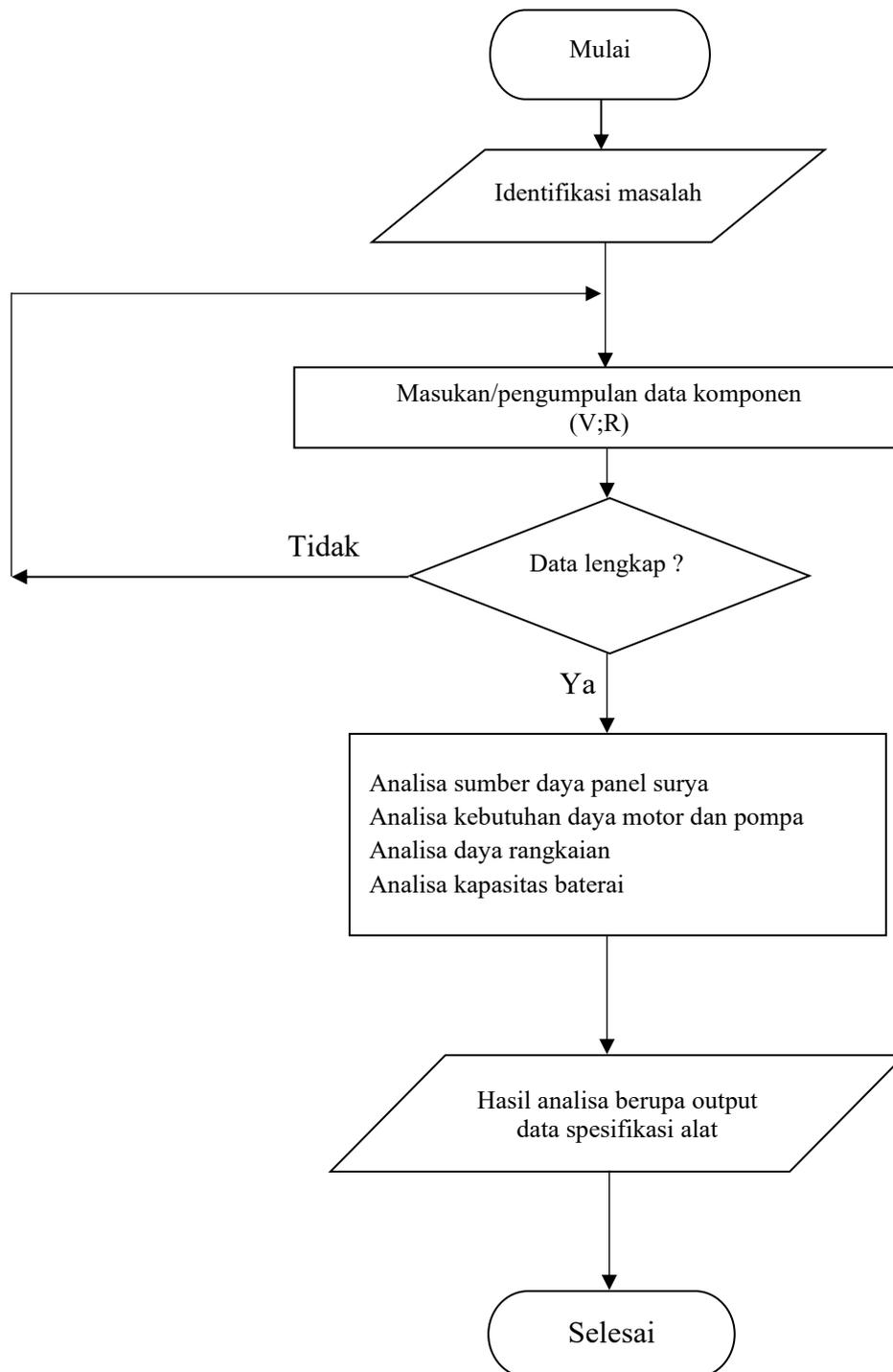
Mikrokontroler AVR tersedia dalam tiga kategori berbeda seperti TinyAVR, MegaAVR, dan XmegaAVR :

- Mikrokontroler Tiny AVR berukuran sangat kecil dan digunakan dalam banyak aplikasi sederhana
- Mikrokontroler Mega AVR sangat terkenal karena sejumlah besar komponen terintegrasi, memori yang baik, dan digunakan secara modern ke beberapa aplikasi
- Mikrokontroler AVR Xmega diterapkan pada aplikasi yang sulit, yang membutuhkan kecepatan tinggi dan memori program yang besar.



Gambar 3. 6 Rangkaian mikrokontroler Atmega 8 sebagai kontrol charger.

3.6 Flowchart



Gambar 3.7 Diagram alir penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan

Sebuah robot bergerak dengan fungsi melakukan desinfektan pada ruangan tertutup telah berhasil dirancang dengan menggunakan beberapa komponen elektronik dan mekanik. Basis robot adalah sebuah mikrokontroler AVR yaitu atmega 8. Robot dilengkapi sebuah sensor ultrasonik yang berfungsi mendeteksi objek penghalang didepan saat bergerak maju. Robot digerakkan dengan 2 motor DC permanen magnet yang telah dilengkapi dengan gearbox. Motor terpasang pada 2 roda penggerak utama sehingga gerak robot ditentukan oleh putaran kedua motor tersebut misalnya untuk maju maka 2 motor berputar kearah maju dengan kecepatan yang sama. Kalau untuk belok maka salah satu motor berhenti dan yang lain bergerak. Untuk gerak mundur maka kedua motor berputar terbalik. Robot juga dilengkapi dengan sebuah pompa tekanan tinggi yang berfungsi untuk menyemprotkan cairan desinfektan ke ruangan. Jenis pompa adalah tipe sentrifugal dengan tegangan kerja 12V. Pompa akan menghisap cairan dari tabung dan menyemprotkannya melalui nozel yang dipasang diujung selang menghadap keatas.

Pada bagian catu daya, robot yang dirancang menggunakan baterai litium ion yang disuplai melalui cahaya matahari. Untuk itu robot dilengkapi dengan sebuah panel surya sebesar 20 watt. Baterai akan di cas saat dibawah terik matahari dan digunakan didalam ruangan. Baterai litium ion merupakan baterai kering berbentuk sel dengan tegangan per sel 3,8V-4,2V. Untuk mendapatkan tegangan 12V maka baterre diseri sebanyak 3 buah kemudian diparalel sebanyak 4 kali untuk mendapatkan arus yang cukup. Robot dirancang untuk bekerja selama 1 jam tiap durasi yaitu membersihkan 1 ruangan besar atau beberapa ruangan kecil. Untuk itu dibutuhkan perhitungan dan analisa yang matang agar robot dapat bekerja sesuai keinginan tersebut. Analisa yang akan dilakukan adalah kebutuhan energi secara keseluruhan, Analisa kapasitas daya panel surya dan analisa kapasitas baterai yang akan digunakan. Bagian berikut adalah hasil analisa dan hasil penguiian yang dilakukan untuk memperoleh data spesifikasi yang akurat.



(a) Tampak samping



(b) Tampak depan

Gambar 4.1 Foto rancangan robot

4.2 Analisa Sistem

4.2.1 Analisa kebutuhan energi

Robot yang dirancang membutuhkan sumber energi agar dapat bergerak dan melakukan pekerjaan. Robot desinfektan yang dirancang menggunakan beberapa komponen dengan kebutuhan arus yang berbeda-beda. Untuk itu perlu dianalisa agar dapat ditentukan besar catu daya yang dibutuhkan untuk mensuplai robot secara keseluruhan. Berikut akan dibahas kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk mensuplai robot tersebut.

Robot dirancang untuk melakukan tugas desinfektan dengan durasi 1 jam tiap 1 pekerjaan. Sehingga butuh perhitungan untuk kebutuhan tersebut agar robot dapat bekerja dengan baik.

Data-data yang diperoleh dari hasil pengukuran komponen,

- Arus Motor penggerak kanan : 1,25A
- Arus motor penggerak kiri : 1,25A
- Arus motor pompa : 1,87A
- Arus rangkaian Atmega 8 : 33 mA
- Arus rangkaian driver : 22 mA
- Arus sensor ultrasonik : 2 mA
- Arus adapter bluetooth : 55 mA
- Arus lampu LED : 35 mA

Dengan demikian total arus adalah : 4,517 A

Untuk bekerja selama 1 jam maka amper hour adalah total arus dikali 1 jam, sehingga diperoleh : 4,517 AH

Untuk menghitung energi digunakan rumus : $E = P \times t$, dimana P adalah daya dan t adalah durasi waktu. Karena durasi waktu adalah 1 jam maka $t = 1$ jam. Sedangkan P dihitung dengan rumus umum untuk daya listrik yaitu :

$$P = V \times I$$

Dalam hal ini I atau arus adalah arus total beban yang ada yaitu 4,517A, dan tegangan nya adalah tegangan baterai yaitu 12,2V. Maka,

$$P = 12,2V \times 4,517A$$

$$P = 55,1 \text{ watt}$$

Dengan demikian energi yang dibutuhkan untuk mensuplai robot selama 1 jam adalah :

$$E = P \times t$$

$$E = 55,1 \text{ w} \times 1 \text{ jam}$$

$$E = 55,1 \text{ watt hour}$$

4.2.2 Analisa sistem pembangkit tenaga surya

Sumber energi untuk menggerakkan robot adalah cahaya matahari yang diserap dan disimpan pada baterai. Cahaya matahari diubah menjadi listrik oleh sebuah panel surya. Untuk menentukan kapasitas panel surya dibutuhkan perhitungan dan analisa agar sesuai dengan kebutuhannya. Berikut adalah analisa kebutuhan daya dari robot.

Seperti telah diuraikan pada bagian atas bahwa daya robot keseluruhan saat bekerja adalah 55,1 watt dan energi nya untuk bekerja selama 1 jam adalah 55,1 watt hour. Perlu diketahui panel surya dipakai hanya untuk mengecras baterai utama. Bukan sebagai sumber catu daya utama. Catu daya utama adalah baterai, dengan demikian kapasitas panel surya adalah untuk mengecras baterai tersebut. Baterai yang digunakan adalah batterre Litium Ion dengan kapasitas 2000 mAh per sel dan terdapat 4 sel diparalel sehingga total kapasitas baterai adalah 8000 mAh atau 8Ah. Sesuai persyaratannya arus yang dibutuhkan untuk mengisi baterai adalah maksimal 20 % dari kapasitas baterai denagn demikian untuk baterai yang digunakan adalah :

$$I_{\text{charger}} = 20\% \times 8 \text{ A yaitu } 1,6\text{A.}$$

Untuk itu, kapasitas daya panel agar dapat memberikan arus 1,6A dengan tegangan kerja 12V adalah :

$$P = V \times I$$

$$P = 12\text{V} \times 1,6\text{A}$$

$$P = 19,2 \text{ Watt}$$

Dengan demikian dipilih panel surya 20 watt yang tersedia dipasaran untuk dipasang pada robot sebagai pengubah energi cahaya matahari ke listrik dan disimpan pada baterai terlebih dahulu.



Gambar 4.2 Panel surya 20 watt yang digunakan untuk mensuplai robot

4.2.3 Analisa kebutuhan daya untuk baterai sebagai catu daya utama

Catu daya terdiri dari beberapa baterai sel Litium Ion 3,8-4,2V. Untuk menghitung daya atau kapasitas amper hour baterai harus diketahui daya atau arus beban secara keseluruhan. Pada perhitungan sebelumnya, arus total robot saat bergerak adalah 4,517A dengan tegangan kerja 12V. Dalam hal ini, sebuah baterai Litium Ion hanya memiliki tegangan 3,8-4,2V dengan mengambil nilai tengahnya yaitu 4V maka dibutuhkan 3 buah baterai seri untuk memperoleh 12V. Dengan demikian,

$$V \text{ seri baterai} = V_{\text{sel}} \times 3$$

$$V = 4V \times 3$$

$$V = 12V$$

Untuk kapasitas arus, sebuah baterai Litium ion setelah diuji hanya memiliki kapasitas lebih kurang 2Ah. Sedangkan arus total yang dibutuhkan adalah 4,517A. Untuk itu perlu dilakukan paralel. Dengan memparalel 3 kali diperoleh 4,5Ah, ini hanya mencukupi dan tidak lebih untuk mensuplai arus maksimal beban yang mungkin lebih saat beban maksimal. Untuk itu diputuskan menggunakan paralel 4 buah baterai yang telah diserikan sebelumnya. Sehingga total baterai sel menjadi 12 buah yaitu 3 seri dan 4 paralel. Dengan demikian hasil seri paralel tersebut diperoleh kapasitas 12V/8Ah.



a) Baterai Sel Litium Ion



b) Baterai setelah seri-paralel

Gambar 4.3 Susunan baterai Litium Ion

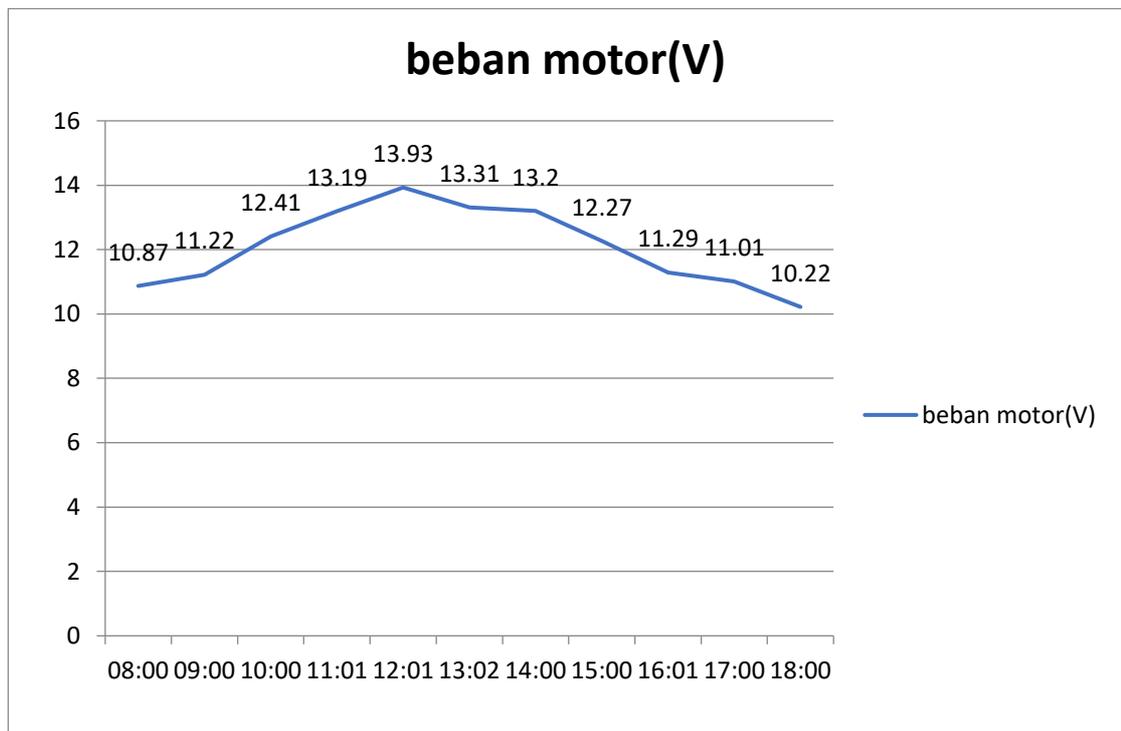
4.3 Pengujian sistem

4.3.1 Pengujian panel surya

Kapasitas panel surya yang digunakan adalah 20 watt. Pengujian panel bertujuan untuk mengetahui karakteristik panel yang digunakan pada robot. Pengukuran dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran panel dibawah terik matahari. Untuk mengetahui kemampuan mengubah cahaya menjadi listrik maka dilakukan pengujian yaitu mulai dari pagi hingga sore. Untuk menguji output panel dibutuhkan alat ukur dan beban. Pada pengujian digunakan sebuah resistor 10 watt yang dihubung langsung ke output solar panel. Tahanan dalam resistor yang digunakan adalah 10 Ohms. Tabel berikut adalah hasil pengukuran yang dilakukan pada pada panel surya.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran panel surya beban dengan motor DC

| Waktu | beban motor(V) |
|-------|----------------|
| 08:00 | 10,87 |
| 09:00 | 11,22 |
| 10:00 | 12,41 |
| 11:01 | 13,19 |
| 12:01 | 13,93 |
| 13:02 | 13,31 |
| 14:00 | 13,20 |
| 15:00 | 12,27 |
| 16:01 | 11,29 |
| 17:00 | 11,01 |
| 18:00 | 10,22 |



Gambar 4.4 Diagram hasil pengukuran panel surya dengan beban motor DC

- **Analisa hasil pengujian panel surya**

Dari data tabel 4.2 dapat dicari arus dan daya keluaran panel yaitu dengan mengukur tahanan dalam motor dc kemudian dibagi dengan tegangan. Sedangkan untuk menghitung daya adalah perkalian tegangan dan arus kemotor. Sehingga dapat dituliskan dengan persamaan:

Arus panel surya = arus motor, dimana

Arus motor = $V \text{ motor} : R_d \text{ motor}$

Keterangan :

V_{motor} = tegangan pada motor

$R_d \text{ motor}$ = tahanan dalam motor (10,01 ohm)

Dari persamaan diatas diambil sample $V \text{ motor} = 10,87V$, sehingga

$I \text{ motor} = 10,87V : 10,01 \text{ Ohms}$

$I \text{ motor} = 1,08 \text{ A}$

Sedangkan Daya keluaran panel = daya motor

Rumus daya adalah = $V \times I$, dalam hal ini :

V = tegangan motor ; I = arus motor

Maka didapatkan hasil :

$P = 10,87V \times 1,08A = 11,73 \text{ Watt}$

Tabel berikut adalah hasil perhitungan arus dan daya yang dikeluarkan oleh panel tiap jam.

Tabel 4.2 Hasil perhitungan arus dan daya output panel surya

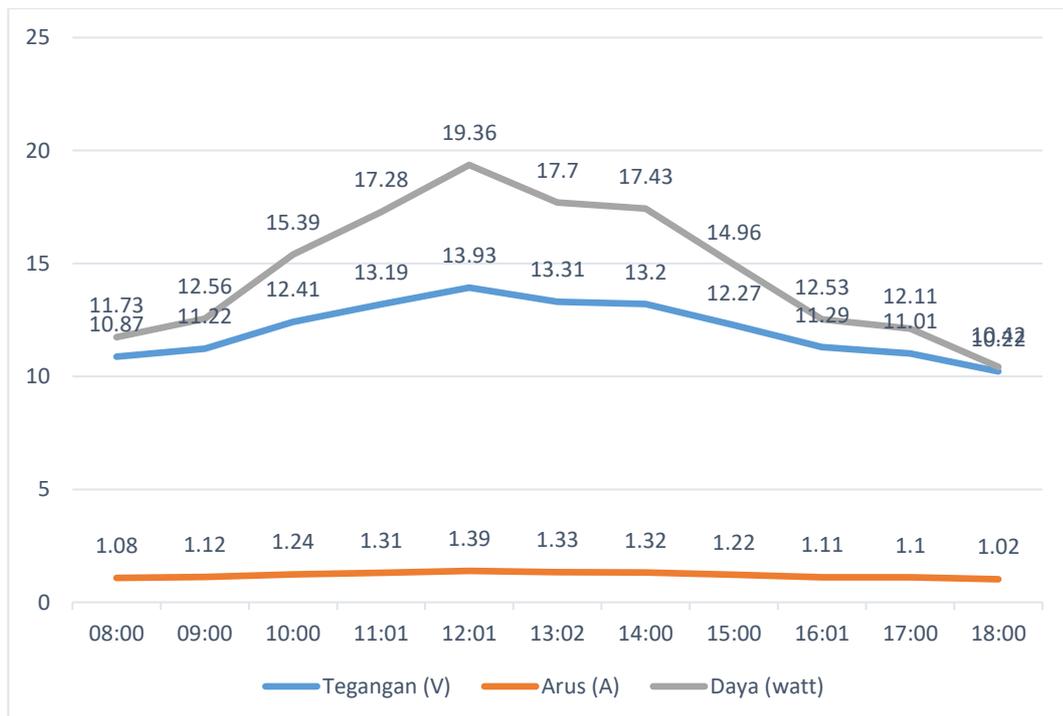
| Waktu | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (Watt) |
|-------|--------------|----------|-------------|
| 08:00 | 10,87 | 1,08 | 11,73 |
| 09:00 | 11,22 | 1,12 | 12,56 |
| 10:00 | 12,41 | 1,24 | 15,39 |
| 11:01 | 13,19 | 1,31 | 17,28 |
| 12:01 | 13,93 | 1,39 | 19,36 |

| Waktu | Tegangan (V) | Arus (A) | Daya (Watt) |
|-------|--------------|----------|-------------|
| 13:02 | 13,31 | 1,33 | 17,70 |
| 14:00 | 13,20 | 1,32 | 17,43 |
| 15:00 | 12,27 | 1,22 | 14,96 |
| 16:01 | 11,29 | 1,11 | 12,53 |
| 17:00 | 11,01 | 1,10 | 12,11 |
| 18:00 | 10,22 | 1,02 | 10,42 |

Selanjutnya untuk menghitung jumlah energi yang dikeluarkan oleh panel adalah dengan menjumlahkan daya tiap jam dikali dengan jumlah jam.

$$E \text{ output panel} = (P1 + P2 + \dots + P11) \times 11 \text{ Jam}$$

$$E \text{ output panel} = 161,47 \text{ Watt-Hour}$$



Gambar 4.5 Diagram hasil perhitungan arus dan daya output panel surya



Gambar 4.6 Proses pengukuran tegangan panel surya

4.3.2 Pengujian rangkaian regulator

Regulator digunakan untuk menstabilkan dan membatasi tegangan keluaran solar panel. Tanpa regulator tegangan panel akan naik dan turun sesuai kondisi cahaya. Tegangan ini akan membuat proses pengisian baterai tidak Stabil. Regulator bekerja membatasi tegangan pada satu tegangan tertentu. Dalam rancangan ini regulator diatur untuk bekerja pada tegangan 14,4V yaitu tegangan baterai saat terisi penuh. Untuk menguji regulator dilakukan dengan menggunakan solar panel yang dijemur langsung dibawah terik matahari dan mengukur input output regulator. Berikut adalah table hasil pengukuran yang dilakukan saat pengujian.

Tabel 4.3 Hasil pengujian regulator tegangan LM317

| Tegangan input(V) | Tegangan output(V) | Arus output(A) |
|-------------------|--------------------|----------------|
| 5,7 | 4,9 | 0,48 |
| 6,9 | 5,8 | 0,57 |

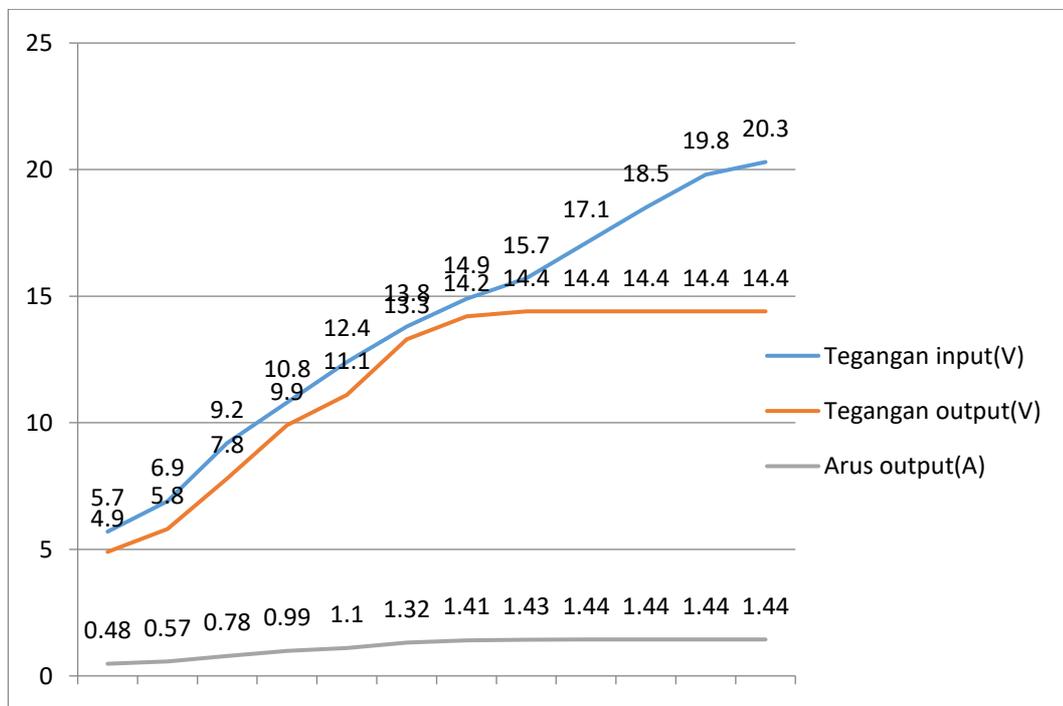
| Tegangan input(V) | Tegangan output(V) | Arus output(A) |
|-------------------|--------------------|----------------|
| 9,2 | 7,8 | 0,78 |
| 10,8 | 9,9 | 0,99 |
| 12,4 | 11,1 | 1,10 |
| 13,8 | 13,3 | 1,32 |
| 14,9 | 14,2 | 1,41 |
| 15,7 | 14,4 | 1,43 |
| 17,1 | 14,4 | 1,44 |
| 18,5 | 14,4 | 1,44 |
| 19,8 | 14,4 | 1,44 |
| 20,3 | 14,4 | 1,44 |

Dari table 4.3 dapat dihitung daya keluaran regulator dengan cara yang sama yaitu mengalikan tegangan output dengan arus output dari regulator.

$$P \text{ regulator} = V_{out} \times I_{out}$$

$$P \text{ reg} = 4,9V \times 0,48A$$

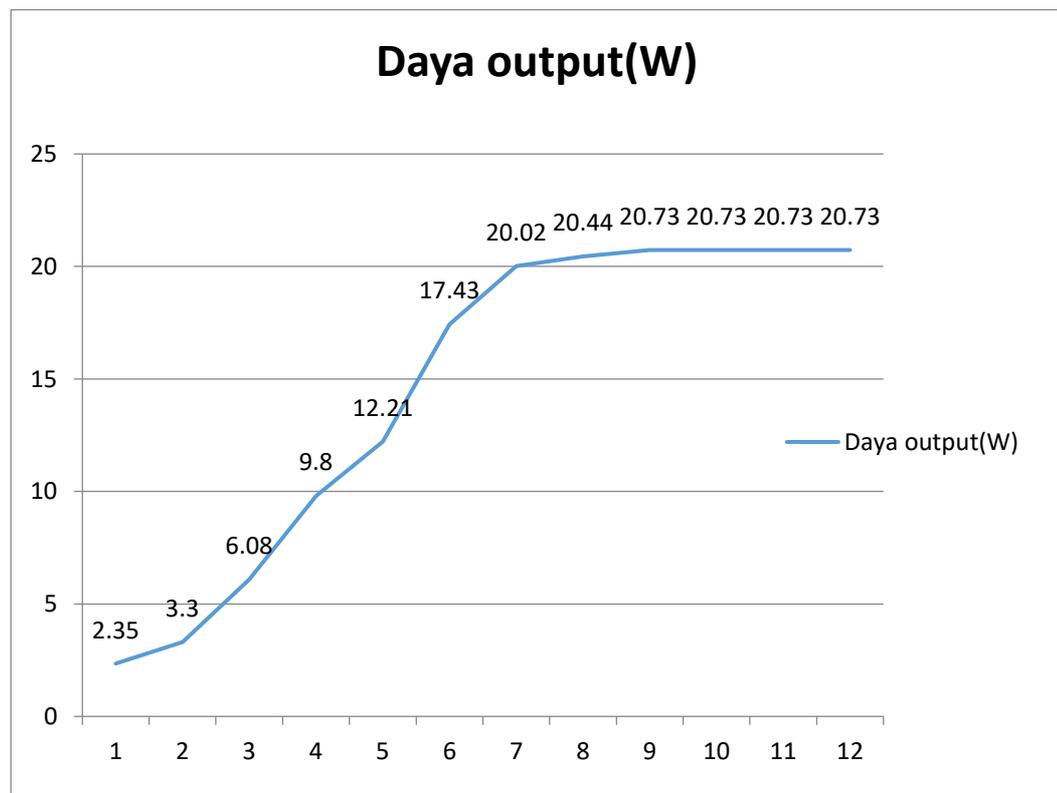
$$P \text{ reg} = 2,35 \text{ Watt}$$



Gambar 4.7 Diagram hasil pengujian regulator tegangan LM317

Tabel 4.4 Hasil perhitungan daya output regulator

| Tegangan input(V) | Tegangan output(V) | Arus output(A) | Daya output(W) |
|-------------------|--------------------|----------------|----------------|
| 5,7 | 4,9 | 0,48 | 2,35 |
| 6,9 | 5,8 | 0,57 | 3,30 |
| 9,2 | 7,8 | 0,78 | 6,08 |
| 10,8 | 9,9 | 0,99 | 9,80 |
| 12,4 | 11,1 | 1,10 | 12,21 |
| 13,8 | 13,3 | 1,32 | 17,43 |
| 14,9 | 14,2 | 1,41 | 20,02 |
| 15,7 | 14,4 | 1,43 | 20,44 |
| 17,1 | 14,4 | 1,44 | 20,73 |
| 18,5 | 14,4 | 1,44 | 20,73 |
| 19,8 | 14,4 | 1,44 | 20,73 |
| 20,3 | 14,4 | 1,44 | 20,73 |



Gambar 4.8 Diagram hasil perhitungan daya output regulator

Analisa :

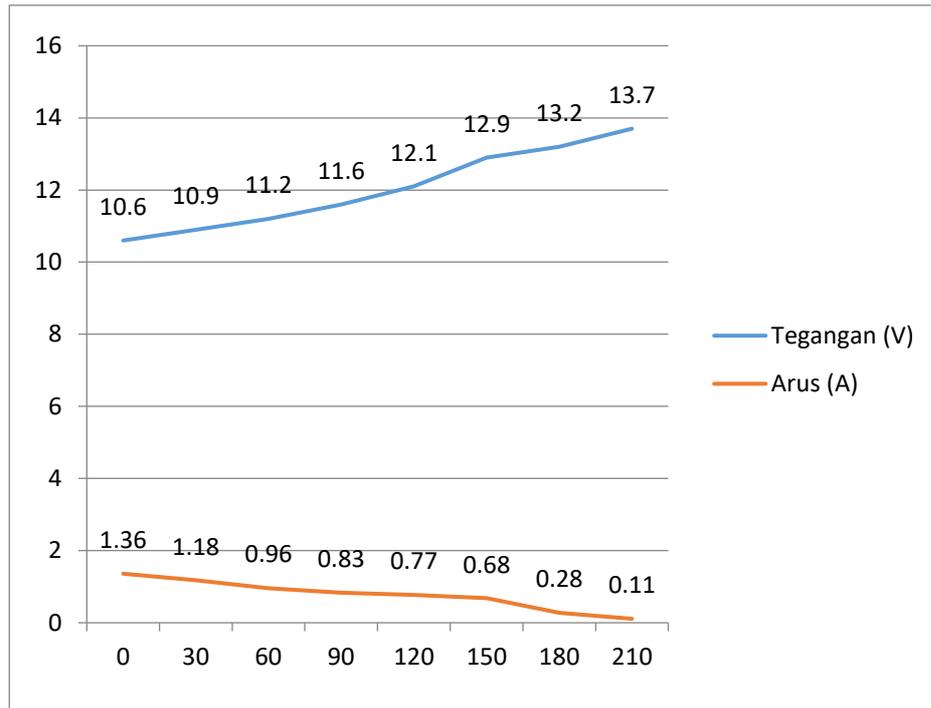
Dari pengujian table 4.3 dapat dilihat bahwa tegangan keluaran regulator akan stabil dititik 14,4V. Kenaikan tegangan input akan diatur tetap 14,4 V sehingga tidak lebih.

4.3.3 Pengujian baterai sel Litium Ion

Untuk mendapatkan tegangan yang cukup agar robot dapat bekerja maka beberapa baterai Litium diseri dan diparalelkan sebanyak 12 buah. Pengujian baterai dilakukan dengan mengisi terlebih dahulu sampai penuh kemudian mengurasnya hingga kosong. Dengan demikian baterai harus di cas dulu dengan charger yang ada.

Tabel 4.5 Proses pengujian pengisian baterai.

| Waktu(menit) | Tegangan (V) | Arus (A) |
|--------------|--------------|----------|
| 0 | 10,6 | 1,36 |
| 30 | 10,9 | 1,18 |
| 60 | 11,2 | 0,96 |
| 90 | 11,6 | 0,83 |
| 120 | 12,1 | 0,77 |
| 150 | 12,9 | 0,68 |
| 180 | 13,2 | 0,28 |
| 210 | 13,7 | 0,11 |



Gambar 4.9 Diagram proses pengujian pengisian baterai

Dari tabel 4.5 terlihat bahwa baterai bekerja diisi dengan durasi waktu 210 menit atau 3,5 jam dengan acuan tegangan cas mencapai 13,6V yaitu 20% diatas tegangan normal baterai. Tegangan baterai normal adalah $3,8 \times 3 = 11,4$ V jika ditambah 20% menjadi 13,68V. Maka pada menit 210 baterai dinyatakan penuh. Sedangkan kapasitas amper-hour yang mengalir ke baterai dapat dihitung dari penjumlahan amper tiap jam nya yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas} = (I_1 + I_2 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8) \times 0,5 \text{ Jam}$$

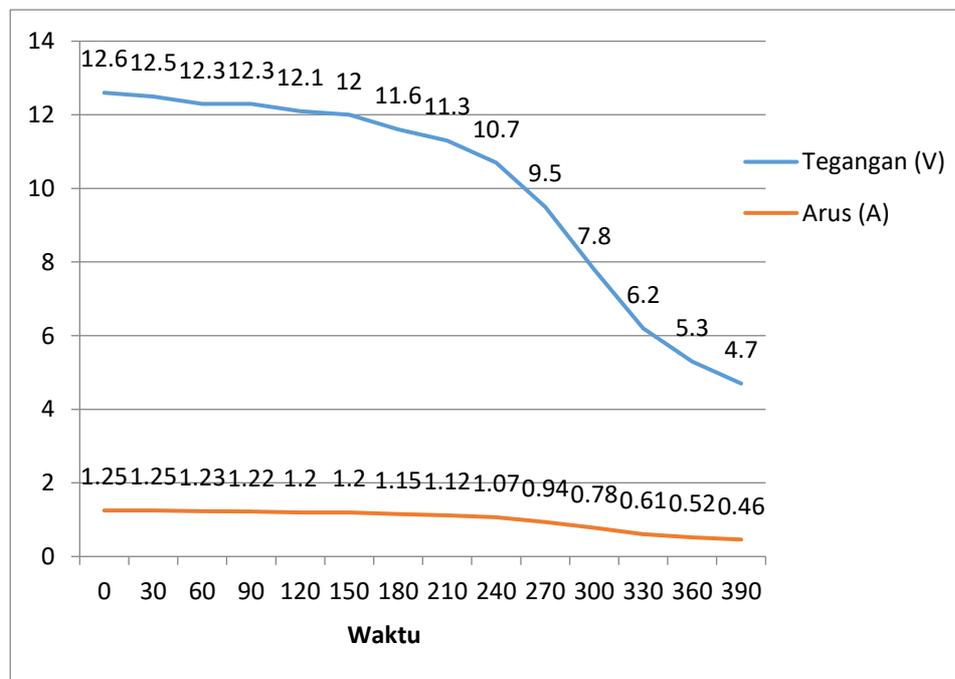
$$\text{Kapasitas} = (1,36 + 1,18 + 0,96 + 0,83 + 0,77 + 0,68 + 0,28 + 0,11) \times 0,5 \text{ Jam}$$

$$\text{Kapasitas} = 3,085 \text{ AH}$$

Setelah baterai terisi penuh saatnya menguji pengosongan baterai yaitu dengan memberikan beban konstan dan mengukur arus dan tegangannya hingga baterai mencapai tegangan dibawah 5V. Untuk beban pada pengujian ini digunakan resistor 10 ohm 5 watt. Berikut adalah tabel hasil pengujian pengosongan baterai

Tabel 4.6 Proses pengujian pengosongan pada baterai

| Waktu(menit) | Tegangan (V) | Arus (A) |
|--------------|--------------|----------|
| 0 | 12,6 | 1,25 |
| 30 | 12,5 | 1,25 |
| 60 | 12,3 | 1,23 |
| 90 | 12,3 | 1,22 |
| 120 | 12,1 | 1,20 |
| 150 | 12,0 | 1,20 |
| 180 | 11,6 | 1,15 |
| 210 | 11,3 | 1,12 |
| 240 | 10,7 | 1,07 |
| 270 | 9,5 | 0,94 |
| 300 | 7,8 | 0,78 |
| 330 | 6,2 | 0,61 |
| 360 | 5,3 | 0,52 |
| 390 | 4,7 | 0,46 |



Gambar 4.10 Diagram proses pengosongan pada baterai

Dari tabel 4.6, kapasitas arus pengosongan adalah :

$$\text{Amper-hour} = (1,25\text{A} + 1,25\text{A} + 1,23\text{A} + 1,22\text{A} + 1,20\text{A} + 1,20\text{A} + 1,15\text{A} + 1,12\text{A} + 1,07\text{A} + 0,94\text{A} + 0,78\text{A} + 0,61\text{A} + 0,52\text{A} + 0,46\text{A}) \times 0,5 \text{ Jam}$$

$$\text{Amper-hour} = 7 \text{ AH}$$

Dengan demikian kapasitas baterai yang digunakan adalah 7Amper Hour.

4.4 Spesifikasi alat

Spesifikasi alat ditentukan melalui pengujian yang dilakukan dan data data komponen yang ada termasuk hasil perhitungan. Berikut adalah spesifikasi alat yang dibuat:

- Tegangan kerja : 12-14V
- DC Kapasitas panel surya : 20 WP
- Kapasitas baterai : 12V/8000 mAh
- Arus maksimum : 3,7A
- daya motor : 25 Watt
- Kecepatan gerak : 5,8 km/h
- Penggerak : motor DC permanen magnet
- Speed motor : 88 rpm
- Lama operasi : \pm 1 jam
- Berat robot : 4,7 kg
- Durasi cas baterai : minimal 4 Jam
- Tipe baterai : Litium Ion
- Arus Pompa : 1,87A
- Daya pompa : 22,4 Watt
- Dimensi : 40x50x70 cm
- Tipe kontrol : Remote kontrol dengan bluetooth smartphone
- Jarak kontrol : 10-15 meter

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Analisa kebutuhan energi robot bergerak desinfektan dapat dilakukan dengan mengukur arus total dari seluruh komponen yang digunakan saat aktif kemudian cari daya nya dan dikalikan waktu operasi yang diinginkan. Dari data pengujian diperoleh energi yang dibutuhkan agar robot bekerja selama 1 jam dengan daya 55,1 watt hour. Dengan demikian kapasitas baterai dan panel surya harus cukup untuk mensuplai energi tersebut. Sistem pembangkit listrik tenaga surya dapat dianalisa melalui data pengujian dan pengukuran yang dilakukan yaitu menghitung kapasitas energi yang mampu diberikan oleh panel tersebut. Hasil pengujian diperoleh bahwa panel surya 20 watt dapat memberikan energi sebesar 161,47 watt hour jika dijemur dibawah terik matahari selama 11 jam.
2. Penentuan kapasitas arus (amper hour) dari baterai dapat mengacu pada kebutuhan arus total dari robot saat aktif. Dari pengujian sebelumnya diperoleh total arus robot sebesar 4,517A yang bekerja minimal 1 jam dengan daya 55,1 watt pada tegangan 12V. Dengan demikian dibutuhkan formasi seri paralel dari sel baterai Litium Ion agar memenuhi kapasitas tersebut. Rancangan ini menggunakan 3 seri dan 4 paralel dari baterai Litium 4V /2Ah sehingga diperoleh kapasitas 12V/8Ah.

5.2 Saran

1. Penyempurnaan dan penambahan kapasitas baterai dan panel surya agar Robot dapat bekerja dengan durasi yang lebih lama.
2. Penyempurnaan bagian program agar robot dapat bekerja otomatis berdasarkan waktu.
3. Penambahan indikator baterai agar dapat mengetahui kapasitas baterai yang tersedia.

DAFTAR PUSTAKA

- Asy'ari, Hasyim, Abdul Rozaq, and Feri Setia Putra. 2014. "Pemanfaatan Solar Cell Dengan Pln Sebagai Sumber Energi Listrik Rumah Tinggal." 14(01):33–39.
- Purwoto, Bambang Hari, Ilham Fahmi Huda, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta, and Panel Surya. 2000. "Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber." 10–14.
- Raharjo, Puloeng, Bambang Sujanarko, and Triwahju Hardianto. 2000. "Perancangan Sistem Hibrid Solar Cell - Baterai – Pln Menggunakan Programmable Logic Controllers (*Design of Hybrid System Solar Cell - Battery - Pln Using*)." 1–5.
- Salman, Rudi. n.d. "Analisis Perencanaan Penggunaan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (*PLTS*) Untuk Perumahan (*Solar home System*)." 46–51.
- Siregar, M., Evalina, N., Cholish, C., Abdullah, A., & Haq, M. Z. 2021. Analisa Hubungan Seri Dan Paralel Terhadap Karakteristik Solar Sel Di Kota Medan. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 94-100.
- Quaschnig, Volker, 'Understanding Renewable Energy Systems', 2005, 1-289
- Putra, T. G. V. S. 2015. Analisa Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya 15 Kw Di Dusun Asah Teben Desa Datah Karangasem. *Skripsi, Universitas Udayana*.
- IEEE *Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems*. 2000. USA: IEEE-SA Standards Board.
- Wulandari, T. I., Prabowo, G., & Sudiharto, I. 2010. Rancang Bangun Sistem Penggerak Pintu Air Dengan Memanfaatkan Energi Alternatif Matahari. *EPPIS Final Project*.
- Rosyadi, N. H. 2016. Anialisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Energi Angin dan Energi Surya Dalam Penyediaan Energi Listrik Di Desa Banaran, Yogyakarta (Skripsi). *Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*.

Anonim. 2010. *Technical Application Papers no. 10 Photovoltaic Platns*.Italy: ABB SACE.

Wilianri. 2010. "Rancang Bangun "Mobile Power Supply" Multiguna Berbasis Sel Surya Pada Piranti Elektronika Bertegangan Di Bawah Dua Belas (Skripsi)", Jakarta: Universitas Mercu Buana.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

BIODATA DIRI



Nama : Muhammad Saifullah
Tempat, Tanggal Lahir: Binjai, 22 Juni 1997
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Alamat Sekarang : Jalan Marelan raya Gg. Masjid
Lor. Persatuan 1. Kel. Rengas Pulau Kec. Medan
Marelan.

No. Handphone/whatsapp : 082261357225

Email : muhammadsaifullah888@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

No. Induk mahasiswa : 1607220045

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Alamat Perguruan Tinggi : Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 (20238)

| Tingkat Pendidikan | Nama dan Tempat | Tahun Kelulusan |
|-----------------------------------|---|-----------------|
| Sekolah Dasar (SD) | SDS Al-washliyah 25. Kota Medan | 2009 |
| Sekolah Menengah Pertama (SMP) | SMP NEGERI 20 MEDAN | 2012 |
| Sekolah Menengah Atas (SMA) | SMA NEGERI 16 MEDAN | 2015 |
| Perguruan Tinggi/ Strata I | Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara | 2021 |