

**PERANCANGAN PROTOTYPE PEMANFAATAN PANEL
SURYA PADA SISTEM PENGAMANAN PADA JALAN
TANJAKAN DAN TURUNAN YANG BERTIKUNGAN**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana TeknikElektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MUHAMMAD RIFA'I

1707220061



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Rifa'i

NPM : 1707220061

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : PERANCANGAN PROTOTYPE PEMANFAATAN PANEL SURYA PADA SISTEM PENGAMANAN PADA JALANAN TANJAKAN DAN TURUNAN YANG BERTIKUNGAN

Bidang Ilmu : Energi Baru Terbarukan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 Maret 2022

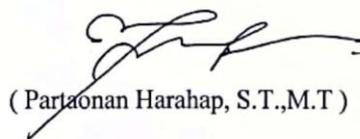
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



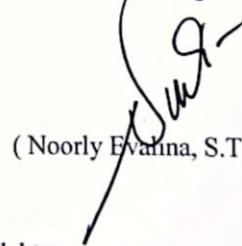
(Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,S.PD.,M.T)

Dosen Pembanding I / Penguji



(Partaonan Harahap, S.T.,M.T)

Dosen Pembanding II / Peguji



(Noorly Ewanna, S.T.,M.T)

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,



(Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,S.PD., M.T)

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Muhammad Rifai
Tempat /Tanggal Lahir : Indrapura, 24 Agustus 1999
NPM : 1707220061
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“PERANCANGAN PROTOTYPE PEMANFAATAN PANEL SURYA PADA SISTEM PENGAMANAN PADA JALAN TANJAKAN DAN TURUNAN YANG BERTIKUNGAN”

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.

Bilakemudianharididugakuatadaketidaksesuaianantarafaktadengankenyata anini, 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/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik,

Medan, 10 Maret 2022

Saya Yang Menyatakan



Muhammad Rifai

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tulisan ini. Shalawat berangkaikan salam kita panjatkan kepada junjungan kita Rasulullah Muhammad SAW yang mana beliau adalah suri tauladan bagi kita semua yang telah membawa kita dari zaman kebodohan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Tulisan ini dibuat sebagai tugas akhir untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul dari tugas akhir ini adalah “PERANCANGAN PROTOTYPE PEMANFAATAN PANEL SURYA PADA SISTEM PENGAMANAN PADA JALAN TANJAKAN DAN TURUNAN YANG BERTIKUNGAN”.

Kelancaran proses penulisan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta arahan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ayahanda dan Ibunda tercinta, Abu Bakar dan Syamsya yang telah memberikan kasih sayang yang tidak ternilai serta dukungan moril dan materil dan kepada keluarga penulis, Fahrul Rozi, sri ningsih.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST., MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, yang telah banyak memberikan nasihat, bimbingan, dorongan serta pengarahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Ibu Elvy Syahnur, ST., MT, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

5. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, ST, MM selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan nasihat, bimbingan, dorongan serta pengarahan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Kepada seluruh teman-teman Teknik Elektro khususnya kelas B1 stambuk 2017.
7. Segenap Bapak dan Ibu Dosen Teknik Elektro dan Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Sahabat-sahabat peneliti : Afif Hafizi, M. Ihsan Arifin, M. Nurul Arifin NST dan lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu.
9. Teman teman kampung saya yang telah membuat onar dalam kehidupan saya.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, hal ini disebabkan keterbatasan kemampuan penulis, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari segenap pihak. Akhir kata penulis mengharapkan semoga tulisan ini bermanfaat dan dapat menambah ilmu pengetahuan bagi para pembaca dan khususnya bagi penulis sendiri. Sebelum dan sesudahnya penulis mengucapkan terima kasih.

Medan, 01 Juli 2021

Penulis

Muhammad Rifai

ABSTRAK

Panel surya adalah suatu alat yang terdiri dari sel surya untuk mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Panel Surya ini dapat dimanfaatkan menjadi sumber cadangan energi salah satunya untuk Transportasi yaitu pada jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan yang nantinya akan membantu para pengendara lalu lintas. Maka dari itu tujuan penelitian ini adalah membuat prototype dengan bantuan panel surya sebagai sumber energi pengaman lalu lintas pada jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan sehingga hasil akhir dapat mampu mengurangi kecelakaan pada pengendara lalu lintas. Metode yang digunakan adalah panel surya mengubah cahaya menjadi listrik kemudian disimpan pada baterai oleh sebuah solar charger controller. Dari baterai tersebut kemudian dihubungkan pada beban. Baterai akai mampu menghasilkan tegangan tertinggi yaitu 13,7 V selama 240 Menit. Penelitian ini terdiri dari perangkat utama yaitu panel surya sebesar 50WP, Baterai 12V 5AH , Solar Charger Controller arduino omega 2560 ,relay 12,7v, Hasil penelitian pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah daya sebesar 39,305Watt, Arus 3,50 A, dan Tegangan 11,23V, berdasarkan hasil dari pengujian pada PLTS didapati daya cukup untuk bisa mensuplai energi pada beban sistem pengaman jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan.

Kata Kunci : Energi terbarukan, PLTS, Arduino AT Mega 2560 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

ABSTRACT

A solar panel is a device consisting of solar cells to convert sunlight into electricity. This solar panel can be used as a source of energy reserves, one of which is for transportation, namely on curved incline and derivative roads which will later help traffic drivers. Therefore, the purpose of this research is to make a prototype with the help of solar panels as a source of traffic safety energy on curvy inclines and derivatives so that the final result can be able to reduce accidents to traffic drivers. The method used is solar panels convert light into electricity and then stored in the battery by a solar charger controller. From the battery is then connected to the load. Akai battery is capable of producing the highest voltage of 13.7 V for 240 minutes. This research consists of the main devices, namely a 50WP solar panel, 12V 5AH battery, Solar Charger Controller arduino omega 2560, relay 12.7v, Research results on Solar Power Plants is a power of 39.305Watt, Current 3.50 A, and Voltage 11.23V, based on the results of the test on PLTS, it was found that there was sufficient power to be able to supply energy to the load of the incline and derivative road safety system that bends.

Keywords: Renewable energy, PLTS, Arduino AT Mega 2560, Solar Power Plant

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI.....	iv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penulisan	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan	4
2.2 Panel Surya (solar Cell)	5
2.2.1 Sejarah Panel Surya.....	6
2.2.2 Proses Konversi Sel Surya	6
2.2.3 Jenis-jenis Panel Surya.....	8
2.3 Solar Charger Controller	11
2.4 Baterai	12
2.4.1 Jenis-jenis Baterai	13
2.4.2 Kontruksi Baterai	14
2.4.3 Prinsip Kerja Baterai	15
2.4.4 Baterai Discharger Dan Recharger.....	16

2.5 Sensor.....	18
2.6 Relay SPDT.....	19
2.7 Sensor Ultrasonik.....	20
2.8 Lampu Led(light emitting dioda).....	22
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Waktu Dan Tempat.....	25
3.1.1 Waktu.....	25
3.1.2 Tabel Jadwal Penelitian.....	25
3.2 Tempat.....	26
3.3 Bahan Dan Alat.....	26
3.4 Prosedur Penelitian.....	30
3.4.1 Metode Pengumpulan Data.....	30
3.4.2 Metode Pengolahan Data.....	31
3.5 Bagan Rangkaian.....	31
3.6 Bagan Alir Penelitian.....	33
BAB 4 PEMBAHASAN.....	34
4.1 Pembahasan.....	34
4.2 Analisa Sistem.....	35
4.2.1 Analisa Kebutuhan Energi.....	35
4.3 Pengujian Sistem.....	36
4.3.1 Pengujian Panel Surya.....	36
4.3.2 Pengujian Baterai Terhadap Beban.....	40

4.3.3 Pengujian Baterai Aki.....	41
4.4 Speksifik Alat.....	43
BAB 5 PENUTUP.....	44
5.1 Kesimpulan.....	44
5.2 Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panel Surya.....	5
Gambar 2.2 Prinsip Kerja Panel Surya	7
Gambar 2.3 Susunan cell pada solar panel.....	8
Gambar 2.4 Panel Surya tpe polycrystalline	10
Gambar 2.5 Solar charger Controller	11
Gambar 2.6 Baterai	13
Gambar 2.7 Kontruksi Baterai	15
Gambar 2.8 Proses pongosongan dan pengisian baterai	16
Gambar 2.9 Proses pengosongan	17
Gambar 2.10 Proses Pengisian	17
Gambar 2.11 Sensor	18
Gamba 2.12 Cara Kerja Sensor Ultrasonic	21
Gambar 2.13 Sensor Ultrasonic	22
Gambar 2.14 Lampu LED.....	24
Gamambar 3.1 Kabel Panel Surya.....	25
Gambar 3.2 Tang Ampere.....	26
Gambar 3.3 Multi Meter	26
Gambar 3.4 Sensor Ultrasonic	27
Gambar 3.5 Relay.....	27
Gambar 3.6 Bagan Rangkaian	29

Gambar 3.7 Tampilan Alat.....	30
Gambar 3.8 Gambar Keseluruhan Rangkaian	30
Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian	31
Gambar 4.1 Baterai Aki 12v/5AH	33
Gambar 4.2 Proses Pengeluaran Tegangan Panel Surya.....	36
Gambar 4.3 Hasil Percobaan Pada Beban.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.2 Tabel Jadwal Penelitian	25
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Panel Surya.....	36
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Arus Dan Daya Output Panel Surya.....	38
Tabel 4.3 Hasil Pengeluaran Selama Satu Hari	39
Tabel 4.4 Pengujian Baterai Terhadap Beban.....	40
Tabel 4.5 Proses Pengisian Baterai	41
Tabel 4.6 Proses Pengosongan Baterai	42
Tabel 4.7 Speksifik alat.....	43

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Transportasi memiliki peranan penting dalam kehidupan manusia yang berguna untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari-hari. Sistem transportasi yang baik apabila mampu memberikan jaminan keselamatan, keamanan, kelancaran, kecepatan, ketepatan waktu dan kenyamanan untuk masyarakat. Salah satu permasalahan transportasi yaitu pada jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan pada lalu lintas jalan

Lalu lintas didefinisikan sebagai gerak kendaraan dan orang di ruang lalu lintas jalan, sedangkan yang dimaksud dengan ruang lalu lintas jalan adalah prasarana yang diperuntukan bagi gerak pindah kendaraan, orang, dan atau barang yang berupa jalan dan fasilitas pendukung. Pemerintah mempunyai tujuan untuk mewujudkan lalu lintas dan angkutan jalan yang selamat, aman, cepat, lancar, tertib, dan teratur nyaman dan efisien melalui manajemen dan rekayasa lalu lintas.

Pembangunan nasional di Indonesia dicanangkan untuk pemerataan diberbagai bidang dan sektor yang sekaligus menjadi tantangan bagi pemerintah maupun masyarakat untuk mewujudkannya, salah satu diantaranya adalah penyediaan energi. Energi baru dan terbarukan mulai mendapatkan perhatian sejak terjadinya krisis energi dunia yaitu pada tahun 70-an dan salah satu energi itu adalah energi surya.

Dengan meningkatnya perkembangan teknologi, maka akan menghadirkan kemudahan bagi kehidupan manusia untuk menyelesaikan permasalahan yang membutuhkan biaya, waktu, tenaga yang cukup besar dalam penyelesaiannya. Tetapi dengan adanya kemajuan teknologi, hal-hal tersebut dapat ditekan seminimal mungkin. Otomatisasi adalah pengganti tenaga manusia dengan mesin yang secara otomatis melakukan dan mengatur pekerjaan sehingga tidak memerlukan lagi pengawasan manusia dalam industri dan sebagainya.

Energi surya adalah sumber energi yang tak pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif yang akan diubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan sel surya. Sel surya atau *solar cell*

sejak tahun 1970-an telah mengubah cara pandang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu membakar bahan bakar fosil sebagaimana pada minyak bumi, gas alam, batu bara, atau reaksi nuklir. Sel surya mampu beroperasi dengan baik hampir seluruh belahan bumi yang tersinari matahari tanpa menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan.

Pada alat ini sebagai prototype pengamanan pada jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan yang mana untuk menggerakkan rancangan prototype tersebut menggunakan panel surya 50wp. Untuk wadah penempatan prototype menggunakan triplek. Rancangan prototype ini juga menggunakan miniatur lalu lintas dan miniatur mobil sebagai kendaraan yang menggunakan mainan berbahan dasar plastik. Pada penelitian ini penulis juga menggunakan sensor Ultrasonik sebagai fokus utama untuk mengerim sinyal bahaya.

Maka dari itu penulis mengangkat judul “ PERANCANGAN PROTOTYPE PEMANFAATAN PANEL SURYA PADA SISTEM PENGEMAMAN PADA JALAN TANJAKAN DAN TURUNAN YANG BERTIKUNGAN“. **Alat ini ditujukan untuk membantu masyarakat agar terhindar dari kecelakaan Lalu lintas akibat tidak adanya pemberitahuan pada jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan”.**

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

1. Bagaimana proses sistem backup sumber energi tegangan panel surya pada jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan?
2. Bagaimana pemanfaatan sumber energi panel surya pada jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan?
3. Berapa besar Tegangan panel surya yang dibutuhkan untuk bisa mencukupi kebutuhan listrik pada sistem pengaman jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan?

1.3 Tujuan Penulisan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, dapat disimpulkan beberapa tujuan yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui proses sistem backup sumber energi panel surya 50 wp pada jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan.
2. Dapat mengetahui pemanfaatan energi panel surya pada jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan.
3. Dapat mengetahui berapa besar Tegangan yang dibutuhkan untuk bisa mencukupi kebutuhan listrik pada sistem pengaman jalan tanjaka dan turunan yang bertikungan.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam hal ruang lingkup penelitian, dapat dilihat sebagai berikut :

1. Pemanfaatan proses sistem backup sumber energi tegangan panel surya pada jalanan tanjakan dan turunan yang bertikungan.
2. Memanfaatkan sumber energi panel surya pada jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan.
3. Mengetahui seberapa besar Daya listrik yang dihasilkan panel surya pada jalan tanjakan dan turunan yang bertikungan.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penulis adalah :

1. Dapat mengurangi angka resiko kecelakaan akibat pelanggaran Lalu Lintas jalan.
2. Dapat menerapkan pembangkit listrik yang hemat energi dan ramah lingkungan.
3. Membantu pemerintah dalam mengkampanyekan tentang energi terbarukan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Indonesia dikenal dengan keragaman budaya dan sumber daya alam (SDA) yang melimpah. Keragaman budaya dan SDA tersebut telah banyak dimanfaatkan oleh bangsa Indonesia seperti munculnya pariwisata budaya, pemanfaatan kekayaan hutan, laut, barang tambang, dan lainnya. Meninjau dari sumber daya alam, Indonesia memiliki beberapa jenis SDA yang telah dimanfaatkan baik yang terbatas maupun yang tidak terbatas. Salah satu pemanfaatan SDA yang tidak terbatas adalah matahari dalam pembangkit tenaga surya. Indonesia setiap harinya selalu dilewati oleh matahari dengan intensitas radiasi matahari yang cukup, yaitu berkisar antara 2,56 kWh/m² sampai dengan 5,75 kWh/m², oleh karena itu pembangkitan energi tenaga listrik tenaga surya di Indonesia perlu dikembangkan lebih lanjut. (Effendi et al., 2018)

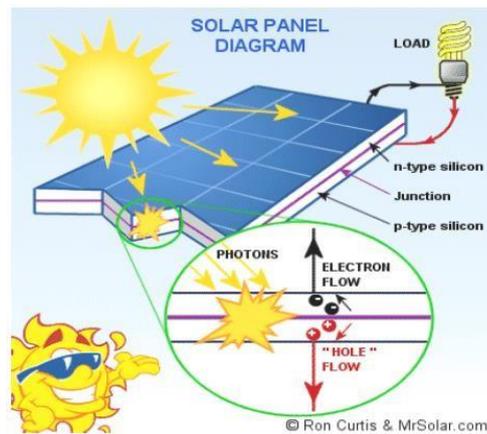
PLTS adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan sinar matahari melalui sel surya (photovoltaic) untuk mengkonversikan radiasi sinar foton matahari menjadi energi listrik. Sel surya merupakan lapisan-lapisan tipis dari bahan semikonduktor silikon (Si) murni, dan bahan semikonduktor lainnya. PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik DC, yang dapat diubah menjadi listrik AC apabila diperlukan, oleh karena itu meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS tetap dapat menghasilkan listrik. (Noor et al., 2019)

Posisi ideal panel surya adalah menghadap langsung ke sinar matahari. Panel surya memiliki perlindungan overheating yang baik dalam bentuk semen konduktif termal. Perlindungan overheating penting dikarenakan panel surya mengkonversi kurang dari 20% dari energi surya yang ada menjadi listrik, sementara sisanya akan terbuang sebagai panas, dan tanpa perlindungan yang memadai kejadian overheating dapat menurunkan efisiensi panel surya secara signifikan. Panel surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satu-satunya hal yang harus dikhawatirkan adalah

memastikan untuk segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel. (Noorly Evalina, H, et al., 2021)

2.2 Panel Surya (Solar Cell)

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



Gambar 2.1. Panel Surya

Dari ilustrasi diatas menunjukkan cara kerja panel surya dengan prinsip p-n junction. Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya.

Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi diatas menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. (Bakhtiar et al., 2019)

Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar di atas. (Purwoto, 2018)

2.2.1 Sejarah Panel Surya

Solar cell adalah suatu alat yang digunakan untuk mengkonversi cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung dengan menggunakan prinsip efek photovoltaic. Yang dimaksud dengan efek photovoltaic adalah suatu efek munculnya tegangan listrik yang diakibatkan adanya kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Efek ini pertama kali ditemukan oleh Alexandre – Edmund Becquerel seorang ahli fisika Perancis pada tahun 1839.

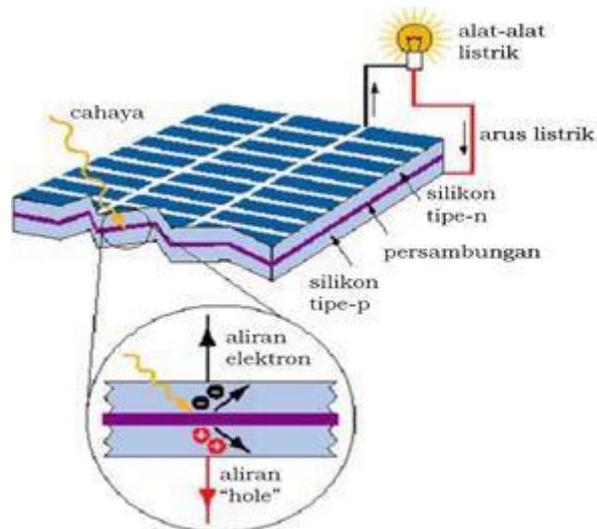
Pada dasarnya solar cell merupakan dioda photo yang memiliki permukaan yang luas. Perangkat solar cell menjadi sangat sensitif dengan cahaya yang masuk karena permukaan yang luas tersebut. Tegangan dan arus yang dihasilkan lebih besar dari dioda photo. Saat ini banyak sekali penggunaan solar cell dalam kehidupan sehari-hari. Contohnya pada alat pengisian baterai, kalkulator, pada satelit, sebagian kecil penerangan jalan raya menggunakan solar cell sebagai sumber energi listriknya dan bahkan beberapa negara sudah mulai menggunakan solar cell sebagai alternatif pembangkit listrik tenaga terbarukan (Ariawan, 2020)

2.2.2 Proses Konversi Sel Surya

Solar cell terdiri minimal dua lapisan semikonduktor. Lapisan yang satu mengandung muatan positif dan yang lainnya mengandung muatan negatif. Dimana semikonduktor inilah yang nantinya akan berperan untuk menghasilkan

muatan-muatan listrik. Cahaya matahari terdiri dari partikel sangat kecil yang disebut dengan *foton*. Partikel cahaya matahari tersebut menghantam atom semikonduktor solar cell sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. (Harahap, 2019)

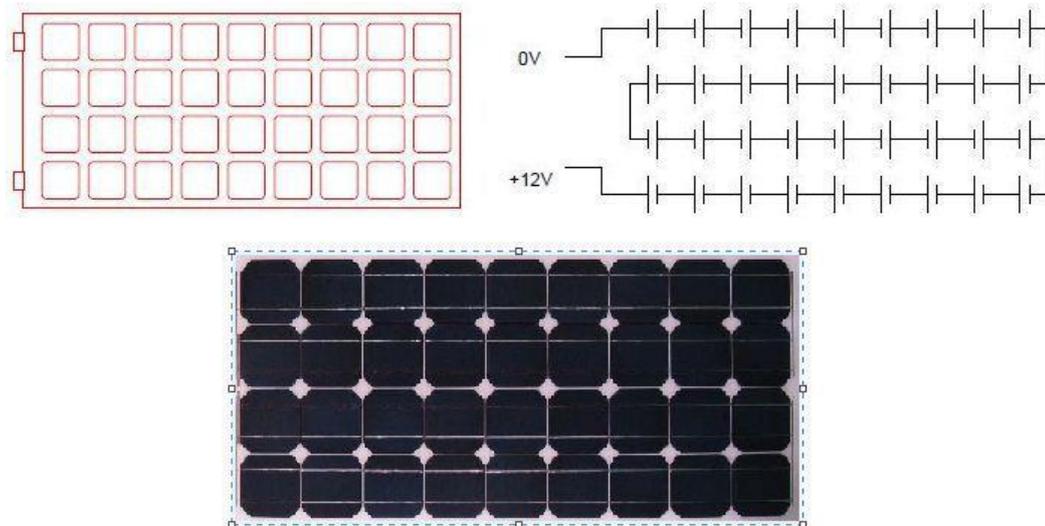
Elektron yang terpisah dari struktur atomnya muatannya menjadi negatif dan elektron tersebut akan bergerak bebas pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor solar cell. Atom yang kehilangan elektron tersebut akan terjadi kekosongan atau hole pada strukturnya. Kehilangan elektron mengakibatkan atom bermuatan positif. Peristiwa *foton* yang menghantam atom semikonduktor mengakibatkan elektron bergerak bebas dan berpindah ke daerah yang bermuatan positif inilah yang menimbulkan energi energi listrik dari solar cell. Daerah semikonduktor dengan elektron bebas ini bersifat negatif dan bertindak sebagai pendonor elektron, daerah semikonduktor ini disebut dengan semikonduktor tipe N. Dan daerah semikonduktor yang memiliki hole atau kekosongan elektron bermuatan positif. Daerah semikonduktor ini bersifat sebagai penerima elektron. Daerah ini disebut dengan semikonduktor tipe P. Diperbatasan daerah semikonduktor positif dan negatif (PN Junction) akan menimbulkan energi yang mendorong elektron (-)



Gambar 2.2. Prinsip Kerja Panel Surya

Ketika disinari cahaya matahari, biasanya satu cell dari panel surya hanya menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 volt sampai dengan 1 volt, dan arus short

circuitnya dalam skala miliampere per cm^2 . Besarnya tegangan dan arus yang dihasilkan setiap cell tidak akan cukup untuk mensuplay berbagai aplikasi. Sehingga solar cell biasanya tersusun oleh beberapa cell secara seri membentuk suatu panel. Satu panel solar cell biasanya terdiri dari 28 sampai 36 cell dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi mendapatkan cahaya standart. Suatu modul solar cell bisa digabungkan secara seri maupun paralel untuk mendapatkan tegangan atau arus yang sesuai kebutuhan (Arifin et al., 2017)



Gambar 2.3. Susunan Cell Pada solar panel

2.2.3. Jenis-jenis Panel Surya

Jenis – jenis panel surya dikelompokkan berdasarkan material sel surya yang menyusunnya. Terdapat perbedaan jenis –jenis panel surya yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Secara umum ada 3 jenis panel surya yang dapat dengan mudah ditemukan dipasaran saat ini, yaitu :

1. *Crystalline Silicon (c-Si)*

Panel surya jenis ini memanfaatkan material dari silikon sebagai bahan utama penyusun panel surya. Tipe *crystalline* merupakan generasi pertama dari sel surya dan memiliki 3 jenis panel utama. Tipe panel surya ini mendominasi pasar dan banyak digunakan PLTS disunia saat ini. Tipe panel ini yaitu :

a. *Monocrystalline Silicon (Mono-Si)*

Panel surya jenis ini menggunakan sel surya jenis *crystalline* tunggal dan memiliki efisiensi paling tinggi dikelasnya. Secara fisik, panel surya *Monocrystalline* dapat diketahui dari warna sel hitam gelap dengan model model terpotong pada tiap sudutnya. (Eka et al., 2018)

b. *Multicrystalline Silicon (Multi-Si)*

Panel surya jenis ini menggunakan sel surya jenis multi crystalline atau dikenal dengan polysilicon (*P-Si*) dan *Multi-Crystalline silicon (mc-Si)*. Secara fisik, panel surya dapat diketahui dari warna sel yang cenderung biru dengan bentuk persegi.

c. *Ribbon Silicon (Ribbon –Si)*

String Ribbon solar panel merupakan salah satu panel surya yang menggunakan sel surya *polycrystalline*, namun menggunakan proses yang berbeda. Jenis panel surya ini tidak memiliki pasar yang cukup baik, terutama setelah produsen terbesarnya mengalami kebangkrutan.

2. *Thin – Film Solar Celll*

Panel surya *Thin-Film* menggunakan banyak lapisan material sebagai bahan material penyusun. Panel surya ini merupakan panel generasi kedua. Ketebalan materialnya mula dari *nanometers* (nm) hingga *micrometers*. Beberapa tipe panel surya *Thin-film* yang ada dipasaran berdasarkan material penyusunnya, yaitu :

a. *Cadmium telluride (CDTE)*

Panel surya CDTE merupakan jenis panel surya yang memiliki tingkat efisiensi paling baik dikelasnya, yaitu 9-11%. First solar berhasil mengembangkan panel surya dengan efisiensi pada 14,4%.

b. *Copper Indium Gallium Diselenide*

Panel surya dari bahan material CIGS ini memiliki efisiensi 10-12% dengan efisiensi tertinggi yang pernah diproduksi dalam skala lab adalah 21,7%.

c. *Amorphous Thin – Film Silicon (A-Si,TF-Si)*

Panel surya ini memiliki efisiensi terendah yaitu 6-8% dan mengandung bahan tidak aman dalam materialnya. Ada beberapa tipe panel amorphous yaitu :

✓ *Amorphous Silicon Cells*

✓ *Tandem-cell using a-Si/ uc-Si*

- ✓ *Tandem-cell using a-Si/ pc-Si*
- ✓ *Polycrystalline silicon on glass*

D. Gallium Arsenide (GAAS)

Tipe panel sel GAAS memiliki harga yang cukup mahal, dan hanya digunakan untuk industri tertentu dan luar angkasa. Rekor efisiensi tertinggi pada panel ini yaitu 28,8%.

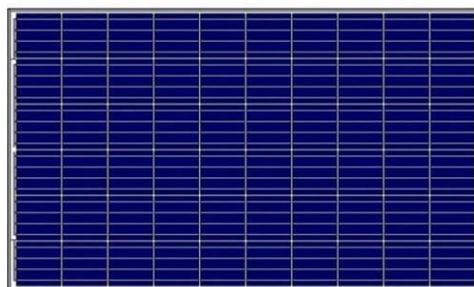
3. Material lainnya

Panel surya pada generasi ketika tersusun atas lebih banyak variasi material untuk masing-masing panel surya. Beberapa diantara jenis-jenis panel surya tersebut adalah :

- ✓ *Copper zinc tin sulfide solar cell (CZTS)*
- ✓ *Dye-sensitized solar cell*
- ✓ *Organic Solar cell*
- ✓ *Perovskite solar cell*
- ✓ *Polymer solar cell*
- ✓ *Quantum dot solar cell*
- ✓ *Building-Integrated Photovoltaics (BIPV)*

4. Polycrystalline

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Tipe polycrystalline memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monocrystalline untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.



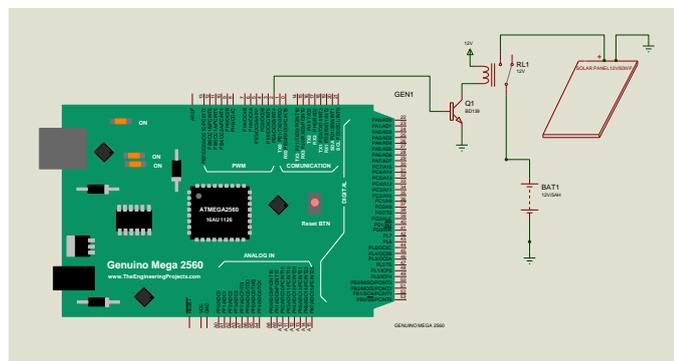
Gambar 2.4 Panel Surya Tipe Polycrystalline

Sel surya dengan tipe *Polycrystalline* dapat dilihat dari wujud fisiknya yang berwarna kebiruan dengan bercak-bercak biru muda dan biru tua.

Efisiensi dari sel surya tipe ini lebih rendah jika dibandingkan dengan sel surya tipe *monocrystalline*. Namun sel surya tipe ini dapat menghasilkan energy listrik walaupun dalam cuaca yang berawan. Sel surya tipe ini juga memiliki kelebihan dari segi harga yang lebih murah. Jenis sel surya inilah yang saat ini banyak digunakan di pasaran sebagai pembangkit listrik tenaga surya terutama dengan skala yang kecil. (Yandi, 2020)

2.3 Solar Charger Controller

Solar charge controller adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengatur arus tegangan DC yang masuk ke baterai agar tidak terjadinya overcharge atau pun ketidakstabilan tegangan yang masuk ke baterai, alat ini merupakan alat cas baterai yang digunakan khusus untuk pada panel surya. Solar charge controller sebagai mengatur tegangan dan arus masuk ke dalam baterai agar baterai tetap aman dan awet, selain itu solar charge controller merupakan peranan penting dalam suatu pengecasan baterai aki maupun pengaturan tegangan ke baterai dan tegangan beban. Sistem yang terdiri dari sel surya dibuat dengan kontruksi yang bersifat portable, baterai aki dan solar charge controller. Sel surya berfungsi mengkonversi energi cahaya matahari menjadi listrik melalui proses photovoltaic effect. Listrik yang di hasilkan dari sel surya disimpan pada baterai aki. Solar charge controller berfusngsi sebagai mengendalikan pengisian bateai agar proses pengeisian tersebut dapat memberi kondisi yang aman terhadap baterai aki (Pasaribu & Reza, 2021)



Gambar 2.5. Solar Charger Controller Mega 2560

Solar charge controller memiliki fungsi sebagai memonitoring arus, tegangan panel dan tegangan baterai. Solar charge controller terdiri dari 1 input

(2 terminal) yang terhubung dengan output sel surya, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load). Beberapa solar charge controller menyediakan monitoring agar kinerja PLTS dapat diperkirakan.(Pasaribu & Reza, 2021)

Solar charge controller secara umum memiliki dua jenis sebagai berikut :

1. Pulse Width Modulation (PWM) PWM (Pulse width modulation) adalah suatu teknik modulasi yang mengatur lebar pulsa-pulsa keluaran. Pada mikrokontroler sumber pulsa di hasilkan melalui clock internal lalu dimodulasikan dengan gelombang yang dihasilkan dari pembangkit gelombang. Pada charge controller ini, gelombang pulsa yang dihasilkan diatur dengan menggunakan PWM melalui microcontroller agar dapat menyesuaikan dengan kondisi baterai yang akan di isi ulang. Jenis satu ini merupakan cara yang paling efektif untuk mencapai pengisian baterai tegangan konstan dengan mengalihkan perangkat daya pengendali sistem surya. Ketika di PMW regulasi arus dari array surya mengecil menurut ke kondisi baterai dan kebutuhan daya. Pengontrolan muatan menggunakan arduino untuk mengatur tegangan baterai.

2. Maximum Power Point Tracker Controller(MPPT)

MPPT (Maximum Power Point Tracker) adalah sistem elektronik yang mengoperasikan Modul Photovoltaic (PV) yang memungkinkan modul menghasilkan sistem elektronik yang dapat mengatur variasi titik operasi listrik dari modul sehingga modul dapat menyampaikan daya maksimum yang tersedia. Tenaga tambahan yang dihasilkan dari modul tersebut kemudian dibuat menjadi peningkatan arus pengisian baterai. Jenis MPPT ini sangat unggul dengan karakteristik maksimum daya untuk mengisi baterai yang dihasilkan oleh solar sel jenis ini dapat mengambil dan menyimpan maksimum daya yang dihasilkan panel surya. MPPT memiliki kelebihan dibanding jenis jenis lain yaitu pada tegangan sel surya dapat disesuaikan lebih tinggi dari pada tegangan baterai. Keuntungan lain yang dimiliki jenis ini yaitu juga dapat bergantung pada suhu solar sel saat operasi dan level tegangan baterai(Salim & Rajabiah, 2019)

2.4 Baterai

Baterai adalah alat yang dapat menyimpan energi kimia dan menjadikannya energi listrik bila diperlukan. Baterai telah dikenal luas dalam

penggunaannya sebagai sumber energi benda-benda elektronik seperti mainan anak, lampu senter, dan lain-lain. Keunggulan baterai sebagai sumber energi listrik adalah kemudahannya untuk dibawa-bawa.



Gambar 2.6. Baterai

Listrik yang dihasilkan oleh sebuah baterai muncul akibat adanya perbedaan potensial energi listrik kedua buah elektrodanya. Perbedaan potensial ini dikenal dengan potensial sel atau gaya gerak listrik (ggl). Untuk melengkapireaksi dalam sebuah baterai dibutuhkan media transfer muatan dan sirkuit luar sebagai jalur alir listrik. Baterai yang digunakan saat ini mempunyai perbedaan yang besar dengan baterai generasi awal.

Dari segi konstruksi, baterai generasi awal mempunyai ukuran yang besar dan mempunyai komponen-komponen yang rawan akan kerusakan. Baterai sekarang mempunyai ukuran yang kecil dan sebagian besar komponennya padat, sehingga lebih aman. Dari segi kapasitas energi, baterai sekarang mempunyai rasio energi terhadap massa yang jauh lebih besar dibandingkan baterai generasi awal (N Evalina et al., 2021)

2.4.1 Jenis-jenis Baterai

Ada beberapa jenis baterai, yaitu :

a. Baterai Asam

Baterai asam yang bahan elektrolitnya (sulfuric acid = H_2SO_4). Didalam baterai asam, elektroda terdiri dari plat timah peroksida PbO_2 sebagai anoda (kutub positif) dan timah murni katoda (kutub negatif).

b. Baterai Alkali

Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali yang terdiri dari :

- ✓ *Nickel iron alkaline battery Ni-Fe Battery*
- ✓ *Nickel cadmium alkaline battery Ni Cd*

Baterai pada umumnya yang paling banyak digunakan adalah baterai alkali. Besarnya kapasitas baterai tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat positif maupun plat negatif yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap tiap sel, Ukuran dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energi suatu baterai dinyatakan dalam ampere jam (Ah), misalkan kapasitas 100 Ah 12 volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 5 ampere selama 20 jam pemakaian. Besar kecilnya tegangan baterai ditentukan oleh banyak sedikitnya sel baterai yang ada didalamnya. Sekalipun demikian, arus hanya akan mengalir bila ada konduktor dan beban yang dihubungkan ke baterai. Kapasitas baterai menunjukkan kemampuan baterai untuk mengeluarkan arus (*discharging*) selama waktu tertentu.

Pada saat baterai diisi (*charging*), terjadilah penimbunan muatan listrik. Jumlah maksimum muatan listrik yang dapat ditampung oleh baterai disebut kapasitas baterai dan dinyatakan dalam bentuk ampere dam (*Ampere hour*) (Indra Cahyadi et al., 2020) Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$N \text{ (Ah)} = I \text{ (ampere)} \times t \text{ (hours)} \quad (2.1)$$

Dimana :

N = kapasitas baterai aki

I = kuat arus (*ampere*)

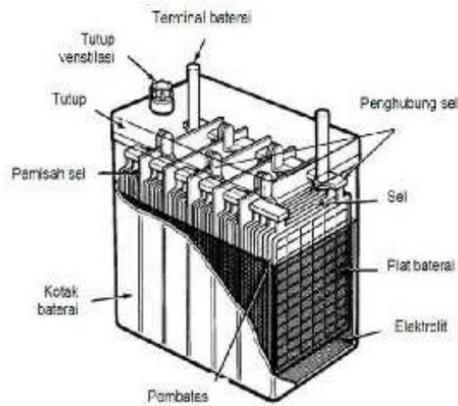
t = waktu (jam/*sekon*)

2.4.2 Kontruksi Baterai

Komponen – komponen baterai terdiri atas :

- ✓ Kotak baterai
- ✓ Elektrolit baterai
- ✓ Sumbat Ventilasi
- ✓ Plat positif dan plat negatif
- ✓ Separator
- ✓ Lapisan serat gelas (*Fiber Glass*)

✓ Sel baterai

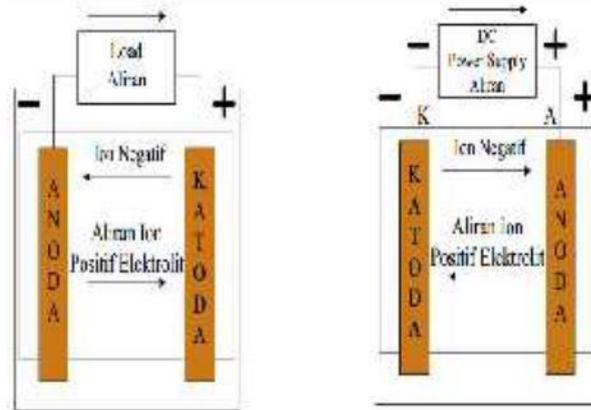


Gambar 2.7. Kontruksi Batarei

2.4.3 Prinsip Kerja Baterai

Baterai merupakan perangkat yang mampu menghasilkan tegangan Dc (*Disc Current*), yaitu dengan cara mengubah energi kimia yang terkandung didalamnya menjadi energi listrik melalui reaksi elektro kimia, Redoks (Reduksi-Oksidasi). Baterai terdiri dari beberapa sel listrik, sel listrik tersebut menjadi penyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia. Sel baterai tersebut terdiri dari elektroda negatif dan elektroda positif. Elektroda negatif disebut katoda, yang berfungsi sebagai pemberi elektron. Elektroda positif disebut anoda, berfungsi sebagai penerima elektron. Antara anoda dan katoda akan mengalir arus yaitu dari kutub positif ke kutub negatif. Sedangkan elektron akan mengalir dari kutub negatif ke kutub positif. (Diantari Aita Retno, Erlina, 2018)

- 1 Proses pengosongan pada sel berlangsung menurut gambar 2.12. jika sel dihubungkan dengan beban maka, elektron mengalir dari anoda melalui beban katoda, kemudian ion-ion negatif mengalir ke anoda dan ion-ion positif akan mengalir ke katoda.
- 2 Proses pengisian menurut gambar 2.12 dibawah adalah bila sel yang dihubungkan dengan *power supply* maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda dan proses kimia yang terjadi adalah sebagai berikut :



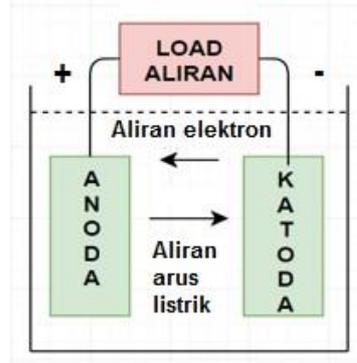
Gambar 2.8. Proses pengosongan dan pengisian baterai

- Aliran electron menjadi terbalik, mengalir dari anoda melalui *power supply* ke katoda.
- Ion – ion negative mengalir dari katoda ke anoda.
- Ion-ion positif mengalir dari anoda ke katoda jadi, reaksi kimia pada saat pengisian aalah kebalikan dari saat pengosongan.

2.4.4 Baterai Discharger Dan Recharge

A.Pengosongan (discharge)

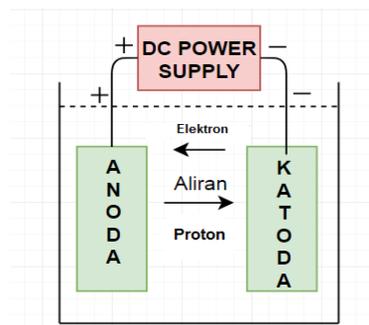
Proses pengosongan ini terjadi ketika baterai digunakan untuk mensuplai beban. Pada saat baterai sedang digunakan untuk mengaliri beban maka akan ada dua aliran yang terjadi yaitu aliran di dalam baterai atau disebut juga internal circuit dan aliran yang terjadi di beban yaitu external circuit. Di internal circuit terjadi proses perpindahan energi potensial yang dibawa oleh elektron dari kutub negatif ke kutub positif sehingga kutub positif baterai mendapat tambahan energi potensial dan membuatnya menciptakan tegangan untuk menjalankan beban. Sedangkan di external circuit terjadi aliran pelepasan energi potensial yang berasal dari kutub positif baterai yang kita kenal sebagai arus listrik menuju ke kutub negatif baterai melalui beban. Beda potensial antara kutub negatif dan positif baterai inilah yang kemudian ditangkap oleh beban sebagai sebuah energi listrik sehingga beban mendapat energi untuk bekerja. (Sapto Prayogo, 2019)



Gambar 2.9. Proses Pengosongan Baterai (discharge)

B. Recharge

Proses pengisian (charge) dilakukan untuk mengisi kembali daya yang telah terpakai pada baterai, bila sel dihubungkan dengan catu daya maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10



Gambar 2.10. Proses pengisian baterai (Recharge)

Proses kimia yang terjadi pada saat pengisian adalah:

- Aliran elektron mengalir dari anoda melalui catu daya ke katoda.
- Ion-ion negatif (elektron) mengalir dari katoda ke anoda.
- Ion-ion positif (proton) mengalir dari anoda ke katoda.

Proses pengisian memerlukan waktu yang bervariasi tergantung pada seberapa besar daya yang hilang dan besarnya arus yang dialirkan ke baterai, yang dapat dihitung dengan persamaan: $10\% \times \text{kapasitas baterai}$. (Noorly Evalina, Faisal Irsan Pasaribu, et al., 2021)

2.5 Sensor

Sensor berasal dari kata *Sense* (merasakan atau mengindera), adalah mendefinisikan sensor sebagai Piranti yang menerima sebuah stimulus dan meresponnya dengan sebuah sinyal listrik. Lebih jauh fraden mendefinisikan stimulus, atau rangsangan, sebagai kuantitas, sifat atau kondisi tertentu yang dapat dirasakan dan diubah menjadi sinyal listrik. Tujuan dari sebuah sensor adalah merespon sejenis masukan dan mengubah masukan tersebut menjadi sinyal listrik. Keluaran *output* dari sensor dapat berupa arus atau beda potensial. Setiap sensor pada prinsipnya adalah mengubah energy (*energy converter*). Sensor adalah jenis transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor sering digunakan untuk pendeteksian pada saat melakukan pengukuran dan pengendalian. (Bakhtiar & Tadjuddin, 2019)



Gambar 2.11. Contoh Sensor

Karakteristik sensor dilakukan adalah untuk mengetahui *Performance* dari sensor yang telah dirancang. Dalam hal ini sensor dianggap sebagai *black box* yang karakteristiknya ditentukan oleh hubungan antara sinyal keluaran dan sinyal masukan. Karakteristik statis sebuah sensor dapat dicirikan sebagai berikut:

1. Akurasi

Akurasi pada kenyataannya dapat diketahui dari ketidakakuratan sensor. Ketidakakuratannya dapat diukur dari deviasi terbesar yang dihasilkan sensor dalam pengukuran. Deviasi dapat diartikan sebagai perbedaan antara nilai perhitungan dengan nilai eksperimen.

2. Nonlinearitas

Nonlinearity error dikhususkan untuk sensor yang memiliki fungsi transfer dengan pendekatan linier. Nonlinearitas merupakan deviasi maksimum fungsi transfer dari pendekatan garis linier. Dapat dilakukan pendekatan linier untuk sensor dengan fungsi transfer nonlinier. Diantaranya dengan menggunakan metode *terminal point* dan metode *least square*. Metode *terminal point* dilakukan dengan cara menarik garis lurus dua titik output, yaitu output dengan input terkecil dan terbesar.

3. Saturasi

Setiap sensor memiliki batasan operasi. Peningkatan nilai input tidak selalu menghasilkan output yang diinginkan. Dengan kata lain setiap sensor meskipun memiliki fungsi transfer linier, tetapi pada input tertentu memiliki kondisi nonlinear atau saturasi.

4. Resolusi

Resolusi didefinisikan sebagai kemampuan sensor untuk mendeteksi sinyal input minimum. Ketika sensor diberikan input secara kontinu, sinyal output pada beberapa jenis sensor tidak akan memberikan output yang sempurna bahkan dalam kondisi tidak ada gangguan samasekali. Pada kondisi demikian, biasanya terjadi sedikit perubahan output. Jika pada sebuah sensor tidak terjadi demikian, maka sensor tersebut dapat dikatakan bersifat kontinu atau memiliki resolusi yang sangat kecil.

5. Repeatabilitas

Repeatability (reproducibility error) disebabkan karena ketidakmampuan sensor untuk menghasilkan nilai yang sama pada kondisi yang sama. Kesalahan ini dapat disebabkan karena sifat material, gangguan temperatur, dan kondisi lingkungan lainnya.

2.6 Relay SPDT

Relay SPDT (single pole double throw) Relay adalah komponen elektronika yang berupa saklar atau switch elektrik yang dioperasikan menggunakan listrik. Relay juga biasa disebut sebagai komponen electromechanical atau elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu coil atau elektromagnet

dan kontak saklar atau mekanikal. Komponen relay menggunakan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau low power, dapat menghantarkan arus listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi. Berikut adalah gambar dan juga simbol dari komponen relay.(Halide et al., 2017)



Gambar (a) Relay, (b) Simbol Relay

Relay berfungsi sebagai penghubung dan pemutus arus saat pengecasan atau penyimpanan arus ke baterai. Relay merupakan saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik.

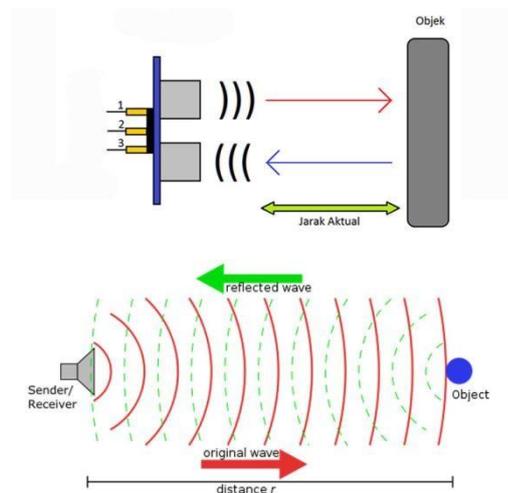
2.7 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis (bunyi) menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Cara kerja sensor ini didasarkan pada prinsip dari pantulan suatu gelombang suara sehingga dapat dipakai untuk menafsirkan eksistensi (jarak) suatu benda dengan frekuensi tertentu. Disebut sebagai sensor ultrasonik karena sensor ini menggunakan gelombang ultrasonik (bunyi ultrasonik).(Pasaribu et al., 2016)

Gelombang ultrasonik adalah gelombang bunyi yang mempunyai frekuensi sangat tinggi yaitu 20.000 Hz. Bunyi ultrasonik tidak dapat didengar oleh telinga manusia. Bunyi ultrasonik dapat didengar oleh anjing, kucing, kelelawar, dan lumbalumba. Bunyi ultrasonik bisa merambat melalui zat padat, cair dan gas. Reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat padat hampir sama dengan reflektivitas bunyi ultrasonik di permukaan zat cair. Akan tetapi, gelombang bunyi ultrasonik akan diserap oleh tekstil dan busa.

Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah

alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima. (Arsada, 2017)



Gambar 2.112. Cara Kerja Sensor Ultrasonik

Secara detail, cara kerja sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi di atas 20kHz. Untuk mengukur jarak benda (sensor jarak), frekuensi yang umum digunakan adalah 40kHz.
- Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut.
- Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut. Jarak benda dihitung berdasarkan rumus:

$$S = 340.t/2$$

Dimana S merupakan jarak antara sensor ultrasonic dengan benda (bidang pantul), dan t adalah selisih antara waktu pemancar ane gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang pantul diterima receiver.

Sensor ini merupakan sensor ultrasonic siap pakai, satu alat yang berfungsi sebagai pengirim, penerima, dan pengontrol gelombang ultrasonik. Alat ini bias digunakan untuk menguku rjarak benda dari 2cm - 4m dengana kurasi 3mm. Alat ini memiliki 4 pin, pin Vcc, Gnd, Trigger, dan Echo. Pin Vcc untuk listrik positif dan Gnduntuk ground-nya. Pin Trigger untuk trigger keluarnya sinyal dari sensor dan pin Echo untuk menangkap sinyal pantul dari benda.



Gambar 2.13. Sensor Ultrasonik

2.8 Lampu LED (Light Emiting Dioda)

LED atau singkatan dari Light Emiting Dioda adalah salah satu komponen elektronika yang tidak asing lagi di kehidupan maanusia saat ini. LED saat ini sudah banyak dipakai, seperti untuk penggunaan lampu permainan anak-anak, untuk rambu-rambu lalu lintas, lampu indikator, peralatan elektronik hingga ke industri, dan berbagai perangkat elektronika lain sebagai indicator bahwa system sedang berada dalam proses kerja, biasanya berwarna merah atau kuning. LED ini banyak digunakan karena komsumsi daya yang dibutuhkan tidak terlalu besar dan beragam warna yang dapat memperjelas bentuk atau huruf yang akan ditampilkan.

Pada dasarnya LED itu merupakan komponen elektronika yang terbuat dari bahan semi konduktor jenis diode yang mampu memancarkan cahaya. LED merupakan produk temuan lain setelah diode. Strukturnya juga sama dengan diode, akan tetapi belakangan ditemukan bawah elektron yang menerjang sambungan P-N. Untuk mendapatkan emisi cahaya pada semikonduktor, doping

yang dipakai adalah gallium, arsenic.phosporus.Karena LED adalah salah satu jenis diode maka LED memiliki yaitu anoda dan katoda. Dalam hal ini LED akan menyala bila ada arus listrik mengalir dari anoda menuju katoda. Pemasangan kutub LED tidak boleh terbalik karena apabila terbalik kutubnya maka LED tersebut tidak akan menyala.(Anggraini et al., 2020)

LED memiliki karakteristik berbeda-beda menurut warna yang dihasilkan. Semakin tinggi arus yang mengalir pada LED maka semakin terang pula cahaya yang dihasilkan, Namun ada pula yang harus diperhatikan bahwa besarnya arus yang diperbolehkan 10mA-20mA dan pada tegangan 1,6 V – 3,5 V menurut karakterwarna yang dihasilkan. Apabila arus yang mengalir lebih dari 20mA maka LED akan terbakar. Untuk menjaga agar LED tidak terbakar perlu kita gunakan resistor sebagai penghambat arus.(Yoris,2016)

Cara menghitung nilai resistor pada LED :

Tegangan kerja / jatuh tegangan pada sebuah menurut warna yang dihasilkan :

1. Infra merah : 1,6 V
2. Merah : 1,8 – 2,1 V
3. Oranye : 2,2 V
4. Kuning : 2,4 V
5. Hijau : 2,6 V
6. Biru : 3,0 V – 3,5 V
7. Putih : 3,0 V – 3,6 V
8. Ultraviolet : 3,5 V

Berdasarkan hokum Ohm, $V=I.R$

Keterangan : V = tegangan, I= arus listrik, R = Resistor

Apabila kita mencari nilai resistor maka : $R = V/I$

$$R = (V_s - V_d) / I$$

V_s = tegangan sumber(batry,accu,power supply).

V_d = jatung tegangan.



Gambar 2.14. Lampu LED

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu Dan Tempat

3.1.1 Waktu

Waktu pelaksanaan ini dilakukan dalam waktu 3 bulan terhitung dari tanggal 1 Juli 2021 sampai 8 Oktober 2021. Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian. Penelitian ini diawali dengan kajian awal (tinjauan pustaka), pengumpulan data, survei tempat lokasi untuk ilustrasi dengan prototype pembuatan alat, pembelian alat, analisa data, dan terakhir kesimpulan dan saran.

3.2 Tempat

Penelitian dilaksanakan di Kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Muchtar Basri No.3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara.

3.3 Bahan Dan Alat

Untuk melakukan penelitian ini bahan dan alat yang digunakan adalah :

1 Kabel Panel Surya

Kabel panel digunakan pada panel surya sebagai penghubung arus antara panel surya ke alat lainnya.



Gambar 3.1 Kabel Panel Surya

2 Tang Ampere

Tang ampere berfungsi untuk mengukur arus keluaran yang dihasilkan oleh baterai



Gambar 3.2 Tang Ampere

3 Multimeter

Multimeter pada penelitian ini berfungsi sebagai pengukur arus keluaran dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.



Gambar 3.3 Multimeter

4 Sensor Ultrasonik

Fungsi sensor ultrasonic adalah mendeteksi benda atau objek di hadapan sensor.



Gambar 3.4 Sensor Ultrasonik

5 Relay

Relay berfungsi sebagai penghubung dan pemutus arus saat pengecasan atau penyimpanan arus ke baterai. Relay merupakan saklar elektronik yang digerakkan oleh arus listrik. Bentuk fisik relay dapat dilihat pada bagian berikut ini.



Gambar 3.5 Relay

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Metode Pengumpulan Data

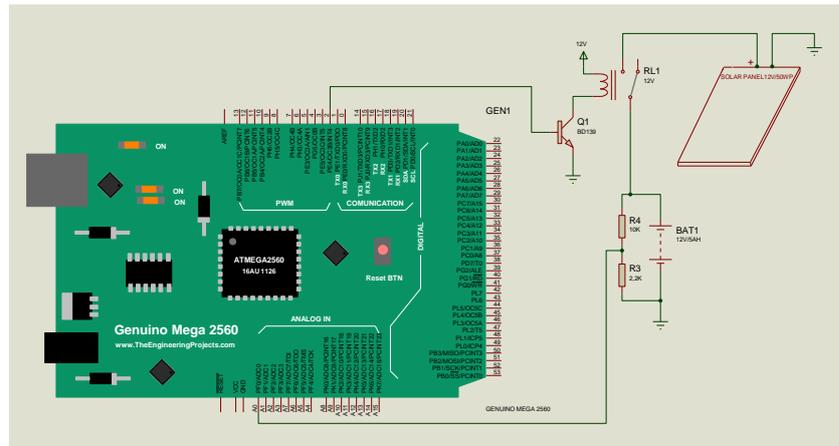
Pengumpulan data pada penelitian ini ada 3 tahapan, yaitu :

1. Pengumpulan data ini menargetkan pada tahap proses pengubahan energi panas matahari menjadi energi listrik. Melalui tahapan ini energi matahari diserap oleh alat khusus yaitu panel surya berkapasitas 50wp kemudian diubah menjadi energi listrik dan disimpan ke baterai. Energi yang disimpan di baterai adalah Arus searah atau DC.
2. Pengumpulan data selanjutnya adalah dari hasil pengujian batere, yaitu batere diisi sampai penuh untuk mencari kapasitas isi batere dan kemudian melakukan pengosongan batere atau pengurasan arus dengan beban. Langkah ini untuk menentukan kapasitas arus keluaran batere.
3. Pengambilan data arus dan tegangan untuk beban, hal ini dilakukan saat percobaan dengan cara memperhitungkan daya listrik yang dihasilkan oleh solar panel dan batere.

3.4.2 Metode pengolahan data

Metode pengolahan data yang dilakukan adalah dengan cara mengkaitkan data jadwal kedatangan lalu lintas kendaraan selama 1hari mulai pukul 00:00 WIB sampai 23:59 WIB dengan kapasitas daya yang tersimpan dibaterai sebagai sumber cadangan energi. kapasitas daya yang tersimpan dibaterai didapat dari proses penyerapanchahaya matahari oleh panel surya. maka dari itu dapat di tentukan berapa banyak daya yang harus dikeluarkan untuk menghidupkan sensor selama satu harian penuh.

3.5 Bagan Rangkaian

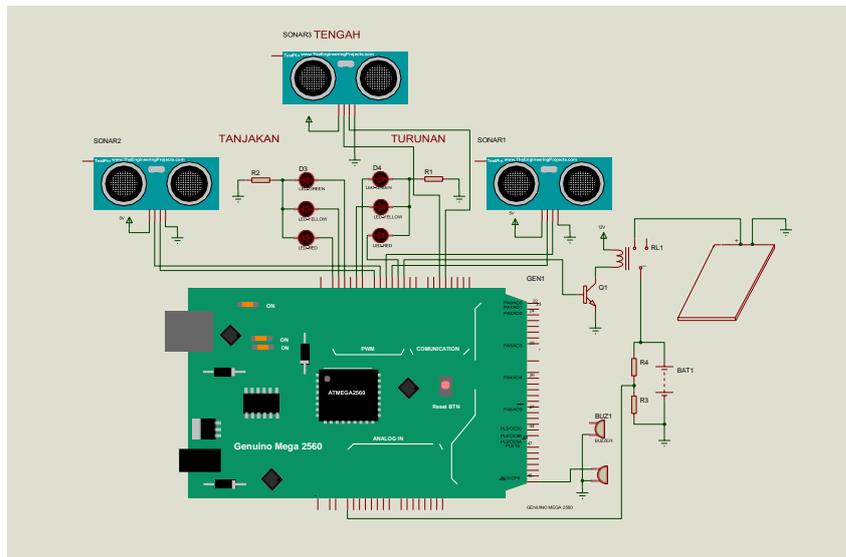


Gambar 3.6 Bagan Rangkaian

Gambar 3.5 di atas menunjukkan diagram rangkaian, mulai dari input hingga output. Input sistem berasal dari energi matahari yaitu sebuah solar panel 50 WP. Konversi energi dilakukan oleh panel surya dari cahaya matahari menjadi energi listrik. Keluaran solar panel digunakan untuk pengisian baterai dimana proses pengisian dikontrol oleh Solar Charge Controller. Pada rancangan ini yang bertindak sebagai solar charger controller adalah mikrokontroler mega 2560 yang merupakan keluarga Arduino. Prinsip kerja kontrol charger adalah mengatur proses pengisian baterai berdasarkan kondisi baterai. Secara teori, bila baterai kosong tegangan baterai akan berada dibawah tegangan standard yaitu dibawah 12V. Sedangkan saat baterai penuh, tegangannya akan mencapai 14,4V. Untuk mengetahui tegangan baterai, mikrokontroler membutuhkan sebuah sensor tegangan. Sensor tegangan dapat dibuat dengan menggunakan sebuah pembagi tegangan yaitu dengan 2 buah resistor seri dengan perbandingan nilai yang berbeda sesuai faktor pembagi. Output sensor yaitu dari titik tengah pembagi tegangan diberikan pada input mikrokontroler melalui masukan analog. Tegangan sensor kemudian diubah menjadi data digital oleh ADC internal dan dikalibrasi oleh program menjadi nilai tegangan baterai sebenarnya. Nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan acuan yaitu jika tegangan baterai dibawah 12V dinyatakan kosong sedangkan nilai diatas 13V dinyatakan berisi. Dari acuan tersebut mikrokontroler akan menentukan status charge atau stop.

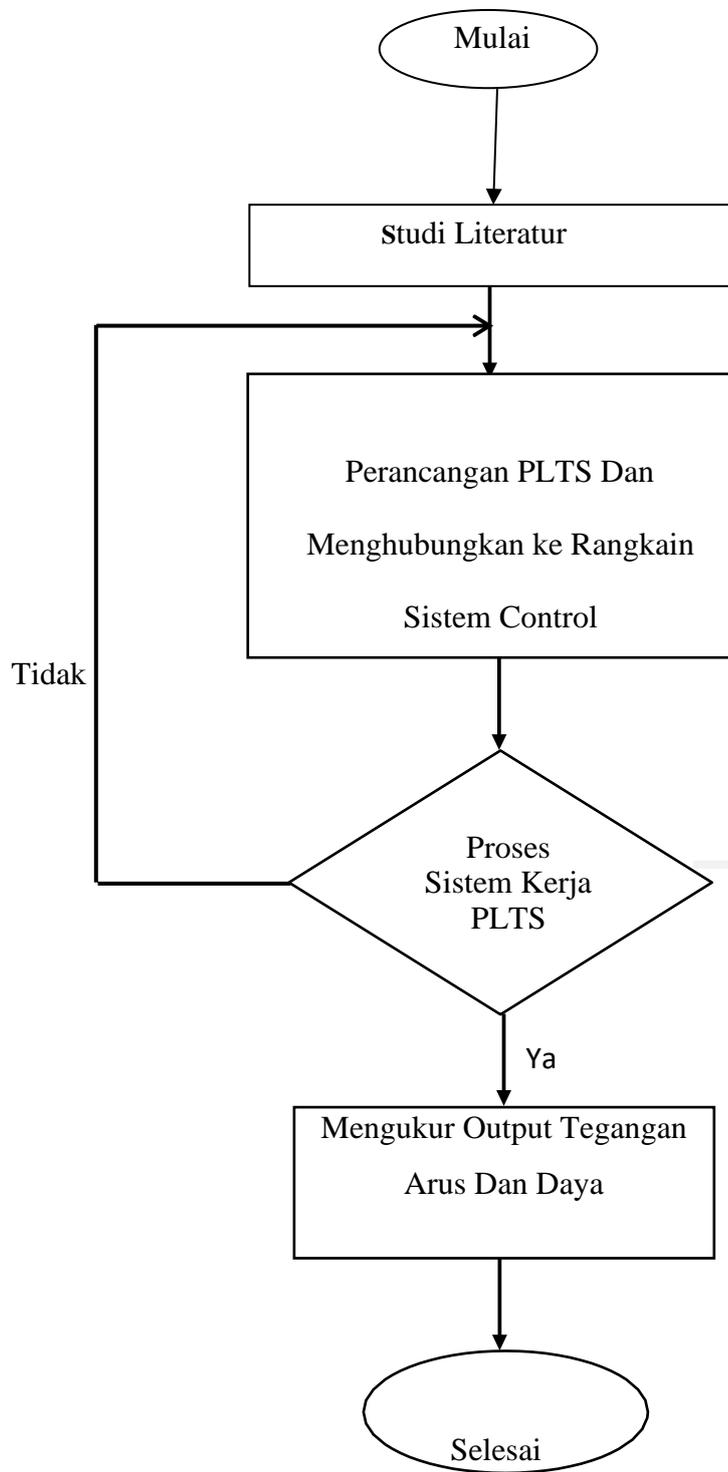


Gambar 3.7 Tampilan Alat



Gambar 3.8 Gambar Keseluruhan Rangkaian

3.6 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan

PLTS merupakan sebuah pembangkit listrik terbarukan yang saat ini berkembang pesat karena didukung oleh industri yang membangun sel-sel surya yang efisien dengan harga yang semakin besar. Sistem PLTS sudah sangat mudah diperoleh secara individu karena murah dan minim perawatan. Konstruksi PLTS juga paling sederhana dibanding dengan pembangkit listrik lainnya. PLTS sangat cocok digunakan untuk daerah tropis yang mendapat pancaran sinar matahari sepanjang tahun. Satu-satunya kelemahan PLTS adalah tidak dapat menghasilkan listrik di malam hari atau cuaca mendung. Solusi untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan sistem hybrid atau dengan baterai bank. Dimana energi lebih dari matahari akan disimpan ke baterai agar dapat digunakan saat malam hari.

Pada rancangan ini, sistem PLTS dimanfaatkan sebagai alat suplai arus untuk Alat pengatur lampu lalu lintas pada jalan tikungan sebagai pengaman tambahan yang direncanakan untuk dipasang pada jalan tikungan medan-Brastagi yang beroperasi 24 jam. Dengan demikian sistem dilengkapi baterai cadangan agar sistem dapat bekerja saat mendung atau sore maupun malam.

Panel surya yang digunakan berukuran 50WP dan kapasitas baterai 5000 mAh. Sistem pembangkit dilengkapi oleh rangkaian charger otomatis agar dapat menjaga ketersediaan arus dan tegangan yang stabil. Otomatis charger dilakukan oleh kontroler Arduino mega 2560, sebuah sensor tegangan digunakan untuk memantau proses pengisian baterai secara otomatis. Untuk mengontrol arus ke baterai dilakukan melalui sebuah relay, saat relay on baterai akan terhubung pada solar panel dan saat off ,baterai akan terputus dengan baterai. Bab ini akan membahas kinerja alat dengan cara melakukan pengujian terhadap sistem secara keseluruhan. tegangan pada hubungan seri lebih besar dibandingkan tegangan pada hubungan paralel, selisih perbandingan antara hubungan seri dan paralel sebesar 49,98 %, sedangkan arus pada hubungan paralel lebih besar dibandingkan arus dengan hubungan seri, dimana selisih perbandingan arus pada hubungan seri dan paralel sebesar 83,19 % (Siregar et al., 2021)

4.2 Analisa Sistem

4.2.1 Analisa kebutuhan energi

Sistem pembangkit yang dirancang bertujuan untuk mensuplai sistem traffic warning atau rambu peringatan di jalan tikungan dan tanjakan. Sistem memanfaatkan tenaga cahaya matahari untuk diubah menjadi listrik dan disimpan pada batere aki. Untuk mengetahui kebutuhan dari kapasitas PLTS dibutuhkan analisa mengenai daya yang harus disediakan sesuai kebutuhan. Dalam hal ini , kebutuhan daya yang harus dipenuhi adalah berapa arus dan daya untuk mengisi batere yang ada. Rancangan ini menggunakan batere aki 12V 5AH. Kapasitas arus untuk mengisi batere tersebut minimal 20% dari 5A yaitu 1A. Untuk mengisi batere hingga penuh dibutuhkan Waktu 5 jam , yaitu $5H \times 1A = 5AH$. Dengan demikian dibutuhkan panel surya yang mampu mensuplai kebutuhan arus dan daya tersebut. Dalam hal ini ditentukan panel surya 50 WP/12V. Panel surya 50 WP mampu mensuplai arus sebesar 4,1A saat cahaya sangat terang. Dengan kondisi ini maka saat cahaya normal dan tidak terlalu terang panel dapat mensuplai minimal 1A. Sehingga kebutuhan untuk mengisi ulang batere cukup memadai.



Gambar 4.1 Batere Aki 12V/5AH

4.3 Pengujian sistem

4.3.1 Pengujian panel surya

Pada pengambilan data dilakukan dari mulai pagi hari pukul 08:00 s/d 18:00 WIB, dengan masing masing pengambilan data dilakukan per jam selama 11 jam. Berikut tabel data dari percobaan dihari pertama Selasa, 14 Desember 2021:

Tabel 4.1 Hasil pengukuran panel surya.

Waktu	Tegangan (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

- **Analisa hasil pengujian panel surya**

Dari data tabel 4.1 diatas dapat dicari arus dan daya keluaran panel yaitu dengan mengukur tahanan dalam Resistor beban dengan Ohm meter kemudian dibagi dengan tegangan beban. Sedangkan untuk menghitung daya adalah perkalian tegangan dan arus beban.

$$\text{Arus panel surya} = \text{ arus beban} = \text{Tegangan motor} / \text{ tahanan}$$

Diketahui :

$$I \text{ beban} = V_{\text{beban}} / R_{\text{d beban}}$$

$$R_{\text{d beban}} = 3,2 \text{ Ohm}$$

Contoh :

$$V_{\text{beban}} = 10,87\text{V}$$

Maka :

$$I_{\text{beban}} = 10,87\text{V} / 3,2 \text{ Ohms}$$

$$I_{\text{beban}} = 3,40 \text{ A}$$

Sedangkan Daya keluaran panel = daya beban

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

V = tegangan motor

I = arus motor

Maka :

$$P = 10,87\text{V} \times 3,40 \text{ A} = 36,95 \text{ Watt}$$

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	3,40	36,95
09:00	11,22	3,50	39,27
10:00	12,41	3,87	48,02
11:01	12,38	3,86	47,78
12:01	12,43	3,88	48,22
13:02	12,31	3,84	47,27
14:00	12,20	3,81	46,48
15:00	11,27	3,52	39,67
16:01	10,29	3,21	33,03
17:00	10,01	3,12	31,32
18:00	8,22	2,56	21,04

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

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

**Gambar 4.2 Proses pengukuran tegangan panel surya**

Maka dari hasil tabel dapat dihitung rata-rata arus, tegangan dan daya keluaran dari panel surya 50 wp :

a. Rata-rata Arus

$$I \text{ Rata - rata} = \frac{I \text{ Total}}{11}$$

$V \text{ Rata - rata}$

$$= \frac{3,40 + 3,50 + 3,87 + 3,86 + 3,88 + 3,84 + 3,81 + 3,52 + 3,21 + 3,12 + 2,56}{11}$$

$$I \text{ Rata - rata} = \frac{38,57}{11}$$

$$I \text{ Rata - rata} = 3,50 \text{ Ampere}$$

b. Rata-rata tegangan

$$V \text{ Rata - rata} = \frac{V \text{ Total}}{11}$$

$V \text{ Rata - rata}$

$$= \frac{10,87 + 11,22 + 12,41 + 12,38 + 12,43 + 12,31 + 12,20 + 11,27 + 10,29 + 10,01 + 8,22}{11}$$

$$V \text{ Rata - rata} = \frac{123,61}{11}$$

$$V \text{ Rata - rata} = 11,23 \text{ Volt}$$

c. Rata-Rata Daya

$$P \text{ rata-rata} = I \text{ rata-rata} * V \text{ rata-rata}$$

$$P \text{ rata-rata} = 3,50A * 11,23V$$

$$P \text{ rata-rata} = 39,305 \text{ Watt}$$

Tabel 4.3 Hasil pengukuran selama satu hari

No	Hasil Pengukuran	Satuan
1	3,50	Ampere
2	11,23	Volt
3	39,305	Watt

4.3.2 Pengujian Baterai Terhadap Beban

Untuk menghitung daya keluaran pada baterai sebagai sumber daya dari hasil penyerapan cahaya matahari oleh panel surya terhadap sistem kontrol Arduino, maka dilakukan pengujian yaitu menentukan spesifikasi beban dengan hitungan kotor sebagai berikut:

Tabel 4.4 Pengujian Baterai Terhadap Beban

No	Nama beban	Jumlah	Tegangan	Total
1	Arduino	1 buah	4,92v	4,92v
2	Lampu Trafigh Ligh	4 buah	3.3v	13,2v
3	Sensor Ultrasonic	3 buah	5v	15v
4	Relay	1 buah	12,7v	12,7v
TOTAL				45.82v

Setelah analisis kebutuhan daya pada rangkaian dihitung, dilakukan pengujian panel surya untuk mengetahui tegangan output panel surya yang akan diberikan ke rangkaian sistem control. Pengujian panel surya terhadap beban dilakukan dengan menggunakan alat ukur Multitester kemudian merangkai baterai dengan beban sistem Kontrol

No	Percobaan Rangkaian Sumber daya panel surya terhadap beban Sistem Kontrol	Arus	Tegangan	Hasil Dari Percobaan
1	Percobaan 1	2	15,2	Semua sistem control berjalan dengan normal
2	Percobaan 2	1,7	13,5	Lampu lambat dalam Merespon sinyal yang di berikan sensor ultrasonik

.Gambar 4.3 Hasil Percobaan Pada Beban

4.3.3 Pengujian batere Aki

Untuk mendapatkan tegangan yang cukup agar PLTS dapat bekerja maka digunakan sebuah baterai Aki untuk menyimpan energi listrik. Pengujian batere dilakukan dengan mengisi terlebih dahulu hingga penuh kemudian mengurasnya hingga kosong. Dengan demikian batere harus di cas dulu dengan charger yang ada.

Tabel 4.5 Proses pengisian batere.

Waktu(menit)	Tegangan (V)	Arus (A)
0	10,2	1,48
30	10,6	1,36
60	10,9	1,18
90	11,2	0,96
120	11,6	0,83
150	12,1	0,77
180	12,9	0,68
210	13,2	0,28
240	13,7	0,11

Dari tabel diatas terlihat bahwa batere bekerja diisi dengan durasi waktu 240 menit atau 4 jam dengan acuan tegangan cas mencapai 14,4V yaitu 20% diatas tegangan normal batere. Tegangan batere normal adalah 12 V jika ditambah 20% menjadi 14,4V. Maka pada menit 240 batere dinyatakan penuh. Sedangkan kapasitas amper-hour yang mengalir ke batere dapat dihitung dari penjumlahan amper tiap jam nya yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas} = (I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9) \times 0,5 \text{ Jam}$$

$$\text{Kapasitas} = (1,48+1,36+1,18+0,96+0,83+0,77+0,68+0,28+0,11) \times 0,5 \text{ Jam}$$

$$\text{Kapasitas} = 4,56 \text{ AH}$$

Setelah batere terisi penuh saatnya menguji pengosongan batere yaitu dengan memberikan beban konstan dan mengukur arus dan tegangannya hingga batere mencapai tegangan dibawah 10V. Untuk beban pada pengujian ini digunakan Sistem control pengaman jalan tikungan. Berikut adalah tabel hasil pengujian pengosongan batere.

Tabel 4.6 Proses pengosongan batere

Waktu(menit)	Tegangan (V)	Arus (A)
0	12,5	1,25
30	12,2	1,22
60	11,8	1,19
90	11,7	1,16
120	10,8	1,09
150	10,1	1,01
180	9,6	0,96
210	9,2	0,92

Dari tabel diatas , Kapasitas arus pengosongan adalah :

$$\text{Amper-hour} = (1,25\text{A} + 1,22\text{A} + 1,19\text{A} + 1,16\text{A} + 1,09\text{A} + 1,01\text{A} + 0,96\text{A} + 0,92\text{A}) \times 0,5 \text{ Jam}$$

$$\text{Amper-hour} = 4,4\text{AH}$$

Dengan demikian kapasitas batere yang digunakan adalah 4,4 Amper Hour.

4.4 Speksifik Alat

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

Tabel 4.7 Spesifikasi

Tegangan Output : 12-14V DC
Kapasitas panel surya : 50 WP
Kapasitas batere : 12V/4400 mAh
Arus maksimum : 4,4A
Lama operasi Batere : 12 jam
Durasi cas batere : minimal 4 Jam
Tipe batere : batere basah

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Sistem back up untuk mensuplai rangkaian pengaman jalan tikungan dan tanjakan yang dibuat dapat menggunakan sebuah baterai Aki untuk menyimpan arus yang dihasilkan oleh panel surya pada siang hari selama 240 Menit dapat menghasilkan 13,7 Volt yang dapat digunakan pada malam hari.
2. Sebuah sistem pembangkit listrik tenaga matahari dapat direalisasikan dengan memanfaatkan sebuah solar panel, sebuah baterai dan rangkaian charger kontroler. Panel surya mengubah energi cahaya menjadi listrik kemudian diisi pada baterai yang dikontrol oleh rangkaian mikrokontroler Arduino mega 2560 sebagai SCC.
3. Kapasitas panel surya yang dibutuhkan untuk mensuplai rangkaian adalah 50WP dan dengan baterai back up untuk malam hari dibutuhkan kapasitas sebesar 5AH dan berdasarkan pengujian dan pengukuran di lapangan daya listrik yang dihasilkan 39,305 Watt.
4. Untuk membuat charger otomatis dapat digunakan mikrokontroler Arduino Uno yang diprogram untuk membaca tegangan batere dan mengatur relay cas. Jika batere telah penuh maka relay akan dimatikan dan saat batere telah kosong relay akan dihidupkan kembali.

5.2 Saran

1. Penyempurnaan dan penambahan kapasitas batere dapat bekerja dengan durasi yang lebih lama saat malam hari.
2. Mengembangkan sistem PLTS agar selain mensuplai rangkaian pengaman jalan , juga dapat menghidupkan lampu jalan saat malam hari.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, R., F. Sudarma, A., Yuliarty, P., & V.Enriko, F. (2020). Perancangan Heatsink Untuk Lampu Led Menggunakan Simulasi Cfd. *Industri Inovatif: Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 6–10. <https://doi.org/10.36040/industri.v10i1.2532>
- Ariawan, K. U. (2020). Pengisi Daya Baterai Telepon Seluler Portabel Berbasis Panel Surya. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 17(1), 23. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v17i1.22818>
- Arifin, M., Margareta, D. O., & Trimaryana, O. F. (2017). Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Efisiensi Konversi Sel Surya Berbasis Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC). *Jurnal Integrasi*, 9(1), 24. <https://doi.org/10.30871/ji.v9i1.246>
- Arsada, B. (2017). Aplikasi Sensor Ultrasonik Untuk Deteksi Posisi Jarak Pada Ruang Menggunakan Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro*, 6(2), 1–8.
- Bakhtiar, B., & Tadjuddin, T. (2019). Peningkatan Efisiensi Pengisian Baterai Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *Seminar Nasional Hasil Penelitian & ...*, 2019(996), 131–136.
- Bakhtiar, Ruslan, L., & Gunawan, A. (2019). Penerapan listrik tenaga surya di pesantren alam indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2019*, 2019, 308–313.
- Diantari Aita Retno, Erlina, W. C. (2018). Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai PLTS. *Energi & Kelistrikan*, 9(2), 120–125.
- Effendi, L., Darajat, D. M., & Lestari, S. (2018). Simulasi Optimalisasi Kapasitas Plts Atap Untuk Rumah Tangga Di Surabaya. *Multitek Indonesia: Jurnal Ilmiah*, 12(2), 114–121.
- Eka, S., Pagan, P., Sara, I. D., & Hasan, H. (2018). Komparasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal Dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh. *Jurnal Karya Ilmiah Teknik Elektro*, 3(4), 19–23.
- Evalina, N, Pasaribu, F. I., & Ivana, R. D. (2021). Implementasi Pembangkit

Listrik Tenaga Surya Kapasitas 200 Wp Dengan Sistem Solar Charger Pada Beban Kipas Angin. *Seminar Nasional Teknik*
<https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/semnastek/article/view/4143>

Evalina, Noorly, Faisal Irsan Pasaribu, & Abdul Azis H. (2021). The Use of Inverters in Solar Power Plants for Alternating Current Loads. *Britain International of Exact Sciences (BIOEx) Journal*, 3(3), 151–158.
<https://doi.org/10.33258/bioex.v3i3.496>

Evalina, Noorly, H, A. A., Pasaribu, F. I., & A, A. (2021). Penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada Robot Penyemprot Desinfektan. *Proceeding Seminar Nasional Kewirausahaan*, 4(2502), 368–374.

Halide, L., Ulfiah, F., Jurusan, D., Elektro, T., Negeri, P., & Pandang, U. (2017). *Penerapan Pemodelan Propagasi Dual-Hop Relay Wireless Melalui Analisa Diversity Combining Relaya Tx Rx. November*, 201–205.

Harahap, P. (2019). Implementasi Karakteristik Arus Dan Tegangan Plts Terhadap Peralatan Trainer Energi Baru Terbarukan. *Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU*, 2(1), 152–157.

Indra Cahyadi, C., Gusti Agung Ayu Mas Oka, I., Kusyadi, D., Penerbangan Palembang Jl Adi Sucipto No, P., Kecamatan Sukarami, S., & Sumatera Selatan, P. (2020). Efektifitas Kinerja Solar Cell Pada Plts Dengan Sumber 50Wp. *Jurnal Teknovasi*, 07, 47–56.

Noor, N. A., Hamma, H., & Asriyadi, A. (2019). IbM PENERAPAN IPTEK GUNA MEWUJUDKAN LISTRIK BERBASIS PLTS BAGI KELOMPOK MASYARAKAT MISKIN DI LINGKUNGAN JAMARANG *Seminar Nasional Hasil* ..., 2017, 361–366.
<http://jurnal.poliupg.ac.id/index.php/snp2m/article/viewFile/1350/1248>

Pasaribu, F. I., & Reza, M. (2021). Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP. *R E L E (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 46–55.

- Purwoto, B. H. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(01), 10–14. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>
- Salim, M. B., & Rajabiah, N. (2019). Analisis Kemampuan Panel Surya Monokristalin 150 Watt pada Arus dan Pengisian yang Dihasilkan. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Dan Riset Ilmiah)*, 3(1), 29–35. <https://doi.org/10.30599/jipfri.v3i1.342>
- Sapto Prayogo. (2019). Pengembangan sistem manajemen baterai pada PLTS menggunakan on-off grid tie inverter. *Jurnal Teknik Energi*, 9(1), 58–63. <https://doi.org/10.35313/energi.v9i1.1646>
- Yandi, W. (2020). Prototipe Data Logging Monitoring System Untuk Konversi Energi Panel Surya Polycrystalline 100 Wp Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 7(1), 55–60. <https://doi.org/10.33019/ecotipe.v7i1.1486>