

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN PROTOTYPE PEMANFAATAN PANEL SURYA PADA SISTEM PENGAMANAN PORTAL KERETA API MENGUNAKAN SENSOR GERAK

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

DISUSUN OLEH :

MUHAMMAD NABIL MUZTAHID LUBIS
1707220058



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2021

HALAMAN PENGESAHAN

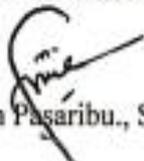
Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Muhammad Nabil Muztahid Lubis
Npm : 1707220058
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : PERANCANGAN PROTOTYPE PEMANFAATAN
PANEL SURYA PADA SISTEM PENGAMANAN
PORTAL KERETA API MENGGUNAKAN SENSOR
GERAK
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, 31 Agustus 2021

Mengetahui dan Menyetujui
Dosen Pembimbing


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

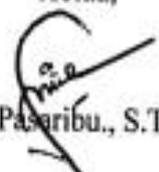
Dosen Penguji I


Ir. Abdul Aziz Hutasuhut., M.M

Dosen Penguji II


Partaonan Harahap., S.T, M.T

Ketua 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 Nabil Muztahid Lubis

Tempat /Tanggal Lahir : Rantau Prapat, 09 Maret 2000

NPM : 1707220058

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 PORTAL KERETA API MENGGUNAKAN SENSOR GERAK ”

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/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik,

Medan, 31 Agustus 2021

Saya Yang Menyatakan



Muhammad Nabil Muztahid Lubis

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih Maha Penyayang. Tidak ada kata yang lebih indah selain puji dan syukur kepada Allah SWT, yang telah menetapkan segala sesuatu, sehingga tiada sehelai daun pun yang jatuh tanpa izin-Nya. Alhamdulillah atas izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul **“PERANCANGAN PROTOTYPE PEMANFAATAN PANEL SURYA PADA SISTEM PENGAMANAN PORTAL KERETA API MENGGUNAKAN SENSOR GERAK”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan beribu terima kasih kepada orang-orang yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini baik yang secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis : Ibu Rita Novi Warti, yang tak hentinya mendo'akan dan memberikan dukungan serta nasehat setiap harinya.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Khairul Umurani, S.T, M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Ibu Elvy Sahnur Nasution., S.T, M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
8. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T, M.T.,selaku Dosen Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Seluruh Bapak/ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan ilmu ketekniklistrikan kepada penulis.

10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro B1 Pagi Stambuk 2017

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini, hal itu penulis sadari karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakan skripsi ini. Besar harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi orang lain pada umumnya.

Medan, 31 Agustus 2021
Penulis



Muhammad Nabil Muztahid Lubis

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 portal kereta api tanpa penjagaan yang nantinya akan memudahkan para petugas penjaga palang untuk bisa mengontrol dari satu pintu saja. Maka dari itu tujuan penelitian ini adalah membuat prototype dengan bantuan panel surya sebagai sumber energi dan juga menerapkan sistem internet of things pada portal portal kereta api tanpa adanya penjagaan sehingga hasil akhir dapat mampu mengurangi kecelakaan pada transportasi kereta api di perlintasan tanpa penjagaan akibat tidak adanya portal sebagai perangkat keselamatan transportasi kereta api. Metode yang digunakan adalah panel surya mengubah cahaya menjadi listrik kemudian disimpan pada baterai oleh sebuah solar charger controler. Dari baterai tersebut kemudian dihubungkan pada beban. Penelitian ini dilakukan di kampus utama Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang terdiri dari perangkat utama yaitu panel surya sebesar 60WP, Baterai VRLA 12V 7AH , Solar Charger Controller 20A, DC DC Converter Step Down dimulai dari jam 07:30 - 15:30. Hasil penelitian pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah daya sebesar 18,39 Watt, Arus 1,35A, dan Tegangan 13,62V, berdasarkan hasil dari pengujian pada PLTS didapati daya cukup untuk bisa mensuplai energi pada beban yaitu sistem kontrol IoT walaupun baterai cepat habis

Kata Kunci : Energi terbarukan, PLTS, Internet Of Things, Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Abstract

Solar Panel is a tool that consists of solar cell to change the sunlight be electricity. Solar Panel can be used for train portal without the Safeman for control from one office. Therefore the purposes of this research is designing protyotype with support from solar panel as the backup energy and to implementation Internet of Things System at the Train Portal without the safeman and the finals can reduce the accident from rail transportation at the cross without safeman from not any portal as safety device of rail transportation. Method used is Solar Panel change the sunshine becomes electricity then saved by battery by a Solar Charger Charger. From the battery then connect to load. This Research was conducted at Muhammadiyah University of North Sumatera which consists main device of solar panel 60Wp, battery 12V 7AH, Solar Charger Controller 20A, DC DC Converter Step Down and start from 07:30 - 15:30. In this case the energy of Solar Power Plant is 18,39 Watt, the current is 1,35A and the voltage is 13,62V and therefore based on results from the testing at solar power plant was found the energy is very less to supply energy for load thas is control system Internet of Thing during till the battery is fast drop

Keywords : Renewable Energy, PLTS, Internet Of Things, Solar Power Plant

DAFTAR ISI

COVER
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian.	3
1.4. Ruang Lingkup.....	3
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2. Panel Surya.....	8
2.2.1. Sejarah Panel Surya.....	9
2.2.2. Proses Konversi Sel Surya	10
2.2.3. Jenis-jenis Panel Surya.....	12
2.3. Solar Charger Controller	18
2.4. Baterai	18
2.4.1. Jenis-jenis Baterai	19
2.4.2. Konstruksi Baterai.....	20
2.4.3. Prinsip Kerja Baterai	21
2.5. Sensor.....	22
2.6. Motor Servo	24
2.6.1. Prinsip Kerja Motor Servo	25
2.7. Konverter DC to DC	26
2.8. Buzzer	27
2.9. NodeMCU ESP8266	29
2.10. Kereta Api	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1. Waktu dan Tempat	33
3.1.1. Waktu	33
3.1.2. Tempat.....	33
3.2. Bahan dan Alat.....	34
3.2.1. Panel Surya 60 Wp.....	34
3.2.2. Solar Charger Controller	35
3.2.3. Baterai	35
3.2.4. Kabel panel Surya	36

3.2.5	Multimeter Digital	36
3.2.6	Sensor PIR	37
3.2.7	Stick Kayu	37
3.2.8	Converter DC to DC	38
3.2.9	Motor Servo	38
3.2.10	Kereta Api Mainan	39
3.2.11	Triplek	39
3.2.12	Kabel Jumper	40
3.2.13	Buzzer	40
3.2.14	Selongsong Kabel	41
3.2.15	Lakban	41
3.2.16	Papan PCB	42
3.2.17	Kabel USB	42
3.2.18	Tang	43
3.2.19	Pisau Cutter	43
3.3	Prosedur Penelitian	
3.3.1.	Metode Pengumpulan Data	44
3.3.2.	Metode Pengolahan Data	44
3.4	Bagan Rangkaian	45
3.5.	Flowchart Sistem	46
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		47
4.1	Pengujian Panel Surya 60 WP	47
	4.1.1 Pengambilan Data Panel Surya 60 Wp	49
4.2	Pengujian Baterai	51
	4.2.1 Pengujian Daya Baterai	51
	4.2.2 Pengujian Baterai Terhadap Beban	52
	4.2.3 Analisa Proses Pengisian dan Pengosongan Baterai	55
	4.2.4 Metodologi Pengisian dan Pengosongan Baterai	57
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		58
5.1	Kesimpulan	58
5.2	Saran	58
 DAFTAR PUSTAKA		59

DAFTAR GAMBAR

Gambar.2.1. Panel Surya.....	8
Gambar. 2.2. Prinsip Kerja Panel Surya	11
Gambar. 2.3. Susunan Cell Pada Solar Panel.....	12
Gambar. 2.4. Jenis Panel Surya Monocrystalline	13
Gambar. 2.5. Jenis Panel Surya Multicrystalline	13
Gambar. 2.6. Jenis Panel Surya Ribbon Silicon	14
Gambar. 2.7. Jenis Panel Surya Cadmium Telluride	14
Gambar. 2.8. Jenis Panel Surya Copper Indium Gallium	15
Gambar. 2.9. Jenis Panel Surya Amorphous Thin – Film Silicon	15
Gambar. 2.10. Jenis Panel Surya Gallium Arsenide (GAAS).....	16
Gambar. 2.11.Solar Charger Controller	17
Gambar. 2.12.Baterai	19
Gambar.2.13.Konstruksi Baterai.....	21
Gambar.2.14. Proses Pengosongan dan Pengisian Baterai	22
Gambar.2.15.Sensor PIR.....	23
Gambar.2. 16Motor Servo.....	25
Gambar.2.17. Konverter DC to DC	27
Gambar.2.18. Buzzer Aktif	28
Gambar.2.19. Buzzer Pasif.....	29
Gambar.2.20. NodeMCU ESP8266	30
Gambar.2.21. Pin Pada NodeMCU ESP8266	31
Gambar.2.22. Kereta Api	31
Gambar.3.1. Panel Surya 60 Wp.....	34
Gambar.3.2. Solar Charger Controller	35
Gambar.3.3. Baterai	35
Gambar.3.4. Kabel Panel Surya	36
Gambar.3.5. Multimeter	36
Gambar.3.6.Sensor PIR.....	37
Gambar. 3.7. Stick Kayu	37
Gambar. 3.8. Konverter.....	38
Gambar. 3.9. Motor Servo.....	38
Gambar. 3.10. Kereta Api Mainan	39
Gambar. 3.11. Triplek	39
Gambar. 3.12. Kabel Jumper.....	40
Gambar. 3.13. Buzzer.....	40
Gambar. 3.14. Selongsong Kabel.....	41
Gambar. 3.15. Lakban.....	41
Gambar. 3.16. Papan PCB.....	42
Gambar. 3.17. Kabel USB.....	42
Gambar. 3.18. Tang.....	43
Gambar. 3.19. Pisau Cutter	43
Gambar. 3.20. Bagan Rangkaian	45
Gambar. 3.21. Flowchart Sistem.....	46
Gambar. 4.1. Rangkaian Panel Surya Secara Keseluruhan.....	47
Gambar. 4.2. Rangkaian Panel Surya dengan Beban.....	48
Gambar. 4.3. Perhitungan daya rata-rata.....	49

Gambar. 4.4.	Grafik Tegangan dan Arus yang dihasilkan.....	50
Gambar. 4.5.	Tegangan pada Panel Surya	51
Gambar. 4.6.	Hasil Percobaan Pada Beban.....	52
Gambar. 4.7.	Rangkaian Kontrol Panel Surya	53
Gambar. 4.8.	Rangkaian Panel Surya dengan Sistem IoT	54
Gambar. 4.9.	Sumber Baterai Dihubungkan dengan sistem kontrol IoT	55
Gambar. 4.10.	Grafik Pengisian Baterai	56
Gambar. 4.11.	Grafik Pengosongan Baterai	56

DAFTAR TABEL

Tabel.3.1.Jadwal Penelitian.....	33
Tabel. 4.1. Pengukuran catu daya panel surya	49
Tabel. 4.2. Hasil pengukuran selama satu hari.....	50
Tabel. 4.3. Hasil pengukuran daya Baterai	51
Tabel. 4.4. Beban pada sistem kontrol	52
Tabel. 4.5. Pengisian dan pengosongan baterai	55

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan suatu hal yang sangat penting dan vital yang dibutuhkan oleh semua kalangan baik individu, rumah tangga, maupun industri. Bertambahnya jumlah penduduk dan adanya perkembangan teknologi, industri dan informasi maka kebutuhan akan konsumsi energi listrik kian meningkat guna menunjang kegiatan manusia. Listrik yang dihasilkan oleh PLN tidak selamanya kontinu dalam penyalurannya ke konsumen, ketiadaan akan energi listrik tersebut dapat mengganggu keberlangsungan kegiatan konsumen sehingga perlu adanya pembangkit listrik lain yang berfungsi sebagai back-up suplai listrik utama dari PLN agar kebutuhan listrik konsumen tidak terganggu.

Upaya untuk memenuhi kebutuhan listrik yang kontinu dan guna menekan penggunaan energi listrik berbasis fosil yang cadangan bahan bakar energinya semakin berkurang sehingga dapat menimbulkan masalah pada kehidupan manusia di masa depan, memacu dikembangkannya pembangkit listrik alternatif dengan sumber energi baru terbarukan.

Energi adalah kebutuhan yang tidak dapat di lepaskan dalam kehidupan ini. Energi yang selama ini digunakan tidak mencukupi untuk kebutuhan energi masa depan sehingga dapat menimbulkan krisis energi. Dalam mengatasi krisis energi dimasa yang akan datang, diperlukan energi yang dapat menggantikan energi tidak terbarukan. Panel surya merupakan salah satu solusi pengganti energi tidak terbarukan, yang memanfaatkan energi terbarukan dari matahari.

Energi matahari merupakanenergi yang tidak akan bisa habis hingga datangnya hari kiamat. Sinar yang dihasilkanmampu berubah dari satu bentuk energi menjadi energi yang lain. Batas energi yang dihasilkan cahaya matahari pun tanpa batas. Akan tetapi, cahaya yangmasukkebumi akanberkurangjika keadaan langit mendung atau terjadi hujan, dan rotasi bumimengakibatkan terjadinya malam.

Panel surya merupakan suatu alat yang terdiri dari sel surya untuk mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Panel surya disebut juga sel photovoltaic, photovoltaic dapat diartikan sebagai “cahaya-listrik“. Panel surya terdiri dari 3 lapisan, yaitu lapisan panel tipe P di bagian atas, lapisan pembatas di tengah, dan lapisan panel tipe N di bagian bawah. Akibat efek fotoelektrik maka sinar matahari menyebabkan terjadinya pelepasan elektron pada lapisan panel tipe P, sehingga hal ini mengakibatkan muatan proton mengalir menuju lapisan panel tipe N. Dengan demikian, terjadi proses perpindahan arus proton sebagai arus listrik.

Belakangan ini solarcell mulai populer didalam pandangan para peneliti di seluruh belahan bumi. Selain mulai menipisnya cadangan energi fosil dan global warming yang terjadi saat ini, energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) biasa didapatkan secara gratis. Solar cell memiliki banyak aplikasi, terutama cocok untuk digunakan bila tenaga listrik dari grid tidak tersedia, seperti wilayah terpencil, satelit pengorbit bumi, pompa air dll. Photovoltaic biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut Solar cell (dalam bentuk modul atau panel surya) dapat dipasang di atap gedung dan berhubungan dengan inveter ke grid listrik dalam sebuah net meeting

Dengan demikian karena besarnya sumber energi matahari yang tersebar diseluruh wilayah Indonesia tersebut, maka sangat berpotensi untuk dikembangkan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) ataupun dimanfaatkan dengan melalui metode pemasangan panel surya. Modul/panel surya merupakan media pengkonversi energi foton matahari menjadi energi listrik, dimana penggunaannya selalu terpapar cuaca langsung.

Pada alat ini sebagai prototype pengamanan portal kereta api menggunakan sensor gerak, yang mana untuk menggerakkan rancangan prototype tersebut menggunakan panel surya 60wp. Untuk wadah penempatan prototype menggunakan triplek. Rancangan prototype ini juga menggunakan kereta api mainan sebagai kendaraan dan palang pintu kereta api menggunakan mainan bahan dasar plastik. Pada penelitian ini penulis

juga menggunakan sensor gerak sebagai fokus utama untuk menggerakkan palang pintu.

Maka dari itu penulis mengangkat judul “PERANCANGAN PROTOTYPE PEMANFAATAN PANEL SURYA PADA SISTEM PENGAMANAN PORTAL KERETA API MENGGUNAKAN SENSOR GERAK“. **Alat ini ditujukan untuk membantu masyarakat agar terhindar dari kecelakaan kereta api akibat tidak adanya palang pintu di jalan raya”.**

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana prosedur perancangan prototype portal kereta api dengan memanfaatkan panel surya sebagai sumber energi alat kendali jarak jauh?
2. Bagaimana pemanfaatan sumber energi panel surya menggunakan sistem kontrol IoT ?
3. Bagaimana resiko kecelakaan tidak terjadi pada lintasan kereta api yang tidak memiliki pos penjagaan ?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Untuk mengetahui prosedur perancangan prototype pengaman portal kereta api dengan panel surya 60wp.
2. Dapat mengoperasikan sistem keamanan penjagaan kereta berbasis kontrol IoT
3. Dengan cara mengimplementasikan konsep portal otomatis pada palang pintu yang tidak ada penjagaan.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam hal ruang lingkup penelitian, dapat dilihat sebagai berikut :

1. Perancangan prototype pengaman portal kereta api menggunakan panel surya 60wp

2. Penggunaan panel surya 60wp sebagai sumber energi sistem kontrol IoT
3. Membuat backup sumber energi pada sistem keamanan persimpangan jalan yang tidak ada penjagaan

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penulis adalah :

1. Dapat mengurangi angka resiko kecelakaan akibat pelanggaran kereta api
2. Dapat membantu penjaga pintu kereta api memantau daerah yang tidak ada penjaga dan palang pintu
3. Membantu pemerintah dalam memanfaatkan energi terbarukan untuk pos penjagaan keamanan penjagaan kereta api

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Kondisi perkembangan teknologi untuk kebutuhan kehidupan pada zaman modern ini, sangat melekat dengan pemakaian energi listrik. Listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat dalam bidang apapun, baik industri maupun kehidupan masyarakat biasa (Hot et al., 2021)

Tahun yang akan datang diprediksi kebutuhan energi listrik semakin meningkat, seiring dengan meningkatnya populasi manusia. Jika mengandalkan sumber energi yang berasal dari minyak, gas dan batu bara yang hampir habis, maka dalam jangka panjang tidak akan mampu memenuhi kebutuhan atas energi listrik, dimana untuk aktivitas sehari-hari akan semakin meningkat. Program untuk mengembangkan energi alternatif contohnya energi yang berasal dari panas bumi, sel matahari (solar cell), angin, OTEC (ocean thermal energy conversion) perlu diperhatikan lebih serius baik dari masyarakat, akademisi, dunia industri sampai pada pemerintahan. Selain itu perlu pula diperhatikan pada konservasi energi atau penghematan energi, karena dengan melakukan penghematan energi dan meningkatkan efisiensi termal akan berakibat pada sistem energi yang dapat memperpanjang persediaan bahan bakar fosil. (Jurnal, Dan, Fachrul, Budhi, & Nurpulaela, 2020)

Kebutuhan akan energi terus meningkat dan semakin menipisnya cadangan bumi memaksa manusia untuk mencari sumber-sumber energi alternatif. Negara – negara maju juga telah bersaing dan berlomba membuat terobosan baru untuk mencari dan menggali serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi utama. Oleh karena itu, dibutuhkan sumber energi lain yang dapat diperbaharui. Dalam upaya pencarian sumber energi baru sebaiknya memenuhi syarat yaitu menghasilkan jumlah energi yang cukup besar, biaya ekonomis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Salah satu sumber energi yang

memenuhi syarat tersebut adalah energi matahari. Dengan menggunakan solar cell.(Pasaribu & Reza, 2021)

PLTS adalah suatu teknologi pembangkit yang akan mengkonversikan energi foton dari surya menjadi energi listrik. Konversi ini terjadi pada PV modul yang terdiri dari sel surya, sel surya merupakan lapisanlapisan tipis dari silicon (Si) murni dan bahan semi konduktor lainnya. Apabila bahan tersebut mendapat energi foton, akan mengeksitasi elektron dari ikatan atomnya menjadi elektron yang bergerak bebas dan akhirnya akan mengeluarkan tegangan listrik arus searah. PLTS secara garis besar diklasifikasikan menjadi dua berdasarkan aplikasi dan konfigurasinya, di antaranya: sistem PLTS yang tidak terhubung dengan jaringan (off-grid PV plant), atau yang lebih dikenal dengan sebutan PLTS berdiri sendiri (stand alone) dan sistem PLTS terhubung dengan jaringan (on-grid PV plant) atau lebih dikenal dengan sebutan PLTS gridconnected.

PV modul hanya akan efektif bila mendapat sinar langsung dengan arah normal tegak lurus terhadap permukaan PV modul. Jika semakin jauh sudut tegak PV modul terhadap matahari maka tingkat penerimaan sinar matahari akan semakin rendah karena bila sudut PV modul semakin miring maka sebagian besar sinar matahari akan memantul dari permukaan sel surya dan hanya sedikit foton yang diserap(Timotius, Duka, Setiawan, & Weking, 2018)

Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan pirantisekonduktor diode, Ketika cahaya bersentuhan dengan sel surya dan diserap oleh bahan semikonduktor terjadi pelepasan elektron.Apabila elektron tersebut bisa menempuh perjalanan menuju bahan semikonduktor pada lapisan yang berbeda, terjadi perubahan sigma gaya-gaya pada bahan. Gaya tolakan antar bahan semikonduktor menyebabkan aliran medan listrik. Dan menyebabkan elektron dapat disalurkan ke saluran awal dan akhir untuk digunakan pada perabot listrik.(Pasaribu & Reza, 2021)

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yangdapat menyimpan energy yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akkumulator adalah

sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikkan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversible adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda – elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel.

Baterai berfungsi menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh modul surya sebelum dimanfaatkan untuk menggerakkan beban. Ukuran baterai yang dipakai sangat tergantung pada ukuran panel dan load pattern. Ukuran baterai yang terlalu besar baik untuk efisiensi operasi tetapi mengakibatkan kebutuhan investasi yang terlalu besar. Sebaliknya ukuran baterai terlalu kecil dapat mengakibatkan tidak tertampungnya daya yang lebih. Baterai tersebut mengalami proses siklus menyimpan dan mengeluarkan, tergantung pada ada atau tidak adanya sinar matahari. Selama waktu adanya matahari, panel surya menghasilkan daya listrik. (Pasaribu & Reza, 2021)

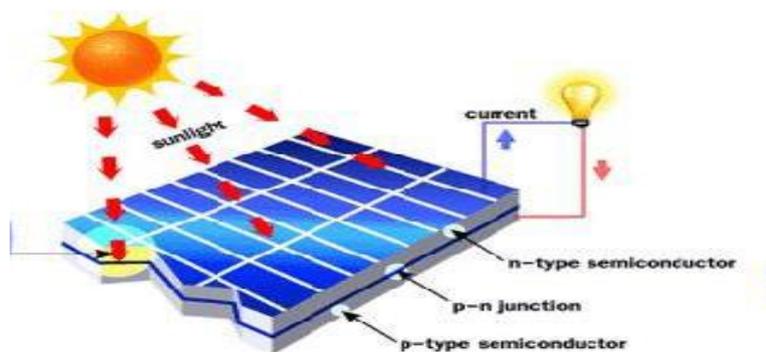
Charger adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengisi battery dengan arus konstan hingga mencapai tegangan yang ditentukan. Bila level tegangan yang ditentukan itu telah tercapai, maka arus pengisian akan turun secara otomatis ke level yang aman tepatnya yang telah ditentukan dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga indikator menyala menandakan battery telah terisi penuh. Didalam rangkaian battery charger terdapat rangkaian regulator dan rangkaian comparator. Rangkaian regulator berfungsi untuk mengatur tegangan keluaran agar tetap konstan, sedangkan rangkaian komparator berfungsi untuk menurunkan arus pengisian secara otomatis pada battery pada saat tegangan pada battery penuh ke level yang aman tentunya dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga menyebabkan indikator aktif menandakan battery telah terisi penuh. (Pasaribu & Reza, 2021)

Model teknologi yang banyak diusulkan adalah mengenai peningkatan penghematan pada energi listrik pada penggunaan yang berlebih adalah sebuah topik yang menarik untuk banyak penelitian karena efek dari penggunaan yang listrik yang berlebih itu sendiri. Dan model teknologi yang diterapkan adalah smart home untuk mengenai masalah tersebut, dengan menggunakan mikrokontroler untuk perangkat otomatis dengan menggunakan sensor gerak yaitu sensor PIR (passive infrared)

Sistem Internet of Things (IoT) merupakan segala bentuk aktifitas yang dilakukan dengan menggunakan media akses. Dengan adanya IoT segala bentuk aktifitas menjadi mudah serta dengan adanya cloud membuat sistem IoT menjadi semakin efisien (Di & Alik, 2020)

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 di atas 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.

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. (Julisman, Sara, & Siregar, 2017)

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.

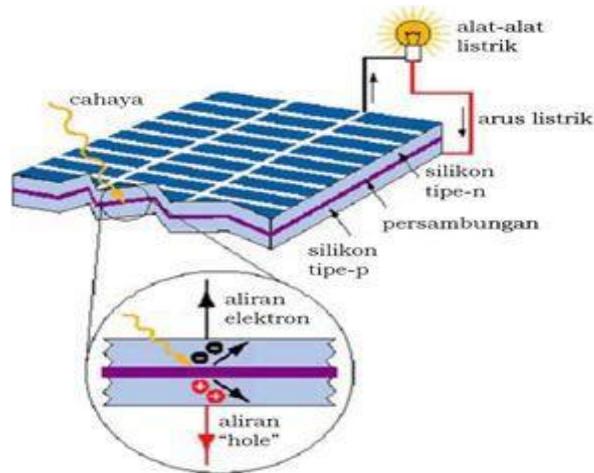
Pada dasarnya solar cell merupakan dioda photo yang memiliki permukaan yang luas. Perangkat solar cell menjadi sangat sensitif dengan cahaya yang masuk karena permukaan yang luas tersebut. Tegangan dan arus yang dihasilkan lebih besar dari dioda photo. Saat ini banyak sekali

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 (Setiawan, 2018)

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.

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 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. Dibatasi 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 cm². 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(Setiawan, 2018)

Berikut ini adalah persamaan rumus yang digunakan pada panel surya:

Daya Input : Perhitungan daya input dapat menggunakan persamaan 2.1

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

Keterangan:

P_{in} = Daya input akibat Radiasi matahari (Watt)

G = Intensitas radiasi matahari (Watt/m²)

A = Luas area permukaan photovoltaic module (m²)

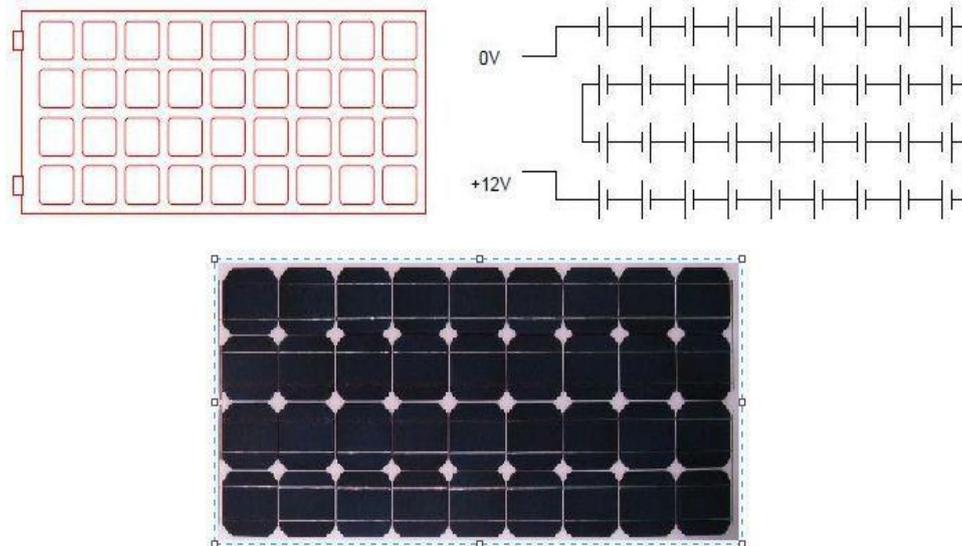
Output : Perhitungan daya output dapat dilihat pada persamaan 2.2

$$P_{out} = V_{max} \times I_{max} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan :

V_{max} = Tegangan pada daya maksimum (Volt)

I_{max} = Arus pada daya maksimum (Ampere)



Gambar 2.3. Susunan Cell pada Solar Panel

2.2.3 Jenis – jenis Panel Surya

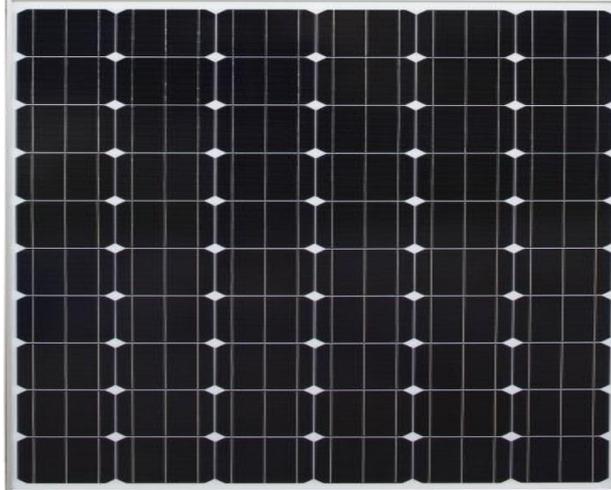
Jenis – jenis panel surya dikelompokkan berdasarkan material sel suryayang menyusunnya. Terdapat perbedaan jenis –jenis panel surya yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Secara umum ada 3 jenis panel surya yang dapat dengan mudah ditemukan dipasaran saat ini, yaitu :

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 efisiesnsi paling tinggi dikelasnya. Secara fisik, panel surya *Monocrystalline* dapat diketahui dari warna sel hitam gelap dengan modelmodel terpotong pada tiap sudutnya.



Gambar 2.4. Jenis Panel Surya Monocrystalline Silicon

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 (mcSi)*. Secara fisik, panel surya dapat diketahui dari warna sel yang cenderung biru dengan bentuk persegi.



Gambar 2.5. Jenis Panel Surya Multicrystalline Silicon

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.



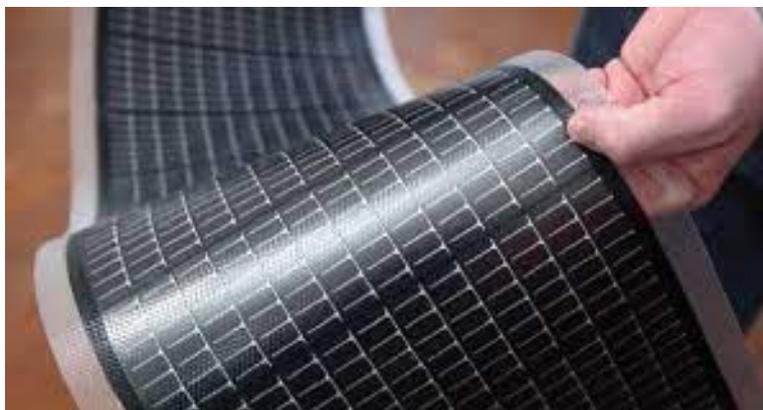
Gambar 2.6. Jenis Panel Surya Ribbon Silicon

2. *Thin – Film Solar Cell*

Panel surya *Thin-Film* menggunakan banyak lapisan material sebagai bahan material penyusun. Panel surya ini merupakan panel generasi kedua. Ketebalan materialnya mulai 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%.



Gambar 2.7. Jenis Panel Surya Cadmium Telluride

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%.



Gambar 2.8. Jenis Panel Surya Copper Indium Gallium Diselenide

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*



Gambar 2.9. Jenis Panel Surya Amorphous Thin – Film Silicon

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%.



Gambar 2.10. Jenis Panel Surya Gallium Arsenide (GAAS)

3. Material lainnya

Panel surya pada generasi ketika tersusun atas lebih banyak variasi material untuk masing-masing panel surya. Beberapa di antara 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)*

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 pengisian baterai aki

maupun pengaturan tegangan ke baterai dan tegangan beban. Sistem yang terdiri dari sel surya dibuat dengan konstruksi 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 berfungsi sebagai mengendalikan pengisian baterai agar proses pengisian tersebut dapat memberi kondisi yang aman terhadap baterai aki (Suparlan, Sofijan, & Akbar, 2019)



Gambar 2.11. Solar Charger Controller

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.

Solar charger controller adalah alat yang berfungsi sebagai pengatur arus searah (DC) yang masuk ke baterai menghindari overcharging dan overvoltage dan arus yang di ambil dari baterai ke beban agar baterai tidak full discharge dan overloading (Damanik, Pasaribu, Lubis, & Siregar, 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 Traker 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 tersedia 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 (Suparlan et al., 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 2.12. 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 melengkapi reaksi 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 (selvi okta yusidha, 2016)

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 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*) (Hamid, Rizky, Amin, & Dharmawan, 2016). 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*)

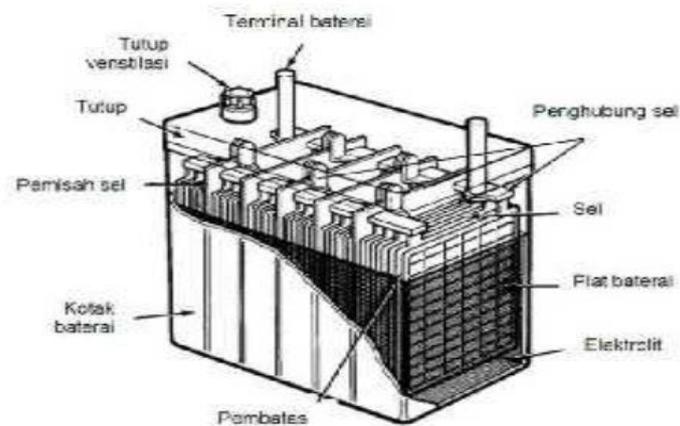
t = waktu (jam/*sekon*)

2.4.2. Konstruksi 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

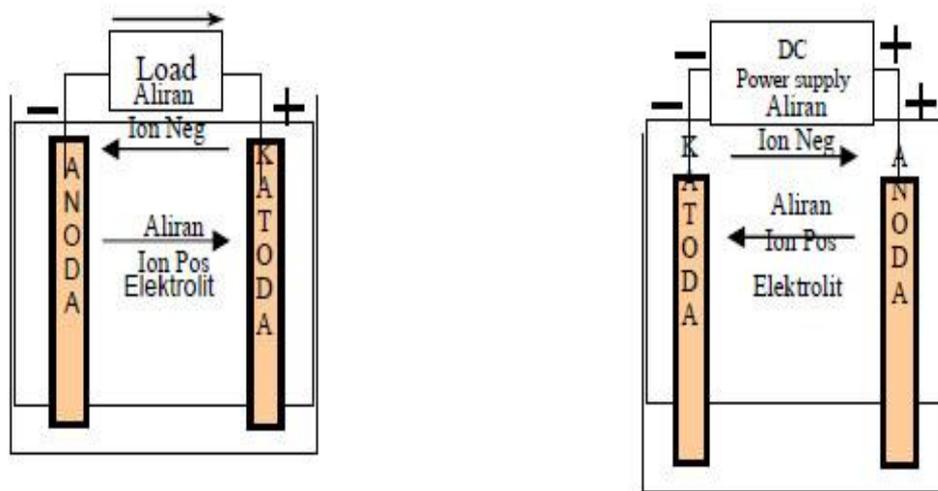


Gambar 2.13. Kontruksi Baterai (Hamid et al., 2016)

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. Elektron 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.

- 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 :

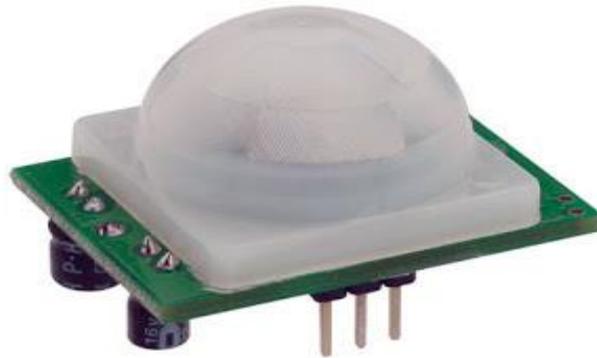


Gambar 2.14. Proses pengosongan dan pengisian baterai

- 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.

2.5 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 tranduser 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. (Atmega, Yuliza, & Kalsum, 2015)



Gambar 2.15. Sensor PIR

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 (Atmega et al., 2015). 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 kontinyu, 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 kontinyu 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 (Atmega et al., 2015)

2.6 Motor Servo

Motor servo ialah berupa motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana letak dari motor segera diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo merupakan salah satu jenis motor DC. Diantaranya berupa motor stepper, motor servo berkerja secara close loop. Poros motor dikaitkan dengan rangkaian kendali, selanjutnya bila putaran poros belum sampai pada tempat yang diinginkan maka rangkaian kendali akan terus mencari tempat hingga mencapai tempat yang diinginkan. Motor servo banyak dipakai pada peranti R/C (remote control) seperti mobil, pesawat, helikopter, dan kapal, serta sebagai aktuator robot maupun penggerak pada kamera (Martin, Despa, & Mardiana, 2015)

Motor servo berfungsi sebagai aktuator putar yang memungkinkan kontrol posisi sudut yang tepat. Motor servo terdiri dari motor yang disambungkan pada sensor sebagai umpan balik posisi. Motor servo

biasanya hanya bisa berputar 90 ke arah manapun dengan gerakan 180(Saputra, Erfianto, Saputra, Prabowo, & Swastika, 2019)



Gambar 2.16. Motor Servo

2.6.1 Prinsip Kerja Motor Servo

Pada motor servo yang sangat sederhana hanya menggunakan posisi penginderaan melalui potensio meter dan bang-bang kontrol pada motor, motor selalu berputar pada kecepatan penuh (atau dihentikan). Jenis motor servo tidak banyak digunakan dalam kontrol gerak industri, tetapi mereka membentuk dasar dari servo yang sederhana dan murah yang digunakan untuk radio control model. Servo motor yang lebih canggih mengukur baik posisi dan juga kecepatan poros output. Mereka juga dapat mengontrol kecepatan motor mereka, dari pada selalu berjalan dengan kecepatan penuh. Kedua perangkat tambahan, biasanya dalam kombinasi dengan algoritma control PID, memungkinkan servo motor yang akan dibawa keposisinya memerintahkan lebih cepat dan lebih tepat, dengan overshoot kurang(Martin et al., 2015)

Secara prinsip, semua servo memiliki kaki dan fungsi yang sama. Namun ada dua jenis servo yang umum di pasaran, ada yang putarannya terbatas, ada yang berputar hingga 360 derajat namun juga motor servo dapat berputar hingga 180 derajat. Motor servo terdiri dari tiga buah kabel, kabel VCC(merah), GND (coklat), dan PWM (jingga). Fungsi kabel VCC dan GND sudah jelas sebagai jalur power supply.

Sedangkan kabel PWM untuk mengatur arah putaran servo (Pengamanan, Kereta, Terhadap, Lalu, & Jalan, 2020)

2.7 Konverter DC to DC

Konverter secara umum bekerja dengan menggunakan prinsip penyalakan untuk memperoleh keluaran yang diinginkan. Pemilihan kendali dalam kerja konverter sangat menentukan dalam mendapatkan keluaran yang optimal (Putra, 2020)

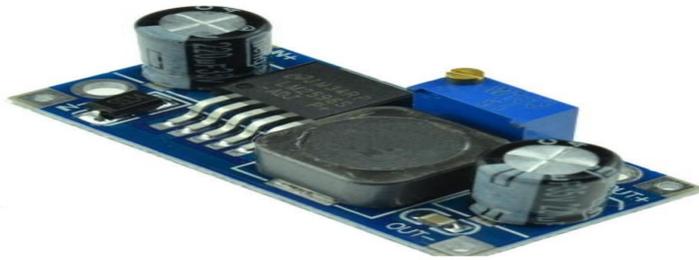
Konverter buck yang merupakan salah satu jenis konverter DC-DC yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi seperti untuk catu daya komputer, peralatan elektronik untuk kesehatan, peralatan elektronik untuk rumah tangga, transportasi elektrik, pesawat ruang angkasa, peralatan telekomunikasi, konverter daya untuk energi terbarukan dan sebagainya. Konverter buck merupakan rangkaian elektronika daya yang dapat menurunkan level tegangan DC menjadi level tegangan DC yang lebih rendah sesuai kebutuhan. Dikarenakan konverter buck menggunakan saklar daya, komponen pasif seperti induktor dan kapasitor yang merupakan sistem non-linear, sehingga metoda kendali yang digunakan untuk mengendalikan konverter berdampak langsung pada unjuk kerja konverter (Husnaini & Krismadinata, 2017)

DC-DC Konverter merupakan suatu alat yang penyedia daya tegangan searah (DC) yang dihasilkan melalui konversi tegangan DC masukan ke bentuk tegangan DC keluaran yang lebih rendah atau tinggi. Penerapan DC-DC konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan sumber energi yang berukuran kecil, dimana tegangan keluarannya dapat diubah sesuai kebutuhan. Hingga saat ini berbagai konfigurasi dc-dc converter telah banyak dikembangkan diantaranya adalah jenis dc-dc converter yang menggunakan tipe boost converter

Kebutuhan akan tegangan keluaran searah yang bervariasi dapat terpenuhi dengan adanya converter boost (regulator DC non-isolated). Boost Converter adalah jenis konverter daya DC ke DC dimana tegangan

keluaran sama atau lebih tinggi dari tegangan masukan. Tegangan keluaran konverter ini dinaikkan dengan menyesuaikan lebar pulsa PWM.

Boost Converter (Step-Up Converter) merupakan DC to DC converter yang menghasilkan tegangan output yang jauh lebih besar dari tegangan inputnya. Boost Converter ini termasuk ke dalam rangkaian Switched-Mode Power Supply (SMPS) yang setidaknya terdapat dua switch semikonduktor seperti dioda dan transistor serta setidaknya satu komponen penyimpan energi seperti kapasitor atau induktor (Alfaris & Yuhendri, 2020)



Gambar 2.17. DC to DC Konverter

2.9 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loudspeaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet. Kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap getaran kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. (Ratnasari, 2018)

Pada umumnya, buzzer yang merupakan sebuah perangkat audio ini sering digunakan pada rangkaian anti-maling, alarm pada jam tangan, bel rumah, peringatan mundur pada truk dan perangkat peringatan bahaya lainnya. Jenis buzzer yang sering ditemukan dan digunakan adalah buzzer yang berjenis piezoelectric, hal ini dikarenakan buzzer piezoelectric

memiliki berbagai kelebihan seperti lebih murah, relatif lebih ringan dan lebih mudah dalam menggabungkannya ke rangkaian elektronika lainnya. Buzzer yang termasuk dalam keluarga transduser ini juga sering disebut dengan beeper

Namun dibandingkan dengan loud speaker, buzzer elektronika relatif lebih mudah untuk digerakkan. Sebagai contoh, buzzer elektronika dapat langsung diberikan tegangan listrik dengan taraf tertentu untuk dapat menghasilkan suara. Hal ini tentu berbeda dengan loud speaker yang memerlukan rangkaian penguat khusus untuk menggerakkan speaker agar menghasilkan suara yang dapat didengar oleh manusia.

Ada 2 jenis buzzer yaitu buzzer aktif dan buzzer pasif. Buzzer aktif adalah buzzer yang bisa mempunyai suaranya sendiri, sehingga buzzer jenis ini dapat berdiri sendiri, cukup menghubungkannya ke listrik dan terdengar suara. Tanpa perlu tambahan rangkaian oscilator. Buzzer pasif adalah buzzer yang tidak mempunyai suaranya sendiri. Sehingga perlu ditambahkan suara atau nada. Dibutuhkan rangkaian oscilator untuk membangkitkan suara buzzer pasif ini. Speaker adalah salah satu contoh buzzer pasif (Kurniawan, Siswanto, & Sutarti, 2019)



Gambar 2.18. Buzzer Aktif



Gambar 2.19. Buzzer Pasif

2.10 NodeMCU ESP8266

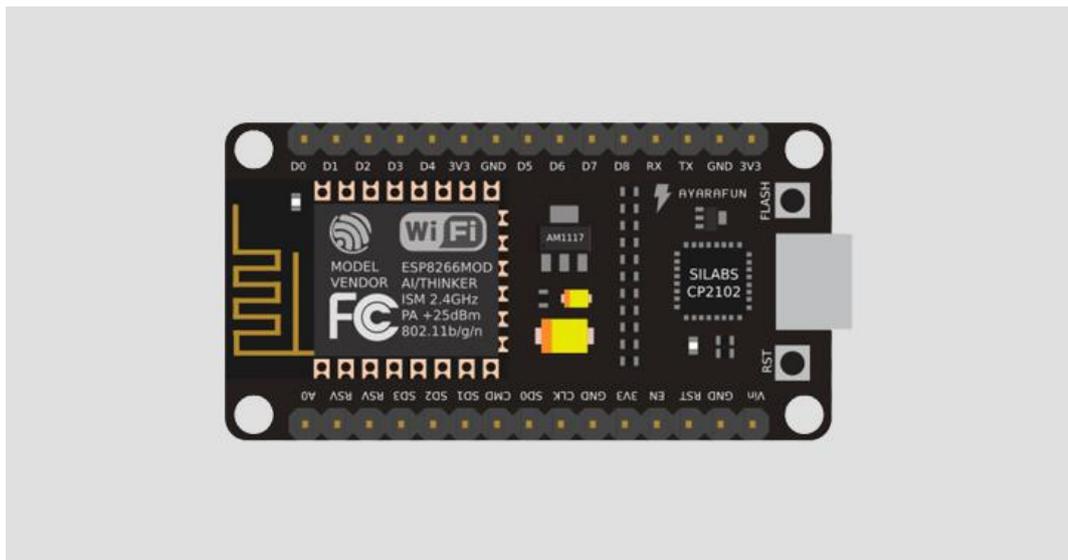
NodeMCU ESP8266 adalah chip terintegrasi yang dirancang untuk menghubungkan mikrokontroler dengan internet melalui Wi-Fi. Ia menawarkan solusi jaringan Wi-Fi yang lengkap dan mandiri, yang memungkinkan untuk menjadi host ataupun sebagai Wi-Fi client. ESP8266 memiliki kemampuan pengolahan dan penyimpanan on-board yang kuat, yang memungkinkannya untuk diintegrasikan dengan sensor dan aplikasi perangkat khusus lain melalui GPIOs dengan pengembangan yang mudah serta waktu loading yang minimal. Tingkat integrasinya yang tinggi memungkinkan untuk meminimalkan kebutuhan sirkuit eksternal, termasuk modul front-end, dirancang untuk mengisi daerah PCB yang minimal (Hidayat, Christiono, & Sapudin, 2018)

NodeMcu adalah Open-source firmware dan pengembangan kit yang membantu untuk membuat prototipe produk IOT (Internet of Things) dalam beberapa baris skrip Lua. NodeMcu adalah sebuah platform open source IOT (Internet Of Things). Node Mcu menggunakan Lua sebagai bahasa scripting. Hal ini didasarkan pada proyek Elua, dan dibuat di atas ESP8266 SDK 1.4. Menggunakan banyak proyek open source, seperti luacjson. Ini mencakup firmware yang berjalan pada Wi-Fi SoC ESP8266, dan perangkat keras yang di dasarkan pada ESP-12 modul . Spesifikasi

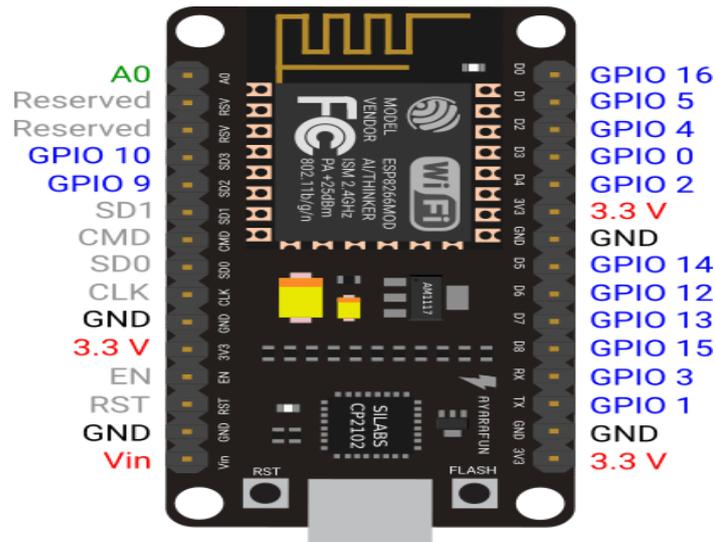
yang disediakan oleh NodeMCU adalah Open source Interaktif, Telah diprogram, biaya rendah, sederhana, Smart, WI-FI diaktifkan(Di & Alik, 2020)

NodeMCU pada dasarnya adalah pengembangan dari ESP 8266 dengan firmware berbasis e-Lua. Pada NodeMcu dilengkapi dengan micro usb port yang berfungsi untuk pemrograman maupun power supply. Selain itu juga pada NodeMCU di lengkapi dengan tombol push button yaitu tombol reset dan flash. NodeMCU menggunakan bahasa pemrograman Lua yang merupakan package dari esp8266.

Bahasa Lua memiliki logika dan susunan pemrograman yang sama dengan c hanya berbeda syntax. Jika menggunakan bahasa Lua maka dapat menggunakan tool Lua loader maupun Lua uploder. Selain dengan bahasa Lua NodeMCU juga support dengan software Arduino IDE dengan melakukan sedikit perubahan board manager pada Arduino IDE. Sebelum digunakan Board ini harus di Flash terlebih dahulu agar support terhadap tool yang akan digunakan. Jika menggunakan Arduino IDE menggunakan firmware yang cocok yaitu firmware keluaran dari Ai- Thinker yang support AT Command. Untuk penggunaan tool loader Firmware yang di gunakan adalah firmware NodeMCU(Tech, Virtual, & Reality, 2021)



Gambar 2.20. NodeMCU ESP8266



s

Gambar 2.21. Pin Pada NodeMCU ESP8266

2.11 Kereta Api

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kereta api adalah kereta yang terdiri atas rangkaian gerbong (kereta) yang ditarik oleh lokomotif, dijalankan dengan tenaga uap (atau listrik), berjalan di atas rel (rentangan baja dan sebagainya), digunakan untuk kendaraan umum. Gaya gerak disediakan oleh lokomotif yang terpisah atau motor individu dalam beberapa unit. Meskipun propulsi historis mesin uap mendominasi, bentuk-bentuk modern yang paling umum adalah mesin diesel dan listrik lokomotif, yang disediakan oleh kabel overhead atau rel tambahan. Kereta api umumnya dimanfaatkan untuk alat transportasi massal dan juga sebagai pengangkutan penumpang dan barang.



Gambar 2.22 : Kereta Api

Di Indonesia, pelayanan transportasi Kereta api untuk publik dinaungi oleh PT. Kereta Api Indonesia (PT. KAI) merupakan Badan Usaha Milik Negara yang menyelenggarakan jasa angkutan kereta api. Layanan PT KAI meliputi angkutan penumpang dan barang.

Kereta api penumpang adalah satu rangkaian kereta penumpang dan lokomotif yang digunakan untuk mengangkut manusia. Selain itu biasanya digunakan kereta khusus untuk makan, kereta pembangkit, dan kereta bagasi. Untuk wilayah Sumatera Utara, Kereta Api penumpang melayani rute Medan - Binjai, Medan - Pematang Siantar, Medan - Tanjung Balai, dan Medan - Rantau Prapat. Selain itu ada beberapa jenis kereta api yang beroperasi di wilayah Sumatera Utara yaitu kereta api ketel Pertamina, kereta Api Cargo tujuan Belawan, Kereta api CPO dan lateks yang dimiliki PTPN III dan PTPN IV.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu

Waktu pelaksanaan ini dilakukan dalam waktu 6 bulanyang dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian. Penelitian ini diawali dengan kajian awal (tinjauan pustaka), pengumpulan data jadwal keberangkatan kereta api, survei tempat lokasi untuk ilustrasi dengan prototype pembuatan alat, pembelian alat, analisa data, dan terakhir kesimpulan dan saran. Rincian dari penelitian ini seperti pada tabel berikut.

Table 3.1. Jadwal Penelitian

No	Uraian	Bulan Ke					
		1	2	3	4	5	6
1	Kajian literatur						
2	Penyusunan proposal penelitian						
3	Penulisan Bab 1 sampai Bab 3						
4	Pengumpulan data jadwal keberangkatan kereta api						
5	Pembelian alat						
6	Analisa data						
7	Seminar Hasil						
8	Sidang Akhir						

3.1.2 Tempat

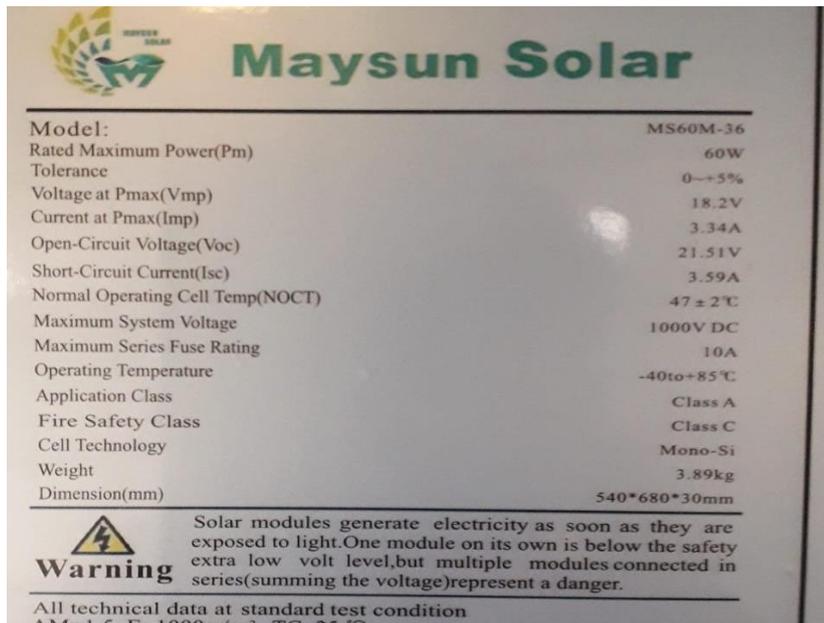
Penelitian dilaksanakan di Kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Jl. Kapten Muchtar Basri No.3, Glugur Darat II, Kec. Medan Timur, Kota Medan, Sumatera Utara

3.2 Bahan dan Alat

Untuk melakukan penelitian ini bahan dan alat yang digunakan adalah :

3.2.1 Panel Surya 60 Wp

Panel surya sebagai alat yang akan menyerap energi matahari menjadi energi listrik. Daya yang dihasilkan oleh panel surya 60WP akan digunakan untuk sumber energi pada kontrol IoT. Panel surya yang digunakan adalah kapasitas 60 wp sebanyak 1 unit.



The image shows a technical specification sheet for a Maysun Solar panel. The sheet includes a logo for Maysun Solar at the top left, followed by the brand name 'Maysun Solar' in large green letters. Below this is a table of technical specifications. At the bottom of the sheet, there is a warning section with a lightning bolt icon and a paragraph of text. The table lists various parameters such as Model, Rated Maximum Power, Tolerance, Voltage at Pmax, Current at Pmax, Open-Circuit Voltage, Short-Circuit Current, Normal Operating Cell Temp, Maximum System Voltage, Maximum Series Fuse Rating, Operating Temperature, Application Class, Fire Safety Class, Cell Technology, Weight, and Dimension.

Model:	MS60M-36
Rated Maximum Power(Pm)	60W
Tolerance	0~+5%
Voltage at Pmax(Vmp)	18.2V
Current at Pmax(Imp)	3.34A
Open-Circuit Voltage(Voc)	21.51V
Short-Circuit Current(Isc)	3.59A
Normal Operating Cell Temp(NOCT)	47 ± 2°C
Maximum System Voltage	1000V DC
Maximum Series Fuse Rating	10A
Operating Temperature	-40to+85°C
Application Class	Class A
Fire Safety Class	Class C
Cell Technology	Mono-Si
Weight	3.89kg
Dimension(mm)	540*680*30mm

Warning Solar modules generate electricity as soon as they are exposed to light. One module on its own is below the safety extra low volt level, but multiple modules connected in series (summing the voltage) represent a danger.

All technical data at standard test condition
AM=1.5, E=1000w/m², TC=25°C

Gambar 3.1. Panel Surya 60 Wp

3.2.2 Solar Charger Controller

Solar Charger Controller sebagai alat yang digunakan untuk mengatur arus Dc yang dihasilkan oleh panel surya yang akan disimpan pada baterai. Alat ini untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban yang digunakan untuk sumber energi kontrol IoT.



Gambar 3.2.Solar Charger Controller

3.2.3 Baterai

Baterai pada penelitian ini berfungsi sebagai alat penyimpan energi yang telah dihasilkan oleh panel surya. Energi DC yang disimpan ini yang akan di alirkan pada sumber energi kontrol IoT. Adapun spesifikasi baterai yang akan digunakan adalah :

Tipe : Baterai Kering VRLA GEL Deep Cycle

Battery Kapasitas Penyimpanan: 7 Ah

Tegangan Maksimum : 12 V DC



Gambar 3.3.Baterai

3.2.4 Kabel Panel Surya

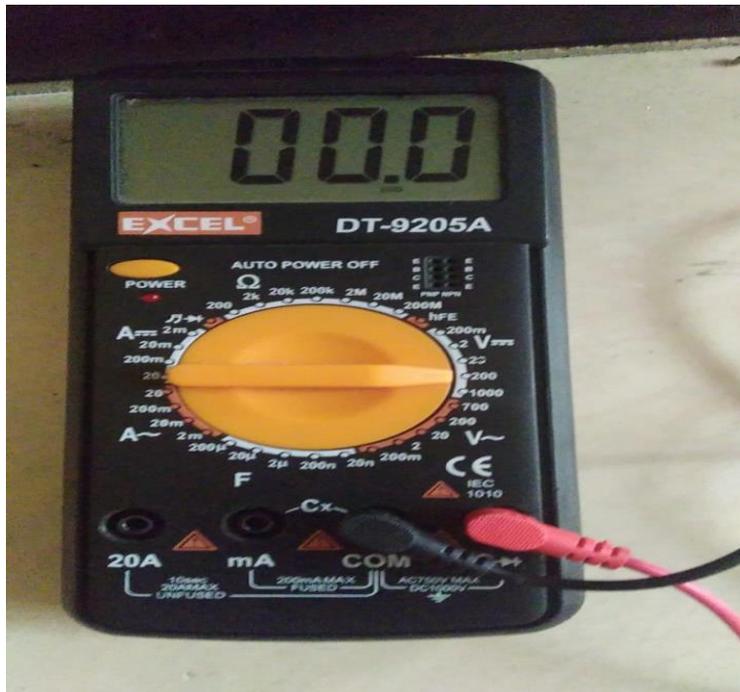
Kabel panel digunakan pada panel surya sebagai penghubung arus antara panel surya ke alat lainnya.



Gambar 3.4.Kabel Panel Surya

3.2.5 Multimeter Digital

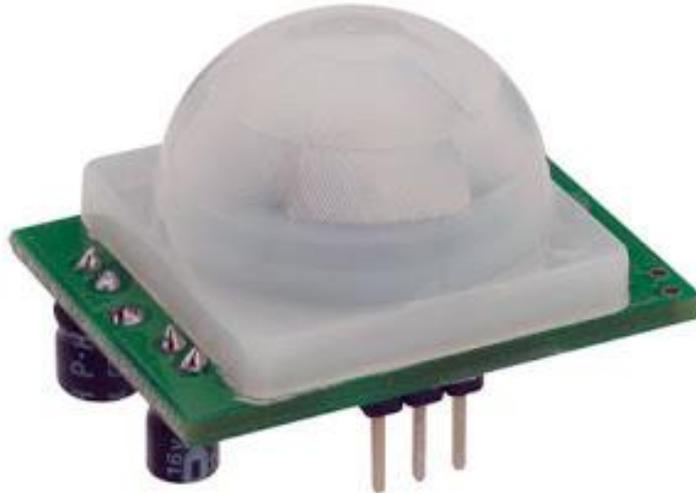
Multimeter pada penelitian ini berfungsi sebagai pengukur arus keluaran dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.



Gambar 3.5.Multimeter

3.2.6 Sensor PIR

Sensor gerak pada penelitian ini berfungsi sebagai alat pendeteksi gerakan jika ada suatu benda mendekati sensor, maka akan menutup palang secara otomatis



Gambar 3.6.Sensor gerak PIR

3.2.7 Stick Kayu

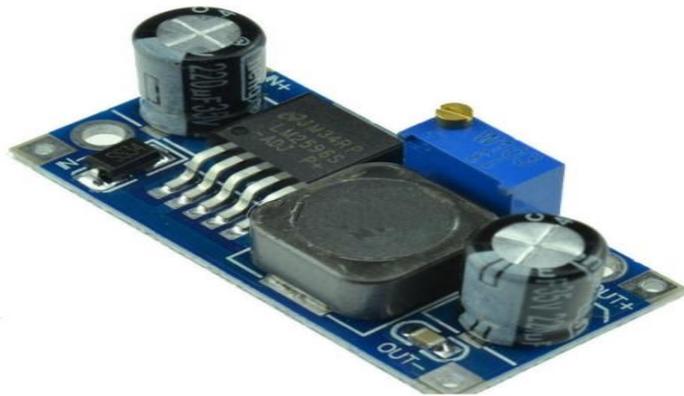
Pada penelitian ini Stick kayudirangkai membentuk sebuah portal yang berfungsi sebagai prototype palang pintu kereta api



Gambar 3.7.Stick Kayu

3.2.8 Converter DC to DC

Dapat difungsikan sebagai pengubah arus listrik yang searah menjadi bolak-balik ataupun sebaliknya. Di samping itu, difungsikan pula sebagai penyeimbang arus listrik bilamana diterapkan pada suatu benda yang bermuatan listrik tertentu.



Gambar 3.8. Konverter

3.2.9 Motor Servo

Fungsi dari motor servo adalah sebagai penggerak palang pintu secara otomatis dengan bantuan arduino.



Gambar 3.9. Motor Servo

3.2.10 Kereta Api Mainan

Fungsi kereta api mainan pada penelitian ini sebagai suatu alat transportasi kereta api untuk prototype



Gambar 3.10. Kereta Api mainan

3.2.11 Triplek

Fungsi utama triplek dalam percobaan penelitian ini adalah sebagai wadah atau tempat menampung segala macam alat prototype dan tempat perangkaian alat



Gambar 3.11. Triplek

3.2.12 Kabel Jumper

Fungsi utama kabel jumper adalah untuk menghubungkan beberapa komponen untuk saling tersambung agar bisa dialiri listrik untuk percobaan dan memungkinkan agar perangkat dalam berjalan dengan maksimal



Gambar 3.12. Kabel Jumper

3.2.13 Buzzer

Fungsi utama dari Buzzer dalam percobaan ini adalah sebagai alat untuk menghasilkan suara sebagai peringatan ketika kereta api melewati sensor.



Gambar 3.13. Buzzer

3.2.14 Selongsong Kabel

Fungsi utama dari Selongsong kabel dalam percobaan ini adalah sebagai alat untuk melindungi kabel pada rangkaian.



Gambar 3.14. Selongsong Kabel

3.2.15 Lakban

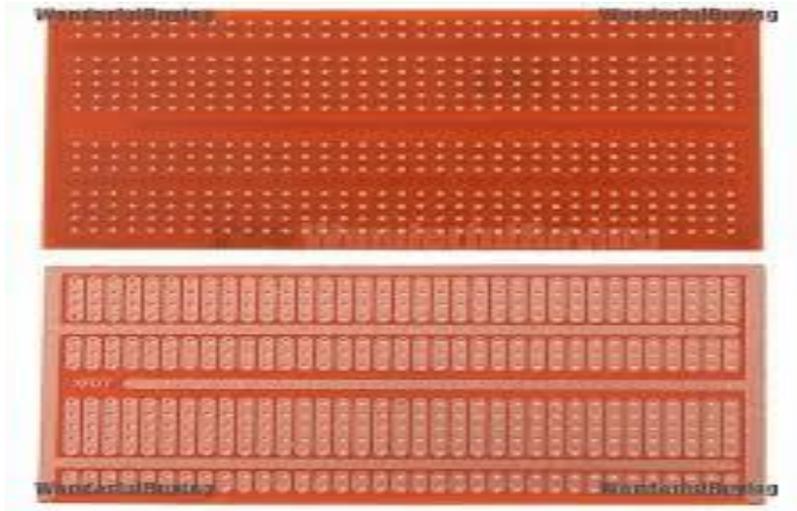
Fungsi utama dari lakban dalam percobaan ini adalah sebagai alat untuk merekatkan jika ada komponen yang rusak agar tidak terjadi rugi rugi daya akibat kabel telanjang



Gambar 3.15. Lakban

3.2.16 Papan PCB

Fungsi dari papan PCB dalam percobaan ini adalah sebagai wadah diletakkannya komponen elektronik seperti NodeMCU, buzzer agar dapat di solder.



Gambar 3.16. Papan PCB

3.2.17 Kabel USB

Fungsi utama dari Kabel USB dalam percobaan ini adalah sebagai penghubung sumber DC dari SCC Panel surya menuju ke beban sistem kontrol IoT.



Gambar 3.17. Kabel USB

3.2.19 Tang

Fungsi utama dari Tang dalam percobaan ini adalah sebagai alat untuk membantu memotong kabel .



Gambar 3.18. Tang

3.2.20 Pisau Cutter

Fungsi utama dari pisau cutter dalam percobaan ini adalah sebagai alat untuk membantu membuka kabel jika ingin menyatukan kabel satu dengan kabel lain nya.



Gambar 3.19. Pisau Cutter

3.3 Prosedur Penelitian

3.4.1 Metode Pengumpulan Data

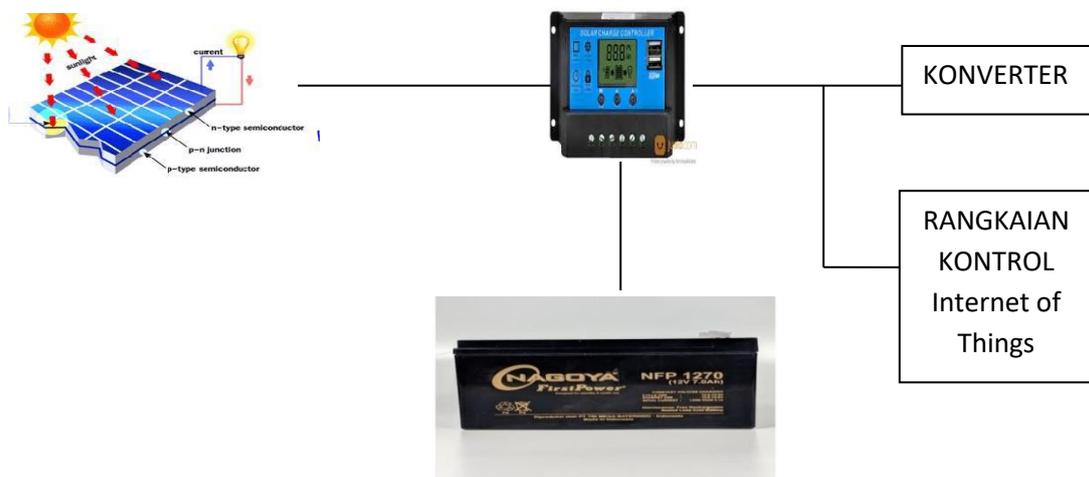
Pengumpulan data pada penelitian ini ada 3 tahapan, yaitu :

1. Untuk prosedur penelitian di awal, adalah merancang PLTS yang terdiri dari panel surya monokristal 60wp, Solar Control Charger 20A dan Baterai 12V 7AH.
2. Pengumpulan data ini menargetkan pada tahap proses pengubahan energi panas matahari menjadi energi listrik. Melalui tahapan ini energimatahari diserap oleh alat khusus yaitu panel surya berkapasitas 60wp kemudian diubah menjadi energi listrik dan disimpan ke baterai. Energi yang disimpan di baterai adalah energi DC
3. Pengumpulan data selanjutnya adalah ketika daya yang tersimpan dibaterai terisi, kemudian disambungkan ke beban DC yaitu perangkatprototype portal kereta api.
4. Pada penelitian ini fokus sistem kontrol IoT adalah pada sensor gerak (PIR Sensor), sensor PIR sangat berperan sebagai pengamanan ketika ada kereta api yang akan melintasi Portal Kereta Api.
5. Pengambilan data jadwal kereta api pada prototype ini dilakukan ketika percobaan dengan cara memperhitungkan daya listrik DC yang terpakaitetika kereta api melewati sensor gerak di portal

3.4.2Metode Pengolahan Data

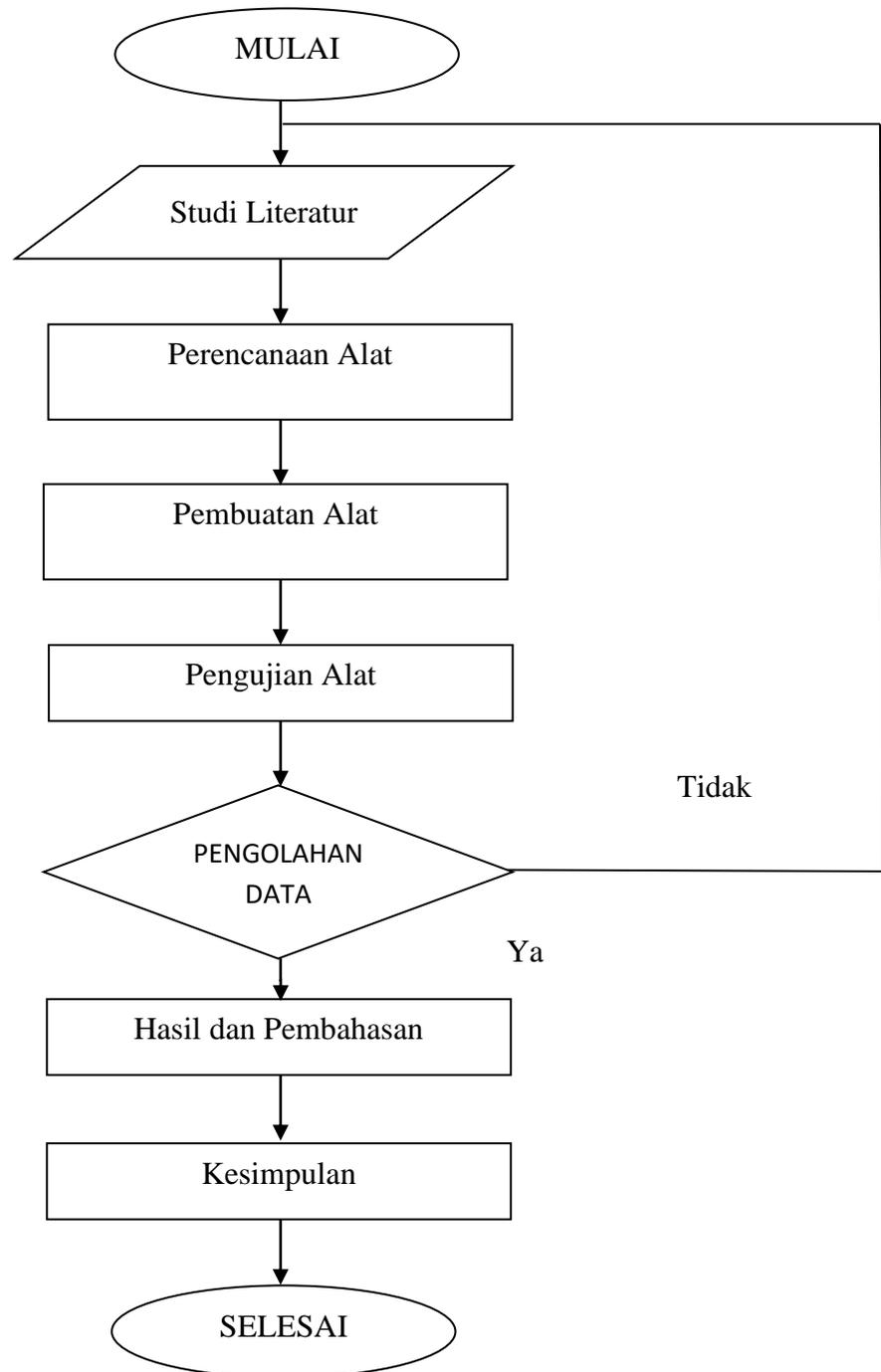
Metode pengolahan data yang dilakukan adalah dengan cara mengkaitkan data jadwal kedatangan dan keberangkatan kereta api selama 1hari mulai pukul 00:00 WIB sampai 23:59 WIB dengan kapasitas daya yang tersimpan dibaterai sebagai sumber cadangan energi. kapasitas daya yang tersimpan dibaterai didapat dari proses penyerapancahaya matahari oleh panel surya. maka dari itu dapat di tentukan berapa banyak daya yang harus dikeluarkan untuk menghidupkan portal selama 1 hari penuh

3.4 Bagan Rangkaian



Gambar 3.20. Bagan Rangkaian

3.5 Flowchart Sistem



Gambar 3.21. Flowchart Sistem

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk memastikan rancangan sumber cadangan energi yaitu panel surya terhadap sistem kendali palang pintu yang digunakan pada sistem palang pintu otomatis dapat berjalan dengan baik, perlu dilakukan beberapa tahapan pengujian pada komponen sistem yang digunakan. Hal ini dilakukan agar masing-masing komponen sistem yang terhubung pada sistem tidak mengalami masalah, sehingga tidak terjadi gangguan pada bagian sistem yang dapat mengganggu proses analisis rancangan prototipe palang pintu otomatis yang telah dibuat. Tahapan pengujian dimulai dari menguji tiap-tiap bagian sistem pendukung agar dapat membentuk sebuah sistem secara keseluruhan

4.1 Pengujian Panel Surya 60Wp

Dalam tahapan pengujian ini, diperlukan beberapa komponen utama yaitu panel surya 60 wp,



Gambar. 4.1. Rangkaian Panel Surya Keseluruhan



Gambar. 4.2. Rangkaian Panel Surya Keseluruhan dengan Beban

Kemudian berdasarkan spesifikasi utama diatas, dilakukan lah percobaan terhadap panel surya dengan bantuan Solar Controller Charger yang mempunyai 2 Port USB dengan masing - masing port USB mampu mengalirkan daya listrik sebesar 12V(130W) dan 24V(260W), serta kekuatan arus Maximal sebesar 20A.

Untuk baterai yang dipakai mempunyai spesifikasi 12v 7AH (AH = jika arus 1 Ampere bisa mensuplai beban selama 7 jam)

Tujuan dari percobaan ini adalah sebagai sumber energi cadangan palang pintu dan juga untuk mengetahui seberapa banyak daya yang dikeluarkan untuk bisa menghidupkan 2 palang pintu kereta api dalam waktu 24 jam sesuai jadwal kereta api . Maka akan ditentukan daya keluaran rata-rata selama satu hari dari panel surya monokristal 60 wp dengan rumus:

$$P = V \times I$$

Dimana :

I = Arus (Amp)

V = Tegangan (Volt)

P = Daya (Watt)

Kemudian untuk menentukan arus dan tegangan pada setiap pengambilan data dengan persamaan :

$$I_{rata-rata} = I_{total} / 8 \text{ (8 disini adalah jumlah pengambilan data/hari)}$$

$$V_{rata-rata} = V_{total} / 8 \text{ (8 disini adalah jumlah pengambilan data/hari)}$$

4.1.1. Pengambilan Data Panel Surya 60Wp

Pada pengambilan data dilakukan dari mulai pagi hari pukul 07:30 s/d 15:30, dengan masing masing pengambilan data dilakukan per jam selama 8 jam. Berikut tabel data dari percobaan dihari pertama Minggu, 11 juli 2021:

Tabel 4.1 Pengukuran catu daya panel surya

No	Waktu (WIB)	Tegangan (V)	Arus (A)
1	07:30 – 08:30	12,8	1
2	08:00 – 09:30	13,2	1,2
3	09:30 – 10:30	13,4	1,2
4	10:30– 11:30	13,6	1,2
5	11:30 – 12:30	14,3	1,6
6	12:30 – 13:30	15,2	2
7	13:30 – 14:30	13,8	1,6
8	14:30 – 15:30	12,7	1

Pada tabel hasil percobaan diatas dapat dilihat hasil dari pengukuran Arus dan Tegangan pada panel surya tertinggi berada pada jam 12:30 - 13:30 dan hasil terendah berada pada jam 14:30-15:30

Maka dari hasil tabel diatas dapat dihitung rata-rata arus, tegangan dan daya keluaran dari panel surya 60 wp pada tiap jam sebagai berikut :

a. Rata-rata Arus

$$I_{rata-rata} = \frac{I_{total}}{s}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{1 + 1,2 + 1,2 + 1,2 + 1,6 + 2 + 1,6 + 1}{8} = 10,8 / 8$$

Type equation here.

$$I_{rata-rata} = 1,35 \text{ Ampere}$$

b. Rata-rata Tegangan

$$V_{rata-rata} = \frac{V_{total}}{s}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{12,8 + 13,2 + 13,4 + 13,6 + 14,3 + 15,2 + 13,8 + 12,7}{8} = 108,96 / 8$$

$$V_{rata-rata} = 13,62 \text{ Volt}$$

c. Rata-rata Daya

$$P_{rata-rata} = V_{rata-rata} \times I_{rata-rata}$$

$$= 13,62 \text{ V} \times 1,35 \text{ A}$$

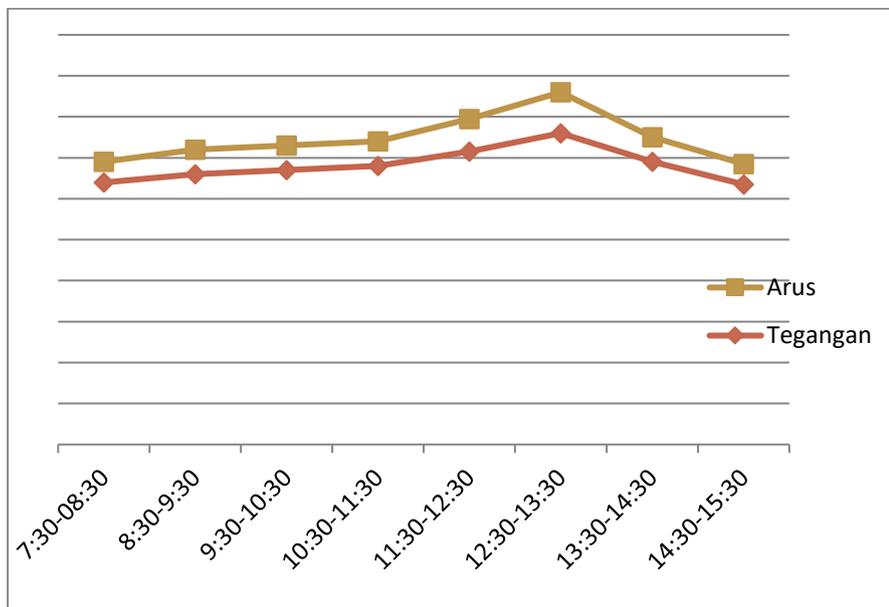
$$P_{rata-rata} = 18,387 \text{ Watt}$$

Gambar 4.3 Perhitungan daya rata - rata

Tabel 4.2 Hasil pengukuran selama satu hari

No	Hasil Pengukuran	Satuan
1	1,35	Ampere
2	13,62	Volt
3	18,39	Watt

Data pada tabel 4.2 dihasilkan dari percobaan pengisian daya baterai oleh panel surya 60wp agar bisa menyimpan energi yang dibutuhkan. Untuk rata-rata tegangan yang dihasilkan adalah 13,62 V dan untuk arus yang dihasilkan adalah 1,35A.



Gambar 4.4. Grafik Tegangan dan Arus yang dihasilkan

Berdasarkan grafik dari Arus dan Tegangan pada percobaan di hari minggu 11 Juli dapat kita lihat di atas, daya tertinggi pada pukul 12:30 - 13:30 dan untuk daya terendah pada 14:30 - 15:30. Salah satu faktor yang memengaruhi penyerapan daya pada percobaan penyimpanan sumber energi pada panel surya adalah cuaca yang mulai gelap dan mendung. Sehingga frekuensi cahaya matahari mulai menurun untuk bisa menyinari panel surya. Oleh karena itu saran penulis untuk bisa melakukan pengisian baterai oleh panel surya sebaiknya dilakukan mulai pukul 07:00 - 15:00 jika kondisi cuaca cerah. Hal ini memungkinkan semakin baiknya cuaca memengaruhi kualitas dalam pengisian panel surya.



Gambar. 4.5. Tegangan Pada Panel Surya

4.2 Pengujian Baterai

4.2.1 Pengujian Daya Baterai

Untuk mengukur daya pada baterai dapat kita lihat di spesifikasi baterai yang dipakai. Dalam Hal ini digunakan baterai merk Technotech VRLA dengan kapasitas sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil pengukuran daya Baterai

No	Nilai	Satuan
1	12	Volt
2	7	Ampere/Hour

Jadi dapat disimpulkan bahwa daya yang dihasilkan pada baterai adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{rata-rata} &= 12 \text{ Volt} \times 7\text{Ah} \\
 &= 94 \text{ Watt/Jam}
 \end{aligned}$$

Perlu ditegaskan sekali lagi, satuan AH (Ampere Hours) atau Amper per Jam adalah satuan yang menyatakan bahwa jika Arus sebesar 1 Ampere maka bisa mensuplai arus selama beberapa jam sesuai dengan spesifikasi dari baterai yang dipakai, Artinya jika spesifikasi baterai adalah 7Ah dan pengukuran pada baterai tercatat di multimeter/tang ampere sebesar 1 A maka bisa mensuplai arus 1 A

selama 7 jam. Berdasarkan daya total yang diperlukan rangkaian, baterai/aki dengan kapasitas 12 Volt 7Ah mampu menyuplai daya dalam keadaan ideal adalah selama $94 \text{ Wh} / 18,387 \text{ Watt} = 1,7 \text{ Jam}$.

4.2.2 Pengujian Baterai terhadap Beban

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

Tabel 4.4. Beban pada sistem kontrol

No	Nama beban	Jumlah	Tegangan	Total
1	Motor Servo	4 buah	4.8v	19.2v
2	NodeMCU	2 buah	3.3v	6.6v
3	Sensor PIR	2 buah	5v	10v
4	Buzzer	2 buah	4v	8v
TOTAL				43,8v

Setelah analisis kebutuhan daya pada rangkaian dihitung, dilakukan pengujian panel surya untuk mengetahui tegangan output panel surya yang akan diberikan ke rangkaian sistem IoT. Pengujian panel surya terhadap beban dilakukan dengan menggunakan alat ukur Multitester kemudian merangkai baterai dengan beban sistem Kontrol IoT. Setelah merangkai dan melakukan percobaan maka didapatkan hasil sebagai berikut :

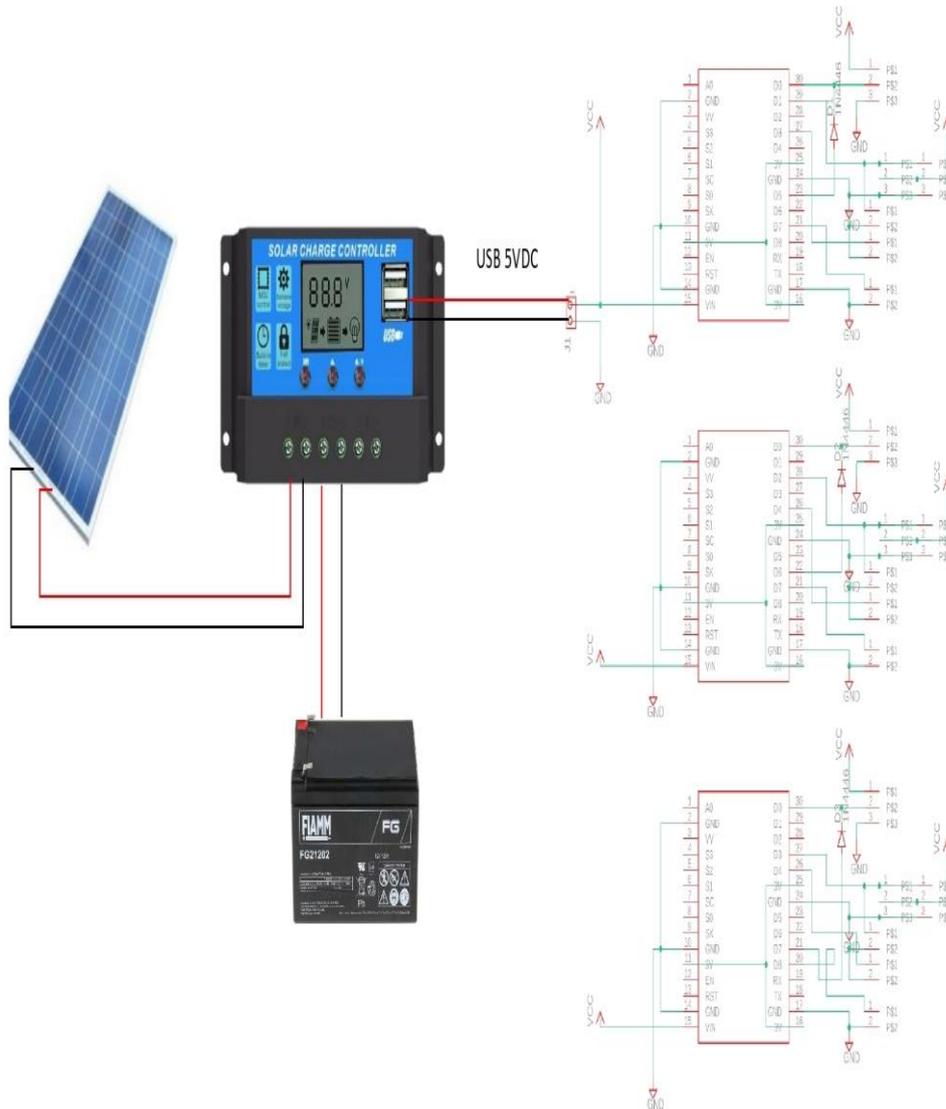
No	Percobaan Rangkaian sumber daya Panel Surya terhadap Beban Sistem Kontrol IoT	Arus	Tegangan	Hasil Dari Percobann
1	Percobaan 1	2	15,2	Semua sistem kontrol IoT berjalan normal
2	Percobaan 2	1,6	13,8	Motor servo lambat merespon dari sinyal yang diberikan sensor PIR mungkin disebabkan karna daya yang kurang

Gambar 4.6. Hasil percobaan pada beban

Kesimpulan dari Gambar 4.6 diatas adalah sistem berjalan dengan normal dan jika daya yang kurang maka akan terjadi beberapa komponen yang lambat untuk merespon



Gambar. 4.7. Rangkaian Kontrol Panel Surya



Gambar 4.8. Rangkaian Panel Surya dengan Sistem IoT



Gambar 4.9. Sumber baterai Dihubungkan dengan Sistem Kontrol IoT

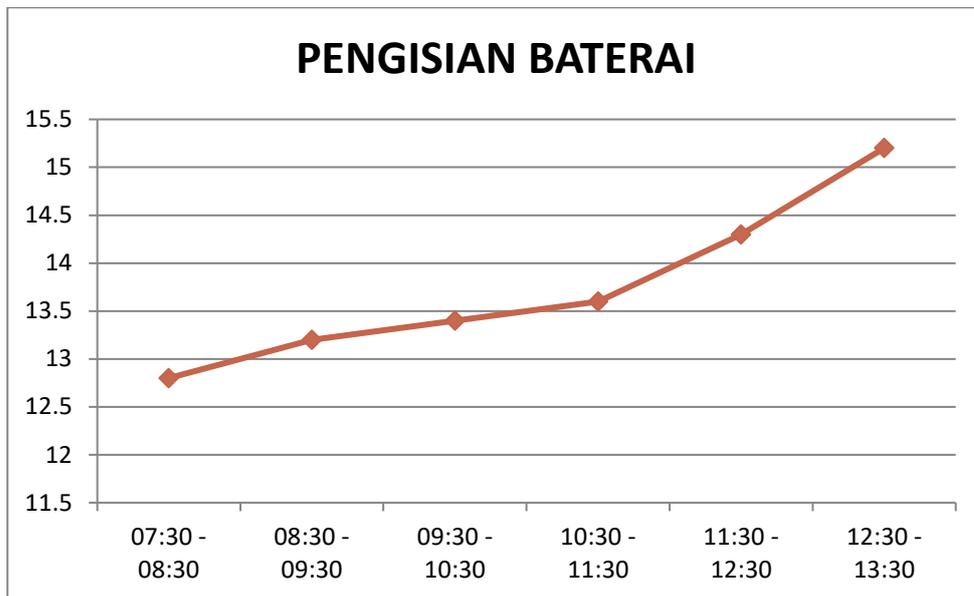
Pada penelitian ini hanya menggunakan panel surya 60wp dengan daya max 60Watt dan tegangan 18.2V dan baterai 12V 7Ah.

4.2.3 Analisa Proses Pengisian dan Pengosongan Baterai

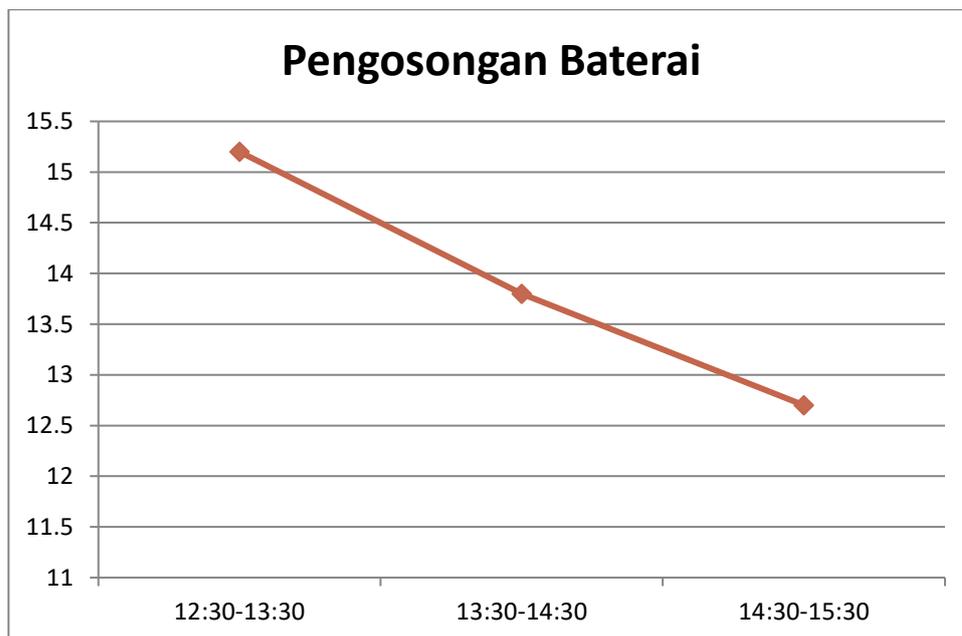
Untuk proses pengisian dan pengosongan baterai VRLA 12V 7Ah pada panel surya, yang pertama dilakukan adalah dengan cara menguji proses pengisian baterai pada jam 07:30 dengan tegangan sebesar 12.8V dengan tegangan sebesar 1.03A. Siklus pengujian ini berlangsung selama satu jam sekali secara berulang dengan pengukuran dan pengujian selama total 8 kali pengulangan. Dan untuk data pengisian baterai dapat dilihat dibawah ini

Tabel 4.5. Pengisian dan pengosongan baterai

No	Daya Proses Pengisian	Daya Proses Pengosongan	Waktu
1	12,8 V dan 1A		07:30 - 08:30
2	13,2 V dan 1,2A		08:30 - 09:30
3	13,4 V dan 1,2A		09:30 - 10:30
4	13,6 V dan 1,2A		10:30 - 11:30
5	14,3 V dan 1,6A		11:30 - 12:30
6	15,2 V dan 2		12:30 - 13:30
7		13,8 V dan 1,6A	13:30 - 14:30
8		12,7 dan 1A	14:30 - 15:30



Gambar 4.10. Grafik Pengisian baterai



Gambar 4.11. Grafik pengosongan baterai

Berdasarkan penyajian data dari tabel 4.5, gambar 4.10 dan gambar 4.11 diatas, proses pengisian daya pada baterai mengalami kenaikan yang signifikan dari pukul 07:30 - 13:30 dibuktikan pada gambar 4.10. Kemudian penurunan

dan pengosongan daya pada baterai terjadi dari pukul 13:30 - 15:30 dibuktikan pada gambar 4.11 dikarenakan asupan cahaya mulai berkurang. Hal ini yang membuat proses penyerapan cahaya oleh sel surya mulai menurun. Setelah dilakukan proses pengisian pada baterai.

4.2.4 Metodologi Proses Pengisian dan Pengosongan Baterai

1. Cahaya akan diterima oleh Panel Surya kemudian akan menghasilkan daya
2. Daya yang sudah diterima akan diteruskan ke Solar Charger Controller
3. SCC adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah (DC) yang diisi ke baterai dan diteruskan dari baterai ke beban
4. Kemudian sensor akan membaca, apakah daya yang diterim besar atau kecil
5. Dan arus akan mengisi baterai jika kosong dan akan terputus jika baterai penuh
6. LCD pada SCC akan menampilkan data arus dan tegangan pada saat pengisian dan pengosongan baterai

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data pengujian alat yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil dari pengujian pada perancangan prototype pengamanan portal kereta api dengan panel surya 60wp mendapatkan hasil yang efisien.
2. Untuk pengujian daya yang dihasilkan dari panel surya 60Wp sebagai sumber energi utama sistem kontrol IoT didapati dapat mencukupi kebutuhan daya sistem kontrol IoT dibuktikan dengan adanya beberapa komponen sistem kontrol yang berjalan normal
3. Daya yang dihasilkan dari panel surya 60wp kemudian disimpan dalam baterai, untuk percobaan baterai sebagai backup energi didapati baterai cepat drop karena daya yang dibutuhkan sangat besar, hanya bisa untuk satu percobaan normal
4. Percobaan yang dilakukan menghasilkan data yang tepat untuk, dan PLTS sebagai sumber juga dapat berjalan normal

5.2. Saran

Berdasarkan data pengujian alat yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, maka dapat diambil beberapa saran sebagai berikut :

1. Untuk percobaan kedepan nya, disarankan untuk merancang PLTS dengan daya yang lebih besar
2. Alat ini juga perlu beberapa perbaikan seperti jika terjadi jatuh tegangan harus ada cadangan yang menyalurkan daya
3. Sangat disarankan untuk menggunakan inverter dan converter sebagai bahan percobaan untuk perbandingan kualitas PLTS

DAFTAR PUSTAKA

1. Alfaris, A., & Yuhendri, M. (2020). *Sitem Kendali Dan Monitoring Boost Converter Berbasis GUI (Graphical User Interface) Matlab Menggunakan Arduino*. 1(2), 266–272.
2. Atmega, M., Yuliza, E., & Kalsum, T. U. (2015). *Alat Keamanan Pintu Brankas Berbasis Sensor Sidik Jari Dan Passoword Digital Dengan Menggunakan*. 11(1), 1–10.
3. Damanik, W. S., Pasaribu, F. I., Lubis, S., & Siregar, C. A. (2021). *Pengujian Modul Solar Charger Control (SCC) Pada Teknologi Pembuangan Sampah Pintar*. 89–93.
4. Di, K., & Alik, K. (2020). 1) , 2). 10, 168–173.
5. F.I, Pasaribu., Dan, P., Peralatan, M., Thermal, M., Fluke, I., Thermovisi, M., ... Method, T. (2021). *EQUIPMENT USING THERMAL IMAGERS FLUKE WITH*. 4(2).
6. Hamid, R. M., Rizky, R., Amin, M., & Dharmawan, I. B. (2016). Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 4(2), 130. <https://doi.org/10.32487/jtt.v4i2.175>
7. Hidayat, M. R., Christiono, C., & Sapudin, B. S. (2018). PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS IoT DENGAN NodeMCU ESP8266 MENGGUNAKAN SENSOR PIR HC-SR501 DAN SENSOR SMOKE DETECTOR. *Kilat*, 7(2), 139–148. <https://doi.org/10.33322/kilat.v7i2.357>
8. Husnaini, I., & Krismadinata. (2017). Komparasi Pengendali PI dan PID untuk Tegangan Keluaran Konverter Buck. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 6(3), 143–151. Retrieved from <http://jnte.ft.unand.ac.id/index.php/jnte/article/view/387>
9. Julisman, A., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (2017). Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Stadion Bola. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 2(1), 35–42.
10. Jurnal, T., Dan, S., Fachrul, M., Budhi, D., & Nurpulaela, L. (2020). *Rancang bangun kompor biomassa penghasil energi listrik untuk mengisi baterai 12 V*. 16(02), 279–284.

11. Kurniawan, M. H., Siswanto, S., & Sutarti, S. (2019). Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Dengan Sidik Jari Dan Notifikasi Panggilan Telepon Berbasis Atmega 328. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*, 6(2), 152–165.
12. Martin, R., Despa, D., & Mardiana, E. (2015). Sistem Kendali Palang Pintu Otomatis Menggunakan Barcode Berbasis Mikrokontroler Atmega 328p-Pu Pada Pintu Masuk Perpustakaan Unila. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 3(2), 9.
13. 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.
14. Pasaribu, F.I., Pengamanan, S., Kereta, P., Terhadap, A., Lalu, J., & Jalan, L. (2020). *Sistem Pengamanan Perlintasan Kereta Api Terhadap Jalur Lalu Lintas Jalan Raya Railway Crossing Security System Against Highway Traffic Lines*. 4(1).
15. Putra, A. (2020). Analisis Kinerja Konverter Penaik Tegangan Dengan Menurunkan Frekuensi Pensaklaran. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 9(1), 41–46. <https://doi.org/10.21063/jte.2020.3133908>
16. Ratnasari, I. D. (2018). Rancang Bangun Alarm Deteksi Asap Rokok dan Kebisingan Pada Ruang Kelas Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 3(2), 54–60. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v3i2.18747>
17. Saputra, A. J., Erfianto, B., Saputra, M. A., Prabowo, S., & Swastika, N. A. (2019). Implementasi Fuzzy Logic Control Pada Tracking (Pelacakan) Solar Panel Menggunakan Arduino Atmega328. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 9(1), 25. <https://doi.org/10.37209/jtbtt.v9i1.107>
18. selvi okta yusidha. (2016). *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Learners of English Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember*.
19. Setiawan. (2018). *Pemanfaatan Solar Cell Untuk Monitoring Kondisi Aki Dengan Kontrol Komunikasi Dua Arah*. 8–19.
20. Suparlan, M., Sofijan, A., & Akbar, M. (2019). (Panel surya 2)Prototipe

- Battery Charge Controller Solar Home System Di Desa Ulak Kembahang
2 Kecamatan Pemulutan Barat Kabupaten. *Seminar Nasional AVoER XI*,
658–665. Retrieved from
<http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/AVoer/article/download/228/186>
21. Tech, J. I., Virtual, M., & Reality, A. (2021). *KONTROL ROBOT MENGGUNAKAN SMARTPHONE ANDROID*. 5(1).
 22. Timotius, E., Duka, A., Setiawan, N., & Weking, A. I. (2018). Eric Timotius Abit Duka, I Nyoman Setiawan. *Antonius Ibi Weking*, 5(2), 67.

RIWAYAT HIDUP



Nama : Muhammad Nabil Muztahid Lubis
NPM : 1707220058
Alamat : Dusun 1 Desa Naga Kesiangan, Kec. Tebing Tinggi,
Serdang Bedagai
Agama : Islam
Email : tbt.newbie@gmail.com
No HP / WA : 0831 9036 3879

RIWAYAT PENDIDIKAN

Tahun

SDN 106861 Desa Naga Kesiangan	: 2005 - 2011
SMPS Yapendak Pabatu	: 2011 - 2014
SMAS Josua Medan	: 2014 - 2017
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	: 2017 - 2021

PERANCANGAN PROTOTYPE PEMANFAATAN PANEL SURYA PADA SISTEM PENGAMANAN PORTAL KERETA API MENGUNAKAN SENSOR GERAK

Faisal Irsan Pasaribu¹, Muhammad Nabil Muztahid Lubis²

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Jl. Kapten Muchtar Basri, BA No. 03 Medan Telp. (061) 6622400 ex. 12 Kode pos 20238

e-mail: fais.irsan@umsu.ac.id

Abstrak — Panel surya adalah suatu alat yang terdiri dari sel surya untuk mengubah cahaya matahari menjadi listrik ini dapat dimanfaatkan menjadi sumber cadangan energi salah satunya untuk portal kereta api tanpa penjagaan yang nantinya akan memudahkan para petugas penjaga palang untuk bisa mengontrol dari satu pintu saja. Maka dari itu tujuan penelitian ini adalah membuat prototype dengan bantuan panel surya sebagai sumber energi dan juga menerapkan sistem IoT pada portal kereta api tanpa adanya penjagaan sehingga hasil akhir dapat mampu mengurangi kecelakaan pada transportasi kereta api di perlintasan tanpa penjagaan akibat tidak adanya portal sebagai perangkat keselamatan transportasi kereta api. Metode yang digunakan adalah panel surya mengubah cahaya menjadi listrik kemudian disimpan pada baterai oleh sebuah SCC. Dari baterai tersebut kemudian dihubungkan pada beban. Penelitian ini dilakukan di kampus utama Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang terdiri dari perangkat utama yaitu panel surya sebesar 60WP, Baterai VRLA 12V 7AH, SCC 20A, DC DC Converter dimulai dari jam 07:30 - 15:30. Hasil penelitian pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah daya sebesar 18,39 Watt, Arus 1,35A, dan Tegangan 13,62V, berdasarkan hasil dari pengujian pada PLTS didapati daya cukup untuk bisa mensuplai energi pada beban yaitu sistem kontrol IoT walaupun baterai cepat habis

Kata kunci :Energi terbarukan, PLTS, Internet Of Things, Pembangkit Listrik

Tenaga Surya

Abstract — Solar Panel is a tool that consists of solar cell to change the sunlight be electricity. Solar Panel can be used for train portal without the Safeman for control from one office. Therefore the purposes of this research is designing protyotype with support from solar panel as the backup energy and to implementation Internet of Things System at the Train Portal without the safeman and the finals can reduce the accident from rail transportation at the cross without safeman from not any portal as safety device of rail transportation. Method used is Solar Panel change the sunshine becomes electricity then saved by battery by a Solar Charger Charger. From the battery then connect to load. This Research was conducted at Muhammadiyah University of North Sumatera which consists main device of

solar panel 60Wp, battery 12V 7AH, Solar Charger Controller 20A, DC DC Converter Step Down and start from 07:30 - 15:30. In this case the energy of Solar Power Plant is 18,39 Watt, the current is 1,35A and the voltage is 13,62V and therefore based on results from the testing at solar power plant was found the energy is very less to supply energy for load thas is control system Internet of Thing during till the battery is fast drop

Keywords : Renewable Energy, PLTS, Internet Of Things, Solar Power Plant

Pendahuluan

Energi listrik merupakan suatu hal yang sangat penting dan vital yang dibutuhkan oleh semua kalangan baik individu, rumah tangga, maupun industri. Upaya untuk memenuhi kebutuhan listrik yang kontinu dan guna menekan penggunaan energi listrik berbasis fosil yang cadangan bahan bakar energinya semakin berkurang sehingga dapat menimbulkan masalah pada kehidupan manusia di masa depan, memacu dikembangkannya pembangkit listrik alternatif dengan sumber energi baru terbarukan

Energi adalah kebutuhan yang tidak dapat di lepaskan dalam kehidupan ini. Energi yang selama ini digunakan tidak mencukupi untuk kebutuhan energi masa depan sehingga dapat menimbulkan krisis energi. Dalam mengatasi krisis energi dimasa yang akan datang, diperlukan energi yang dapat menggantikan energi tidak terbarukan. Panel surya merupakan salah satu solusi pengganti energi tidak terbarukan, yang memanfaatkan energi terbarukan dari matahari

Energi matahari merupakan energi yang tidak akan bisa habis hingga datangnya hari kiamat. Sinar yang dihasilkan mampu berubah dari satu bentuk energi menjadi energi yang lain. Batas energi yang dihasilkan cahaya matahari pun tanpa batas.

Panel surya merupakan suatu alat yang terdiri dari sel surya untuk mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Panel surya disebut juga sel photovoltaic, photovoltaic dapat

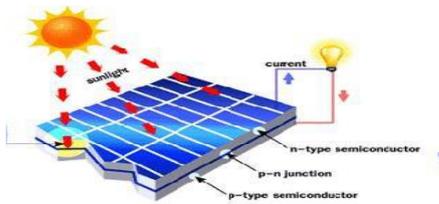
diartikan sebagai “cahaya-listrik”.Belakangan ini solarcell mulai populer didalam pandangan para peneliti di seluruh belahan bumi. Selain mulai menipisnya cadangan energi fosil dan global warming yang terjadi saat ini, energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) biasa didapatkan secara gratis.

Modul/panel surya merupakan media pengkonversi energi foton matahari menjadi energi listrik, dimana penggunaannya selalu terpapar cuaca langsung. Pada alat ini sebagai prototype pengamanan portal kereta api menggunakan sensor gerak, yang mana untuk menggerakkan rancangan prototype tersebut menggunakan panel surya 60wp. Untuk wadah penempatan prototype menggunakan triplek. Rancangan prototype ini juga menggunakan kereta api mainan sebagai kendaraan dan palang pintu kereta api menggunakan modul motor servo sg90.

TINJAUAN Pustaka

A. Panel Surya

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



Gambar 1. Ilustrasi Panel Surya

B. 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.

C. Proses Konversi Sel Surya

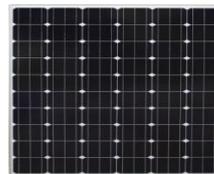
Elektron yang terpisah dari struktur atomnya muatannya menjadi negatif dan elektron tersebut akan bergerak bebas pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor solar cell. Atom yang kehilangan elektron tersebut akan terjadi kekosongan atau hole pada strukturnya. Kehilangan elektron mengakibatkan 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.

D. Jenis - jenis Panel Surya

1. Crystalline Silicon (c-Si)

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



Gambar 2. Panel Surya Monocrystalline

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 (mcSi). Secara fisik, panel surya dapat diketahui dari warna sel yang cenderung biru dengan bentuk persegi.



Gambar 3. Panel Surya Multicrystalline

c. Ribbon Silicon (Ribbon –Si)

String Ribbon solar panel merupakan salah satu panel surya yang menggunakan sel surya polycrystalline, namun menggunakan proses yang berbeda.



Gambar 4. Panel surya Ribbon Silicon

2. Thin – Film Solar Cell

a. Cadmium telluride (CDTE)

Panel surya CDTE merupakan jenis panel surya yang memiliki tingkat efisiensi paling baik dikelasnya, yaitu 9-11%.



Gambar 5. Panel surya Cadmium telluride

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%



Gambar 6. Panel Surya Copper Indium Gallium Diselenide

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

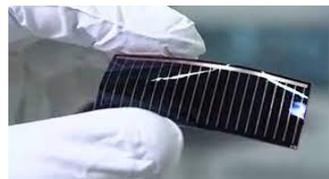
beberapa tipe panel amorphous yaitu Amorphous Silicon Cells, Tandem-cell using a-Si/ uc-Si, Tandem-cell using a-Si/ pc-Si, dan Polycrystalline silicon on glass



Gambar 7. Panel surya Amorphous Thin – Film Silicon

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%



Gambar 8 . Panel surya Gallium Arsenide

E. Solar Charger Controller

Solar charger controller adalah alat yang berfungsi sebagai pengatur arus searah (DC) yang masuk ke baterai menghindari overcharging dan overvoltage dan arus yang di ambil dari baterai ke beban agar baterai tidak full discharge dan overloading. 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 diisi ulang. Jenis ini merupakan cara yang paling efektif untuk mencapai pengisian baterai tegangan konstan dengan mengalihkan perangkat daya pengendali sistem surya. Ketika di PWM 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 tersedia 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 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 .

F. 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. 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 melengkapi reaksi 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.

1. Jenis - jenis Baterai

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 dan Nickel cadmium alkaline battery Ni Cd.

G. 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.

H. Motor Servo

Motor servo ialah berupa motor dengan sistem umpan balik tertutup di mana letak dari motor segera diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor servo merupakan salah satu jenis motor DC. Diantaranya berupa motor stepper, motor servo berkerja secara close loop. Poros motor dikaitkan dengan rangkaian kendali, selanjutnya bila putaran poros belum sampai pada tempat yang diinginkan maka rangkaian kendali akan terus mencari tempat hingga mencapai tempat 25 yang diinginkan. Motor servo banyak dipakai pada peranti R/C (remote control) seperti mobil, pesawat, helikopter, dan kapal, serta sebagai aktuator robot maupun penggerak pada kamera

I. Konverter DC to DC

DC-DC Konverter merupakan suatu alat yang penyedia daya tegangan searah (DC) yang dihasilkan melalui konversi tegangan DC masukan ke bentuk tegangan DC keluaran yang lebih rendah atau tinggi. Penerapan DC-DC konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan sumber energi yang berukuran kecil, dimana tegangan keluarannya dapat diubah sesuai kebutuhan.

Hingga saat 27 ini berbagai konfigurasi dc-dc converter telah banyak dikembangkan diantaranya adalah jenis dc-dc converter yang menggunakan tipe boost converter

J. Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loudspeaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet. Kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap getaran kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik 28 sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara

K. NodeMCU ESP8266

NodeMcu adalah Open-source firmware dan pengembangan kit yang membantu untuk membuat prototipe produk IOT (Internet of Things) dalam beberapa baris skrip Lua NodeMcu adalah sebuah platform open source IOT (Internet Of Things). Node Mcu menggunakan Lua sebagai bahasa scripting. Hal ini didasarkan pada proyek Elua, dan dibuat di atas ESP8266 SDK 1.4. Menggunakan banyak proyek open source, seperti luacjson. Ini mencakup firmware yang berjalan pada Wi-Fi SoC ESP8266, dan perangkat keras yang didasarkan pada ESP-12 modul . Spesifikasi yang disediakan oleh NodeMCU adalah Open source Interaktif, Telah diprogram, biaya rendah, sederhana, Smart, WI-FI diaktifkan

L. Kereta Api

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), kereta api adalah kereta yang terdiri atas rangkaian gerbong (kereta) yang ditarik oleh lokomotif, dijalankan dengan tenaga uap (atau listrik), berjalan di atas rel (rentangan baja dan sebagainya), digunakan untuk kendaraan umum. Gaya gerak disediakan oleh lokomotif yang terpisah atau motor individu dalam beberapa unit. Meskipun propulsi historis mesin uap mendominasi, bentukbentuk modern yang paling umum adalah mesin diesel dan listrik lokomotif, 32 yang disediakan oleh kabel overhead atau rel tambahan Kereta api umumnya dimanfaatkan untuk alat transportasi massal dan juga sebagai pengangkutan penumpang dan barang

Metode

1. Tempat dan Lokasi Penelitian

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

2. Alat dan Bahan

- a. Panel Surya 60Wp
- b. Solar Charger Controller
- c. Baterai
- d. Kabel Panel Surya
- e. Multimeter Digital
- f. Sensor PIR
- g. Stick Kayu
- h. Converter DC to DC
- i. Motor Servo

- j. Kereta Api Mainan
- k. Triplek
- l. Kabel Jumper
- m. Buzzer
- n. Selongsong Kabel
- o. Lakban
- p. Papan PCB
- q. Kabel USB
- r. Tang
- s. Pisau Cutter

3. Prosedur Penelitian

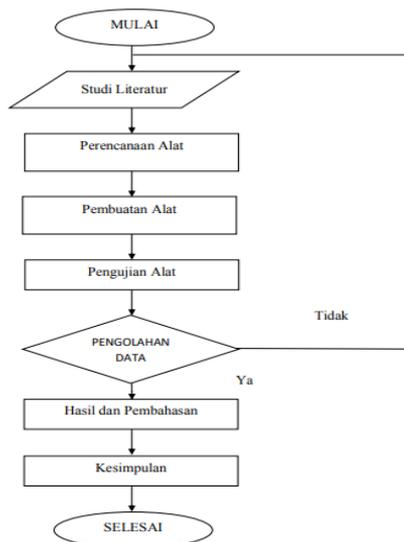
1. Untuk prosedur penelitian di awal, adalah merancang PLTS
2. Tahap ini menargetkan pada proses pengubahan energi panas matahari menjadi energi listrik. Melalui tahapan ini energi matahari diserap oleh alat khusus yaitu panel surya berkapasitas 60wp kemudian diubah menjadi energi listrik dan disimpan ke baterai. Energi yang disimpan di baterai adalah energi DC
3. Prosedur selanjutnya adalah ketika daya yang tersimpan dibaterai terisi, kemudian disambungkan ke beban DC yaitu perangkat prototype portal kereta api.
4. Pada penelitian ini fokus sistem kontrol IoT adalah pada sensor gerak (PIR Sensor), sensor PIR sangat berperan sebagai pengamanan ketika ada kereta api yang akan melintasi Portal Kereta Api
5. Pengambilan data jadwal kereta api pada prototype ini dilakukan ketika percobaan dengan cara memperhitungkan daya listrik DC yang terpakai ketika kereta api melewati sensor gerak di portal



Gambar 11. PLTS dan Rangkaian kontrol IoT

Didalam proses pengujian pada panel surya 60Wp didapat hasil sebagai berikut

4. Flowchart



Gambar 9. Flowchart

Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian Panel Surya 60Wp

Dalam tahapan pengujian ini, diperlukan beberapa komponen utama yaitu panel surya 60 wp



Gambar 10. Proses Pengujian Panel Surya

Tabel 1. Hasil pengujian panel surya

No	Waktu	Tegangan	Arus
1	07:30 - 08:30	12,8	1
2	08:30 - 09:30	13,2	1,2
3	09:30 - 10:30	13,4	1,2
4	10:30 - 11:30	13,6	1,2
5	11:30 - 12:30	14,3	1,6
6	12:30 - 13:30	15,2	2
7	13:30 - 14:30	13,8	1,6
8	14:30 - 15:30	12,7	1

Maka dari hasil tabel diatas dapat dihitung rata-rata arus, tegangan dan daya keluaran dari panel surya 60 wp pada tiap jam sebagai berikut :

a. Rata-rata Arus

$$I_{rata-rata} = \frac{I_{total}}{s}$$

$$I_{rata-rata} = \frac{1+1,2+1,2+1,2+1,6+2+1,6+1}{8} = 10,8 / 8$$

Type equation here.

$$I_{rata-rata} = 1,35 \text{ Ampere}$$

b. Rata-rata Tegangan

$$V_{rata-rata} = \frac{V_{total}}{s}$$

$$V_{rata-rata} = \frac{12,8+13,2+13,4+13,6+14,3+15,2+13,8+12,7}{8} = 108,96 / 8$$

$$V_{rata-rata} = 13,62 \text{ Volt}$$

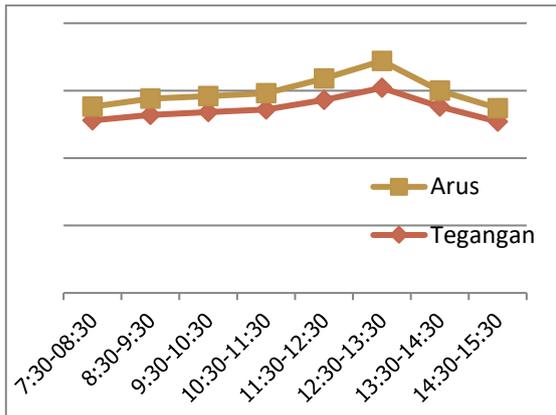
c. Rata-rata Daya

$$P_{rata-rata} = V_{rata-rata} \times I_{rata-rata}$$

$$= 13,62 \text{ V} \times 1,35 \text{ A}$$

$$P_{rata-rata} = 18,387 \text{ Watt}$$

Gambar 12. Perhitungan daya rata - rata



Gambar 13. Grafik Arus dan Tegangan yang dihasilkan

No	Percobaan	Rangkaian	Arus	Tegangan	Hasil Dari Percobaan
sumber daya Panel Surya terhadap Beban Sistem Kontrol IoT					
1	Percobaan 1		2	15,2	Semua sistem kontrol IoT berjalan normal
2	Percobaan 2		1,6	13,8	Motor servo lambat merespon dari sinyal yang diberikan sensor PIR mungkin disebabkan karna daya yang kurang

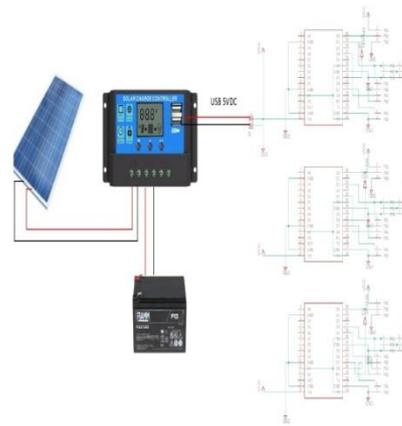
Gambar 13. Hasil percobaan pada beban

B. Pengujian PLTS dan Sistem kontrol IoT

Tabel 2. Beban sistem kontrol IoT

No	Beban	Jumlah	Tegangan	Total
1	Motor Servo	4 buah	4,8v	19,2 v
2	NodeMCU	2 buah	3,3v	6,6 v
3	Sensor PIR	2 buah	5v	10 v
4	Buzzer	2 buah	4v	8 v
Total				43,8v

Setelah analisis kebutuhan daya pada rangkaian dihitung, dilakukan pengujian panel surya untuk mengetahui tegangan output panel surya yang akan diberikan ke rangkaian sistem IoT. Pengujian panel surya terhadap beban dilakukan dengan menggunakan alat ukur Multitester kemudian merangkai baterai dengan beban sistem Kontrol IoT. Setelah merangkai dan melakukan percobaan maka didapatkan hasil sebagai berikut



Gambar 14. Rangkaian PLTS dan sistem kontrol IoT

Kesimpulan

Perlintasan kereta api di Indonesia ada yang tidak memiliki pos pengamanan dan palang pintu sehingga sangat membahayakan bagi pengguna jalan, oleh karena itu pada penelitian ini dirancang lah portal kereta api dengan sensor gerak dengan sumber listrik dari PLTS. Berdasarkan percobaan dari penelitian yang dilakukan didapati hasil yaitu untuk PLTS berjalan dengan baik dan kemudian untuk sistem pengamanan portal kereta api dengan PLTS juga didapati berjalan dengan normal. Akan tetapi, untuk daya pada baterai cepat

habis dikarenakan kapasitas baterai juga kecil sehingga daya yang tersimpan juga akan ikut cepat habis dikarenakan beban sistem kontrol IoT mempunyai daya yang cukup besar. Alangkah baiknya diciptakan PLTS dengan kapasitas yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

23. Alfaris, A., & Yuhendri, M. (2020). *Sistem Kendali Dan Monitoring Boost Converter Berbasis GUI (Graphical User Interface) Matlab Menggunakan Arduino*. 1(2), 266–272.
24. Atmega, M., Yuliza, E., & Kalsum, T. U. (2015). *Alat Keamanan Pintu Brankas Berbasis Sensor Sidik Jari Dan Password Digital Dengan Menggunakan*. 11(1), 1–10.
25. Damanik, W. S., Pasaribu, F. I., Lubis, S., & Siregar, C. A. (2021). *Pengujian Modul Solar Charger Control (SCC) Pada Teknologi Pembuangan Sampah Pintar*. 89–93.
26. Di, K., & Alik, K. (2020). 1), 2). 10, 168–173.
27. F.I, Pasaribu., Dan, P., Peralatan, M., Thermal, M., Fluke, I., Thermovisi, M., ... Method, T. (2021). *EQUIPMENT USING THERMAL IMAGERS FLUKE WITH*. 4(2).
28. Hamid, R. M., Rizky, R., Amin, M., & Dharmawan, I. B. (2016). Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 4(2), 130. <https://doi.org/10.32487/jtt.v4i2.175>
29. Hidayat, M. R., Christiono, C., & Sapudin, B. S. (2018). PERANCANGAN SISTEM KEAMANAN RUMAH BERBASIS IoT DENGAN NodeMCU ESP8266 MENGGUNAKAN SENSOR PIR HC-SR501 DAN SENSOR SMOKE DETECTOR. *Kilat*, 7(2), 139–148. <https://doi.org/10.33322/kilat.v7i2.357>
30. Husnaini, I., & Krismadinata. (2017). Komparasi Pengendali PI dan PID untuk Tegangan Keluaran Konverter Buck. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 6(3), 143–151. Retrieved from <http://jnte.ft.unand.ac.id/index.php/jnte/article/view/387>
31. Julisman, A., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (2017). Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Stadion Bola. *Jurnal Komputer, Informasi Teknologi, Dan Elektro*, 2(1), 35–42.
32. Jurnal, T., Dan, S., Fachrul, M., Budhi, D., & Nurpulaela, L. (2020). *Rancang bangun kompor biomassa penghasil energi listrik untuk mengisi baterai 12 V*. 16(02), 279–284.
33. Kurniawan, M. H., Siswanto, S., & Sutarti, S. (2019). Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Dengan Sidik Jari Dan Notifikasi Panggilan Telepon Berbasis Atmega 328. *PROSISKO: Jurnal Pengembangan Riset Dan Observasi Sistem Komputer*, 6(2), 152–165.
34. Martin, R., Despa, D., & Mardiana, E. (2015). Sistem Kendali Palang Pintu Otomatis Menggunakan Barcode Berbasis Mikrokontroler Atmega 328p-Pu Pada Pintu Masuk Perpustakaan Unila. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 3(2), 9.
35. 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.
36. Pasaribu, F. I., Pengamanan, S., Kereta, P., Terhadap, A., Lalu, J., & Jalan, L. (2020). *Sistem Pengamanan Perlintasan Kereta Api Terhadap Jalur Lalu Lintas Jalan Raya Railway Crossing Security System Against Highway Traffic Lines*. 4(1).
37. Putra, A. (2020). Analisis Kinerja Konverter Penaik Tegangan Dengan Menurunkan Frekuensi Pensaklaran. *Jurnal Teknik Elektro ITP*, 9(1), 41–46. <https://doi.org/10.21063/jte.2020.3133908>
38. Ratnasari, I. D. (2018). Rancang Bangun Alarm Deteksi Asap Rokok dan Kebisingan Pada Ruang Kelas Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Elinvo (Electronics, Informatics, and Vocational Education)*, 3(2), 54–60. <https://doi.org/10.21831/elinvo.v3i2.18747>
39. Saputra, A. J., Erfianto, B., Saputra, M. A., Prabowo, S., & Swastika, N. A. (2019). Implementasi Fuzzy Logic Control Pada Tracking (Pelacakan) Solar Panel Menggunakan Arduino Atmega328. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 9(1), 25. <https://doi.org/10.37209/jtbtt.v9i1.107>
40. selvi okta yusidha. (2016). *Digital Digital Repository Universitas Universitas Jember Jember Learners of English Digital Digital Repository Universitas Universitas Jember Jember*.
41. Setiawan. (2018). *Pemanfaatan Solar Cell Untuk Monitoring Kondisi Aki Dengan Kontrol Komunikasi Dua Arah*. 8–19.
42. Suparlan, M., Sofijan, A., & Akbar, M. (2019). (Panel surya 2)Prototipe Battery

- Charge Controller Solar Home System Di
Desa Ulak Kembahang 2 Kecamatan
Pemulutan Barat Kabupaten. *Seminar
Nasional AVoER XI*, 658–665. Retrieved
from
<http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/AVoer/article/download/228/186>
43. Tech, J. I., Virtual, M., & Reality, A. (2021). *KONTROL ROBOT MENGGUNAKAN SMARTPHONE ANDROID*. 5(1).
 44. Timotius, E., Duka, A., Setiawan, N., & Weking, A. I. (2018). Eric Timotius Abit Duka, I Nyoman Setiawan. *Antonius Ibi Weking*, 5(2), 67.

