

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN PROTOTYPE PEMANFAATAN PANEL SURYA PADA PINTU GARASI OTOMATIS

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

Disusun Oleh :

ANDIKA PUTRA

1907220017



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Andika Putra
NPM : 1907220017
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Perancangan Prototype Pemanfaatan Panel Surya Pada Pintu Garasi Otomatis
Bidang ilmu : Energi Baru Terbarukan

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

Medan, 10 Juli 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing I / Penguji

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

Dosen Pembanding I / Penguji

Muhammad Adam, S.T., M.T.

Dosen Pembanding II / Peguji

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

Ketua Program Studi Teknik Elektro



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

LEMBAR PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN

Kami yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa skripsi yang berjudul di bawah ini:

Perancangan Prototype Pemanfaatan Panel Surya Pada Pintu Garasi Otomatis

Ditulis oleh Mahasiswa/i yang bernama:

Andika Putra

(NPM: 1907220017)

untuk kemudian disebut sebagai Pihak ke-1,

adalah benar merupakan sebagian hasil dari penelitian Dosen yang melibatkan Mahasiswa/i (Pihak ke-1) di bawah ini:

Judul penelitian : Perancangan Prototype Pemanfaatan Panel Surya Pada Pintu Garasi Otomatis

Nama dosen : Noorly Evalina, S.T., M.T.

Jenis penelitian : Dikti; UMSU; Mandiri; Hibah lainnya. (coret yang tidak perlu)

Nomor kontrak..... (tidak diisi untuk Penelitian Mandiri)

untuk kemudian disebut sebagai Pihak ke-2.

Untuk itu Pihak ke-2 berhak mempublikasikan isi Skripsi seluruhnya tanpa harus meminta izin dari Pihak ke-1. Sedangkan Pihak ke-1 wajib meminta izin terlebih dahulu kepada Pihak ke-2 bila ingin mempublikasikan isi Skripsi ini.

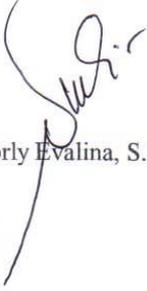
Demikian Surat Pernyataan dan Persetujuan ini dibuat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Medan, 10 Juli 2023

Yang membuat pernyataan dan persetujuan:

Pihak ke-2 (Dosen)

Pihak ke-1 (Mahasiswa/i)


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


(Andika Putra)
NPM: 1907220017

Diketahui oleh:
Ketua Program Studi Teknik Elektro


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

NIDN: 01301181101



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Andika Putra
Tempat /Tanggal Lahir : Asahan Mati/24 Juli 2001
NPM :1907220017
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Perancangan Prototype Pemanfaatan Panel Surya Pada Pintu Garasi Otomatis”,

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 orisinil 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 Sipil/Mesin/Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 10 Juli 2023

Saya yang menyatakan,



Andika Putra

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan pembangkit tenaga listrik yang bekerja dengan memanfaatkan energi terbarukan (renewable energy) berupa tenaga matahari sebagai sumber energi. Penelitian ini mengusulkan perancangan dan sebuah sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang diintegrasikan dengan sistem pintu garasi otomatis. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menginvestigasi efektivitas penggunaan energi matahari sebagai sumber energi untuk menjalankan sistem pintu garasi otomatis dan mengetahui bagaimana pengaruh intensitas cahaya matahari dan temperatur terhadap energi yang dihasilkan fotovoltaik. Metode eksperimental dilakukan dengan merancang dan membangun sistem PLTS yang terhubung dengan inverter untuk menyuplai daya motor ac. Hasil penelitian ini menunjukkan Besar daya yang dihasilkan panel surya bergantung pada intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya. Panel surya yang digunakan sebagai sumber energi alternatif dengan daya maksimum 50 Wp memiliki efisiensi sebesar 15,67 %. Dalam penelitian ini intensitas cahaya matahari maksimum 1011,31 W/m² mampu menghasilkan Tegangan yang dihubungkan ke beban hingga 18,39 V dan arus mencapai 1,92 A serta daya yang dihasilkan mencapai 35,31 Watt, dengan Temperatur panel surya 42°C. Dan berdasarkan daya rata-rata yang masuk ke baterai, baterai 12 V 7,5 Ah dapat terisi penuh dalam waktu 420 menit. Hal ini menunjukkan bahwa integritas PLTS dalam sistem mampu memberikan pasokan energi yang memadai, stabil dan berkelanjutan. Dalam kesimpulannya, penelitian ini mengindikasikan bahwa penerapan PLTS dalam sistem pintu garasi otomatis memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi energi, dan sambil mengurangi dampak lingkungan. Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang teknologi dan manajemen energi.

Kata Kunci : PLTS, Efisiensi, Pintu Garasi Otomatis, Fotovoltaik

ABSTRACT

Solar power plant (PLTS) is a power plant that works by utilizing renewable energy in the form of solar power as an energy source. This research proposes a design and a solar power generation system that is integrated with an automatic garage door system. The main objective of this research is to investigate the effectiveness of using solar energy as an energy source to run an automatic garage door system and find out how the effect of sunlight intensity and temperature on the energy produced by photovoltaic. The experimental method is carried out by designing and building a solar power system connected to an inverter to supply ac motor power. The results of this study show that the amount of power produced by solar panels depends on the intensity of solar radiation that hits the surface of solar panels. Solar panels used as an alternative energy source with a maximum power of 50 Wp have an efficiency of 15.67%. In this study, the maximum sunlight intensity of 1011.31 W/m² was able to produce a voltage connected to the load of up to 18.39 V and a current of up to 1.92 A and the resulting power reached 35.31 Watts, with a solar panel temperature of 42°C. And based on the average power entering the battery, a 12 V 7.5 Ah battery can be fully charged within 420 minutes. This shows that the integration of PLTS in the watering system is able to provide adequate, stable and sustainable energy supply. In conclusion, this study indicates that the application of solar power in automatic garage door systems has the potential to improve energy efficiency, while reducing environmental impact. With a deeper understanding of the technology and energy management.

Keywords: *PLTS, Efficiency, Automatic Garage Door, Photovoltaic*

KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi maha penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perancangan Prototype Pemanfaatan Panel Surya Pada Pintu Garasi Otomatis” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan. Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Ayahanda tercinta Syaiful Qodri, Ibunda tercinta Wirda Wati, serta seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan moril maupun materi serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya Tugas Akhir ini.
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 yang telah memberikan perhatian sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Ibu Noorly Evalina. S.T., M.T., selaku Pembimbing dalam tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingannya, masukan, arahan, motivasi dan bantuan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Bapak Muhammad Adam, S.T., M.T., selaku Pembimbing I dalam tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingannya, masukan dan bantuan sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T., selaku Pembimbing II dalam tugas akhir ini sekaligus ketua program studi teknik elektro UMSU yang telah memberikan bimbingannya, masukan dan bantuan sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
7. Seluruh Dosen dan Staff Pengajar di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Seluruh rakan-rekan seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknik Elektro khususnya kelas A1 pagi yang telah banyak membantu dan memberikan semangat kepada penulis dengan memberikan semangat kepada penulis dengan memberikan motivasi dan masukan yang bermanfaat selama proses perkuliahan maupun dalam penulisan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh staff Tata Usaha di biro Fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dan tidak luput dari kekurangan, karena itu dengan senang hati penulis menerima segala bentuk kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penulisan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan semoga Allah SWT merendahkan hati atas segala pengetahuan yang kita miliki. Amiin ya rabbal alamin.

Wassalamua'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 27 Februari 2023

Andika Putra

DAFTAR

ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
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	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	5
2.2 Panel Surya(Solar Cell).....	7
2.2.1 Sejarah Panel surya	9
2.2.2 Karakteristik Solar Cell.....	10
2.2.3 Prinsip Kerja Panel Surya.....	11
2.2.4 Jenis-Jenis Panel Surya	12
2.3 Solar Charger Controller.....	15
2.3.1 Spesifikasi Solar Charger Controller.....	16
2.3.2 Jenis-jenis Solar Charge Controller.....	19
2.4 Baterai.....	20
2.4.1 Jenis-jenis Baterai	21
2.4.2 Prinsip Kerja Baterai	22
2.4.3 Spesifikasi Baterai.....	23
2.5 MOTOR AC	24
2.5.1 Jenis-Jenis Motor AC.....	25
2.6 Inverter.....	26
2.6.1 Jenis-jenis Inverter	27
2.6.2 Struktur Inverter	28
2.7 Lux Meter	29

2.7.1 Fungsi Lux Meter	30
2.8 Arduino Uno	31
2.9 Sensor Ultrasonik.....	32
2.10 Radio Frequency Identification (RFID).....	32
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN.....	35
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	35
3.2 Bahan Dan Alat Penelitian.....	35
3.2.1 Bahan Yang Digunakan	35
3.2.2 Alat Perancangan	36
3.3 Blok Diagram Rangkaian Alat.....	41
3.4 Rangkaian Keseluruhan Alat	43
3.5 Flowchart Perancangan Sistem	44
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Hasil Perancangan dan Pengujian Alat	44
4.2 Analisis dan Pengukuran Panel Surya Tanpa Beban	45
4.2.1 Percobaan Hari Ke-1 (02/10/2023)	45
4.2.2 Percobaan Hari Ke-2 (03/10/2023)	49
4.2.3 Percobaan Hari Ke-3 (04/10/2023)	53
4.3 Analisa dan Pengukuran Panel Surya Dengan Beban Motor Synchronous. 58	
4.3.1 Percobaan Hari Ke-1 (02/10/2023)	58
4.3.2 Percobaan Hari Ke-2 (03/10/2023)	62
4.3.3 Percobaan Hari Ke-3 (04/10/2023)	67
4.3.4 Data 3 Hari Panel Surya dan Motor Synchronous	71
4.4 Data Percobaan Keluaran Inverter	72
4.5 Analisis dan Pengujian Pengisian Serta Ketahanan Baterai Terhadap Beban Motor Synchronous.....	73
BAB 5 PENUTUP.....	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA.....	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Panel Surya	8
Gambar 2. 2 Karakteristik Panel Surya	10
Gambar 2. 3 Sel Surya MonoCrystalline	13
Gambar 2. 4 Sel Surya PolyCrystalline	14
Gambar 2. 5 Sel Surya Amorphous	14
Gambar 2. 6 Sel Surya Gallium Arsenide	15
Gambar 2. 7 Solar Charge Controller	16
Gambar 2. 8 Baterai.....	20
Gambar 2. 9 Baterai Asam	21
Gambar 2. 10 Baterai Alkali.....	22
Gambar 2. 11 Proses pengosongan dan pengisian baterai	23
Gambar 2. 12 Motor AC.....	24
Gambar 2. 13 Inverter.....	26
Gambar 2. 14 Struktur Inverter Sederhana.....	28
Gambar 2. 15 Lux Meter	29
Gambar 2. 16 Arduino Uno	31
Gambar 2. 17 Sensor Ultrasonik	32
Gambar 2. 18 RFID	33
Gambar 3. 1 Blok Diagram Rangkaian.....	41
Gambar 3. 2 Rangkaian Keseluruhan Alat	43
Gambar 3. 3 Flowchart Penelitian	44
Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Alat	44
Gambar 4. 2 Tegangan, Arus, dan Intensitas Cahaya Matahari Pada Panel Surya Tanpa Beban.....	46
Gambar 4. 3 Grafik Intensitas Cahaya Matahari Hari Pertama.....	47
Gambar 4. 4 Grafik Tegangan, Arus dan Daya Pada Panel Surya Tanpa Beban ..	47
Gambar 4. 5 Tegangan, Arus, dan Intensitas Cahaya Matahari Pada Panel Surya Tanpa Beban.....	50
Gambar 4. 6 Grafik Intensitas Cahaya Matahar Hari Kedua.....	51
Gambar 4. 7 Grafik Teganga,Arus dan Daya Pada Panel Surya Tanpa Beban	51

Gambar 4. 8 Tegangan, Arus dan Intensitas Cahaya Matahari Pada Panel Surya Tanpa Beban.....	55
Gambar 4. 9 Grafik Intensitas Cahaya Matahar Hari Ketiga.....	55
Gambar 4. 10 Grafik Teganga,Arus dan Daya Pada Panel Surya Tanpa Beban ...	56
Gambar 4. 11 Tegangan dan Arus Pada Inverter.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan beberapa jenis panel surya.....	15
Tabel 2. 2 Spesifikasi Solar Charger Controller.....	16
Tabel 2. 3 Spesifikasi Baterai.....	23
Tabel 3. 1 Bahan dan Alat yang digunakan.....	35
Tabel 3.2 Spesifikasi Panel Surya.....	37
Tabel 3.3 Spesifikasi SCC Yang Digunakan.....	39
Tabel 3.4 Spesifikasi Baterai Yang Digunakan.....	39
Tabel 3.5 Spesifikasi Inverter.....	40
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Beban Hari Pertama.....	45
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Beban Hari Kedua.....	49
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Beban Hari Ketiga.....	53
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Beban Motor Synchronous.....	58
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Beban Motor Synchronous.....	62
Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Beban Motor Synchronous.....	67
Tabel 4. 7 Rata-rata percobaan.....	71
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Keluaran Inverter Ke Beban.....	72
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Pengisian Baterai.....	75
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Ketahanan Baterai Terhadap Beban.....	75

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada saat ini lebih dari 80% kebutuhan energi dunia dipenuhi dari sumber energi fosil (minyak bumi, gas alam, dan batu bara). Adanya Revolusi industri yang semakin berkembang mengakibatkan jumlah pasokan energi konvensional semakin menipis sehingga tarif-tarif pemakaian energi seperti tagihan listrik meningkat, ditambah peralatan-peralatan yang dibutuhkan sekarang menggunakan pemakaian listrik yang besar. Oleh karena itu dibutuhkan sumber energi cadangan untuk meminimalisir penggunaan energi konvensional dengan memanfaatkan energi yang tersedia tetapi ramah lingkungan. Indonesia merupakan negara beriklim tropis yang mempunyai sumbangsih energi cahaya matahari yang berpotensi untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTs) dalam skala besar sehingga dapat menggantikan pemakaian energi konvensional yang tidak ramah lingkungan dan ketersediaannya yang terbatas. Penggunaan energi matahari oleh photovoltaic menawarkan sumber energi yang ramah lingkungan. Faktor yang harus diperhatikan sebelum melaksanakan sumber energi terbarukan adalah mengukur secara akurat potensi sumber daya yang tersedia antara lain intensitas cahaya matahari (Rimbawati 2018). Dalam penggunaan photovoltaic, besar daya keluaran yang dihasilkan dari proses konversi cahaya matahari menjadi listrik ditentukan oleh beberapa kondisi lingkungan dimana sebuah photovoltaic ditempatkan. Seperti intensitas cahaya matahari, suhu, arah datangnya sinar matahari dan spektrum cahaya matahari (Effendy, 2022).

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

Konversi energi merupakan suatu proses perubahan dimana bentuk energi dari yang satu menjadi bentuk energi lain yang dibutuhkan. Pernyataan tersebut mengartikan bahwa untuk memperoleh suatu bentuk energi, perlu adanya energi lain yang dikonversikan menjadi energi yang dibutuhkan tersebut. Salah satu contohnya untuk mendapatkan energi listrik yang tidak dapat diperoleh secara langsung, tetapi ada proses konversi energi sebelum energi listrik tersebut didapat untuk dimanfaatkan sebagai alat yang berguna bagi manusia seperti pemanfaatan panel surya pada pintu garasi otomatis.

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

Saat ini juga terdapat istilah smart home yang merupakan istilah untuk rumah modern yang dimana memiliki pengembangan sistem kendali otomatis yang diterapkan. Salah satu sistem otomatisasi yang dapat diterapkan di rumah adalah membuka dan menutup pintu garasi secara otomatis. Penelitian ini bertujuan membuat prototype mengenai sebuah sistem kendali yang bisa dikendalikan melalui aplikasi yang terdapat pada smartphone, melalui pengembangan sistem kendali ini diharapkan dapat mempermudah untuk membuka dan menutup pintu garasi dari jarak tertentu tanpa harus berinteraksi langsung. Alat yang akan dikembangkan menggunakan sebuah pengendali yaitu Mikrokontroler yang merupakan perangkat sistem komputer yang digunakan untuk pengontrolan sistem (Al Rizqi et al., 2021).

Pada penelitian ini bertujuan membuat prototype mengenai sebuah sistem kendali otomatis pada pintu garasi menggunakan panel surya. Alat ini diharapkan dapat memberikan kemudahan dalam menutup dan membuka pintu garasi tanpa harus melakukan kontak langsung. Maka dari itu peneliti mengangkat judul “Perancangan Prototype Panel Surya Pada Pintu Garasi Otomatis”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang akan dibahas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perancangan panel surya pada pintu garasi otomatis ?
2. Bagaimana hasil pemanfaatan panel surya pada pintu garasi otomatis ?
3. Bagaimana karakteristik komponen pembangkit listrik tenaga surya pada pintu garasi otomatis?

1.3 Tujuan Penelitian

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

1. Merancang panel surya pada pintu garasi otomatis.
2. Mengetahui hasil pemanfaatan energi panel surya pada pintu garasi otomatis.
3. Mengetahui karakteristik komponen pembangkit listrik tenaga surya pada sistem pintu garasi otomatis.

1.4 Ruang Lingkup

Dalam hal ruang lingkup penelitian, dapat dilihat sebagai berikut :

1. Pada perancangan alat ini tidak membahas tentang pemrograman sistem kontrol pintu garasi otomatis.
2. Membahas mengenai pengukuran tegangan keluaran peralatan pada pembangkit listrik tenaga surya kapasitas 50 Wp dengan sistem solar charge.
3. Membahas tentang karakteristik pembangkit listrik tenaga surya yang digunakan yaitu: fotovoltaik, solar charge controller (scc), baterai dan inverter.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Untuk memperkenalkan kepada mahasiswa teknik elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara tentang monitoring kinerja pada suatu sistem, dalam hal ini terkhusus pada photovoltaic.
2. Dapat menerapkan pembangkit listrik yang hemat energi dan ramah lingkungan.
3. Membantu pemerintah dalam memperkenalkan tentang energi terbarukan.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam perancangan PLTS ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian dan struktur dari langkah-langkah pengujian.

BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian serta penyelesaian masalah yang terdapat didalamnya.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian dan penulisan tugas akhir saya ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Energi panas matahari sangat melimpah di daerah yang memiliki iklim tropis seperti di Indonesia yang selalu disinari Matahari sepanjang tahun. Hal itu menjadi sumber energi yang sangat berpotensi untuk dikembangkan. Salah satu contohnya pemanfaatan energi matahari untuk menghasilkan energi listrik yang sering disebut dan lebih dikenal oleh masyarakat yaitu solar cell. Solar cell dalam menghasilkan energi masih dalam jumlah yang tidak terlalu besar. Di Indonesia sudah tersedia Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang biasa digunakan untuk listrik di pedesaan terpencil, system seperti ini biasa disebut dengan sebutan SHS (Solar Home System). Umumnya SHS itu berupa system berskala kecil, dengan menggunakan modul surya 50-100 Wp (Watt peak) dan menghasilkan listrik harian sebesar 150-300 Wh (Dzulfikar & Broto, 2016).

Kebutuhan akan sumber energi pada saat ini sangatlah mendesak dibutuhkan berbagai macam produk yang mendukung kinerja dari manusia saat ini semuanya menggunakan tenaga listrik. Pada dewasa ini semakin banyak dikembangkan sumber tenaga atau sumber energi alternative. salah satunya adalah menggunakan tenaga matahari. Banyak dibangun modul-modul solar sel yang dapat menyerap energi matahari dan merubahnya menjadi sumber listrik atau energi yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Martawati, 2018).

Modul sel surya merupakan gabungan sel surya yang berfungsi merubah energi surya menjadi energi listrik. Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi listrik dapat dihasilkan menggunakan panel fotovoltaik atau pemusatan sinar surya. Oleh karena itu, untuk mendapatkan efisiensi maksimum dari cahaya matahari, maka panel surya harus selalu dalam posisi menghadap arah cahaya matahari. Dengan pengetahuan rotasi bumi, maka letak matahari tidak selalu sama setiap waktu. Pada waktu tertentu, matahari berada di belahan bumi utara, terkadang pula berada di belahan bumi selatan ataupun di garis khatulistiwa. Sehingga mengakibatkan sel

surya tidak mampu menyerap energi matahari secara maksimal karena perubahan posisi matahari di setiap waktunya. Untuk mendapatkan efisiensi maksimum, maka panel surya harus mengikuti pergerakan matahari. Posisi sel surya terhadap matahari harus dikendalikan secara otomatis berdasarkan arah matahari dengan menggunakan penggerak modul sel surya menggunakan teknologi sistem instrumentasi mikrokontroler(Hidayati et al., 2020).

Pada saat sekarang dunia elektronika dan kontrol mengalami kemajuan yang sangat pesat dan begitu cepat mengalami revolusi melalui sarana atau medianya. Teknologi elektronika juga turut memberikan semacam kontribusi bagi kehidupan manusia dengan adanya perkembangan yang sangat pesat pada bidang ini. Berbagai jenis peralatan yang telah dibuat oleh manusia untuk memenuhi keinginan dan kebutuhan dalam menjalankan segala aktivitas, dimana peranan peralatan elektronika cukup penting dalam perkembangan teknologi. Pada saat ini bidang elektronika sangat dibutuhkan sebab didalam bidang ini terdapat beberapa sistem yang dapat membantu mempermudah pekerjaan manusia, salah satunya pengendali pintu gerbang dan garasi secara otomatis. Dalam upaya mendukung kemudahan-kemudahan itu, ilmu dan teknologi berperan sangat penting(Suhartini, 2017).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Zanofa et al., 2020) dengan judul Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3. Jurnal ini membahas tentang Penguasaan ilmu dan teknologi diperlukan untuk kemajuan dalam berbagai bidang yang pada akhirnya dapat dimanfaatkan secara tepat dan berguna setiap aktivitas manusia yang salah satunya dalam pengoperasian pintu gerbang. Permasalahan pada penelitian bahwa pengoperasian pintu gerbang masih dilakukan secara manual dimana membuka dan menutup pintu masih didorong sehingga sistem gerbang belum efektif seperti halnya pada penelitian terdahulu.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Nugroho & Lutfiani, 2022) dengan judul Rancang Bangun Penerapan Modul Node Mcu Sebagai Kontrol Pintu Garasi.Jurnal ini membahas tentang garasi adalah tempat atau ruangan untuk menyimpan mobil dan perlengkapan lainnya,agar terhindar dari pencurian dan melindungi mobil dari cuaca terik matahari ataupun air hujan yang dapat merusak kendaraan.Pintu garasi yang ada sekarang ini kebanyakan pengoperasiannya masih secara manual.Seiring

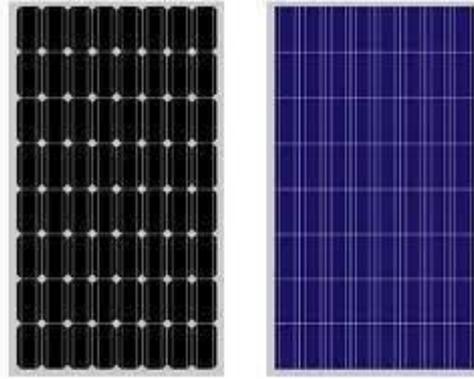
dengan berkembangnya teknologi, banyak cara yang dapat dilakukan untuk mempermudah manusia dalam melakukan berbagai aktivitas.

Untuk membuat alat ini agar dapat beroperasi sebagaimana semestinya, maka terlebih dahulu mempelajari dan mengetahui teori-teori dasar dari peralatan atau komponen yang akan dipergunakan.

2.2 Panel Surya(Solar Cell)

Panel surya adalah benda yang terbuat dari sel surya yang menghasilkan listrik dari cahaya. Matahari adalah sumber cahaya paling kuat yang dapat digunakan, itulah sebabnya mereka juga dikenal sebagai perangkat surya, matahari, atau "sol". Panel surya sering disebut sel photovoltaic, photovoltaic dapat diartikan sebagai "lampu listrik". Efek fotovoltaiik diperlukan sel surya untuk menyerap energi. Sel surya, dalam bentuknya yang paling dasar, adalah bahan semikonduktor yang dapat menyerap foton dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Bahan penyusun sel surya ini adalah potongan silikon yang sangat kecil yang telah dilapisi dengan bahan kimia khusus.

Sel Surya atau Photovoltaic (PV) adalah suatu perangkat yang mampu mengubah energi matahari langsung menjadi energi listrik. PV telah menjadi pilihan utama karena sumbernya yang melimpah dan gratis. Matahari sebagai sumber energi memiliki keterbatasan hanya dapat dipanen pada waktu siang hari. Kekurangan ini dapat diatasi dengan sistem penyimpanan seperti baterai. Sel Surya generasi pertama yang umum digunakan saat ini adalah Photovoltaic cell berbasis silikon. PV Silikon merupakan material semikonduktor yang mampu merubah langsung energi surya menjadi energi listrik(Hayat et al., 2022).



Gambar 2. 1 Panel Surya

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 dibawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n dengan kelebihan electron (Setiawan, 2017).

Sebelum sampai ke permukaan bumi, radiasi matahari yang berada di luar atmosfer, disebut juga tetapan radiasi matahari, yang bermassa 1353 W/m^2 , telah berkurang sebagian intensitasnya oleh penyerapan dan pemantulan atmosfer. Sementara karbon dioksida dan uap air menyerap sebagian radiasi bumi yang langsung atau dipantulkan oleh penyerapan ini, ozon di atmosfer menyerap radiasi dengan panjang gelombang pendek (ultraviolet). Namun, masih ada radiasi yang dihamburkan oleh molekul-molekul gas, debu, dan uap air di atmosfer sebelum mencapai Bumi dan dikenal sebagai radiasi sebaran.

Untuk mengetahui daya (P) input sel surya adalah mempunyai radiasi (G) dan luas panel surya (A) yang digunakan, maka dapat didefinisikan adalah :

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

Dimana:

P_{in} = Daya Input (W)

G = Irradiasi Matahari (W/m^2)

A = Luas Panel Surya

Sedangkan Daya Output (P_{output}) sel surya dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut:

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

Dimana:

P_{out} = Daya Output (W)

V = Tegangan Output (Volt)

I = Arus Output (Ampere)

Efisiensi (η) sel surya dapat diketahui ketika adanya Daya Input (P_{input}) dan Daya Output (P_{output}), dengan dapat dibuatkan rumus sebagai berikut:

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

Dimana:

η = Efisiensi (%)

P_{input} = Daya Input (Watt)

P_{output} = Daya Output (Watt)

2.2.1 Sejarah Panel surya

Sejarah perkembangan industri “Photovoltaic” (PV) telah berjalan sekitar 50 tahun, dan telah banyak pula penelitian dilakukan dengan harapan suatu saat dapat menghasilkan sel surya yang dapat memecahkan problem kebutuhan tenaga listrik yang ramah terhadap lingkungan hidup di seluruh lapisan dunia ini.

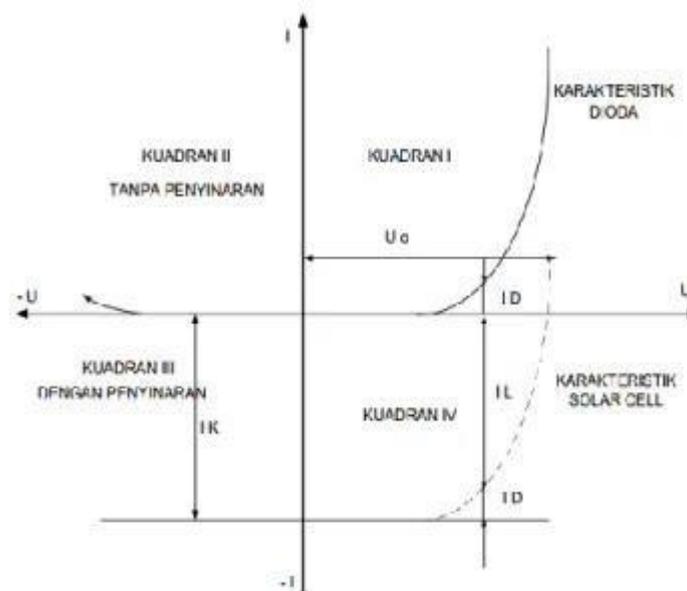
Pada awal abad 20, Albert Einstein menamakan penemuan peristiwa listrik alami ini dengan sebutan “Photoelectric Effect” yang kemudian merupakan pengertian dasar pada “Photovoltaic Effect”. “Photoelectric Effect” didapat dari pengamatan Einstein pada selempeng metal yang melepaskan “Photon” partikel energi cahaya ketika terkena sinar matahari. Photon-photon terus menerus mendesak

atom-atom metal dan terjadi partikel “Energi Photon” bersifat gelombang energi cahaya. Tahun 1950 - 1960, teknologi disain dan efisiensi sel surya terus berlanjut dan di aplikasikan ke pesawat ruang angkasa (photovoltaic energies).

Tahun 1970 an, dunia menggalangkan sumber energi alternatif yang “renewable” dan ramah lingkungan, maka photovoltaic mulai diaplikasikan ke “low power warning 6 systems” dan “offshore buoys” (tetapi produksi photovoltaic tidak dapat banyak karena masih “handmade”). Baru pada tahun 1980 an, perusahaan-perusahaan photovoltaic bergabung dengan instansi energi pemerintah agar dapat lebih memproduksi photovoltaic sel dalam jumlah besar, sehingga harga per sel-surya dapat lebih ditekan serendah mungkin.

2.2.2 Karakteristik Solar Cell

Sel surya seperti dioda penyearah setengah gelombang permukaan tanpa kondisi penyinaran. Seperti yang terlihat di bawah ini, ketika sel surya dinyalakan, arus stabil akan mengalir dalam arah yang berlawanan dari arus dioda.



Gambar 2. 2 Karakteristik Panel Surya

Seperti yang terlihat pada gambar di atas, grafik sel surya tidak tergantung pada jenis dioda. Jika kuadran IV dilihat, tiga poin penting berikut akan ditemukan:

- a. Tegangan beban nol yang tercatat tanpa beban dan tanpa gangguan penyinaran

- b. Ketika sel dihubungkan pendek, arus hubung singkat diukur, dan dalam hal ini, berbanding lurus dengan intensitas radiasi.
- c. Titik daya maksimum sel surya atau MPP, ditentukan oleh hasil pengukuran arus dan tegangan yang dilakukan di setiap lokasi.

Listrik yang dihasilkan oleh sel surya dalam situasi ini adalah nol. Titik Daya Maksimum MMP, yang dalam praktiknya selalu dalam praktik dan yang selalu diupayakan agar konsumsi didasarkan pada titik MMP, adalah titik di mana daya sel surya mencapai tingkat tertinggi. Jika resistansi pengguna RL dan resistansi sel surya memenuhi persamaan berikut, konversi energi dari sel surya ke konsumen akan mencapai maksimum:

$$RL = R_i$$

Keadaan ini pada teknik listrik disebut istilah beban pas. dengan bantuan pengubah tegangan searah khusus atau sering disebut MPT Maximum Power Tracker memungkinkan beban pas ini tercapai.

2.2.3 Prinsip Kerja Panel Surya

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan Photon. Pada sel surya terdapat sambungan junction antara dua lapis tipis yang terbuat dari bahan semikonduktor yang masing-masing diketahui sebagai semikonduktor jenis P positif dan semikonduktor jenis N negative. Semikonduktor jenis N dibuat dari Kristal silicon dan terdapat juga sejumlah material lain (umumnya fosfor) dalam batasan batasan bahwa material tersebut dapat memberikan suatu kelebihan electron bebas. Electron adalah partikel sub atom yang bermuatan negative, sehingga silicon paduan dalam hal ini disebut sebagai semikonduktor jenis N negative. Semikonduktor jenis P juga terbuat dari Kristal silicon yang didalamnya terdapat sejumlah kecil materi lain umumnya boron yang mana menyebabkan material tersebut kekurangan satu electron bebas. Kekurangan atau hilangnya electron ini disebut lubang hole, Karena tidak ada atau kurangnya electron yang bermuatan listrik negative maka silicon paduan dalam hal ini sebagai semikonduktor jenis P. Beberapa sel surya diparalelkan untuk

menghasilkan arus listrik yang lebih besar. Kaki atau kutub negative panel satu dan lainnya juga dihubungkan. Ujung kaki positif panel surya dihubungkan. Ujung kaki positif panel surya dihubungkan ke kaki positif charge controller, dan kaki negative panel surya dihubungkan ke kaki negative charge controller. Tegangan panel 16 surya yang dihasilkan akan digunakan oleh charge controller untuk mengisi baterai. Untuk menghidupkan beban perangkat AC alternating current seperti televisi, radio, computer dan lain-lain, arus baterai disupply oleh inverter.

Secara umum struktur sel surya terdiri dari beberapa lapisan tipis yaitu lapisan elektroda belakang (back contact), lapisan absorber tipe-p, lapisan transparan tipe-n dan lapisan elektroda depan (front-contact). Untuk kerja dari sel surya ditunjukkan dengan memperhatikan parameter efisiensi. Untuk menunjukkan unjuk kerja sel surya, efisiensi tergantung pada spektrum dan intensitas pancaran cahaya matahari dan suhu sel surya. Oleh karena itu kondisi tersebut harus diperhatikan, jika ingin membandingkan unjuk kerja dari satu sel surya dengan sel surya lainnya. Sel surya yang digunakan untuk aplikasi terrestrial, diukur berdasarkan kondisi pada spektrum AM 1,5 pada suhu 250. Cara kerja sel surya sendiri sebenarnya identik dengan piranti semikonduktor 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)

2.2.4 Jenis-Jenis Panel Surya

Solar cell merupakan komponen vital yang umumnya terbuat dari bahan semikonduktor. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh satu solar cell sangat kecil maka beberapa solar cell harus digabungkan sehingga terbentuklah satuan komponen yang disebut modul. Daya yang dihasilkan semakin besar jika radiasi dan luas permukaan lebih besar, sedang kenaikan suhu mengakibatkan penurunan daya. Karena itu, pada saat pemasangan panel perlu diperhatikan untuk menyediakan jarak dengan atap agar udara dapat bersirkulasi di bawah panel (efek pendinginan). Panel Surya type terbaru mempunyai daya 130 Wattpeak/m². Menurut Irwan

Heryanto/Eryk, dkk (2020) Berdasarkan pada tipe bahan solar cell nya, modul surya yang umum dipakai dikategorikan kedalam 3 tipe dengan efisiensi konversinya yaitu perbandingan antara daya yang dihasilkan modul surya dengan radiasi matahari yang ditangkap modul surya dalam satuan (%):

2.2.4.1 Type MonoCrystalline

Type MonoCrystalline terbuat dari silikon kristal tunggal, efisiensi konversi paling tinggi(12%-18%). Secara visual dapat dilihat dimana warna solar cell merata. Harga tipe modul ini relatif paling mahal. . Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari nya kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.



Gambar 2. 3 Sel Surya MonoCrystalline

2.2.4.2 Type PolyCrystalline

Type PolyCrystalline terbuat dari silicon kristal banyak (Poly), saat ini paling banyak dipakai, efisiensi lebih rendah dari monokristal tetapi lebih tinggi dari amorphous. (10%-15%). Secara visual dapat dilihat dimana warna permukaan solar cell tidak merata dan seragam, karena susunan pada kristalnya tertata secara acak. Harga tipe modul ini relatif lebih murah dari monokristal, tetapi tetap bisa menghasilkan energi listrik saat dalam kondisi mendung.



Gambar 2. 4 Sel Surya PolyCrystalline

2.2.4.3 Type Amorphous

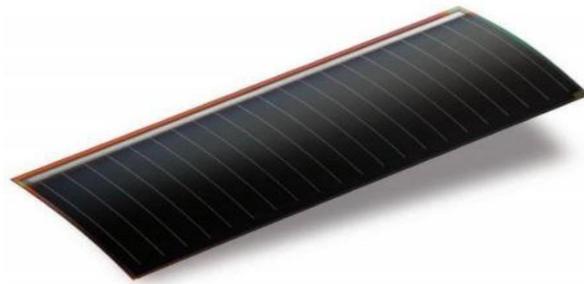
Type Amorphous terbuat dari silikon yang tidak terbentuk kristalnya, oleh karenanya disebut juga sebagai non kristalin. Secara visual tipe modul surya ini dapat dilihat dari solar cell nya yg berupa lembaran (sheet, dan bukan kotak-kotak kecil seperti tipe kristalin) dan juga dari ukuran fisiknya. Karena efisiensi konversinya yang rendah (paling rendah diantarakedua tipe di atas berkisar 8%-12%), maka ukuran modul surya tipe ini hampir dua kali lipat dari ukuran modul surya kristalin dengan kapasitas yang sama. Beberapa tahun yang lalu tipe ini ditinggalkan para pemakainya karena ketidakstabilan keluarannya apabila terkena matahari langsung. Belakangan beberapa produsen meng-klaim bahwa teknologi amorphous telah diperbaiki dan dapat menghasilkan listrik yang lebih stabil. Tipe ini paling murah di antara dua tipe lainnya.



Gambar 2. 5 Sel Surya Amorphous

2.2.4.4 Gallium Arsenide (GAAS)

Tipe panel dengan sel GaAs memiliki harga yang cukup mahal, dan hanya digunakan untuk industri tertentu dan luar angkasa. Rekor efisiensi tertinggi pada panel ini adalah 28.8%.



Gambar 2. 6 Sel Surya Gallium Arsenide

Berikut adalah tabel perbandingan beberapa jenis panel surya :

Tabel 2. 1 Perbandingan beberapa jenis panel surya

	Efesiensi Perubahan Daya	Daya Tahan	Biaya	Keterangan	Penggunaan
Mono	Sangat Baik	Sangat Baik	Baik	Kegunaan Pemakaian Luas	Sehari-hari
Poly	Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Cocok untuk produksi massal di masa depan	Sehari-hari
Amorphous	Cukup Baik	Cukup Baik	Baik	Bekerja baik dalam pencahayaan fluorescent	Sehari-hari & perangkat komersial (kalkulator)
Compound (GaAs)	Sangat Baik	Sangat Baik	Cukup Baik	Berat & Rapuh	Pemakaian di luar angkasa

2.3 Solar Charger Controller

Perangkat elektronik yang disebut pengontrol muatan, juga disebut pengatur baterai, digunakan untuk mengontrol arus searah yang dimasukkan ke dalam baterai dan ditarik dari baterai ke beban. Pengisian baterai yang berlebihan dan kelebihan tegangan panel surya juga dikendalikan oleh regulator baterai. Keuntungan lain menggunakan peralatan ini adalah untuk memeriksa suhu baterai dan mencegah kelebihan muatan dan pengosongan penuh. Masa pakai baterai dapat dipersingkat dengan pengisian daya yang berlebihan dan kelebihan voltase. Dioda pelindung yang terpasang pada pengatur baterai menghentikan arus DC dari baterai mengalir kembali ke panel surya.

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 et al., 2021)



Gambar 2. 7 Solar Charge Controller

2.3.1 Spesifikasi Solar Charger Controller

Tabel 2. 2 Spesifikasi Solar Charger Controller

Beban Max	10A (120 Watt for DC 12V)
Beban Max input	42 V
Float Charge	14.4 V
Rated Voltage	12 V
Charge Disconnect	10,7 V
Charge Reconnect	12,6 V
Equalization Voltage	14,4 V (PWM) 5V DC USB port output at 2.5A
Ukuran	P 133,5mm x L 70mm x T 35mm
Berat	165 gram

Fungsi dari charge controller antara lain:

1. Mengatur arus pengisian baterai untuk mencegah overcharging dan over-voltage. Saat baterai terisi penuh, listrik modul surya tidak lagi dialirkan ke baterai; sebaliknya, saat daya baterai kurang dari 30%, pengontrol pengisian daya akan mengisi daya baterai hingga terisi penuh. Selama modul surya dapat mengolah energi matahari yang cukup dan matahari bersinar, maka proses pengisian baterai dan modul surya melalui charge controller akan terus berlangsung secara otomatis. Untuk mencegah agar baterai tidak kelebihan muatan oleh modul surya, charge controller juga berfungsi sebagai pelindung baterai.
2. Mengatur arus yang dilepaskan atau diambil dari baterai untuk mencegah kelebihan beban dan pengosongan penuh.
3. Memeriksa suhu baterai Pengontrol muatan biasanya memiliki tiga output: satu output dua terminal yang terhubung ke baterai atau baterai, satu output dua terminal yang terhubung ke beban, dan satu input dua terminal yang terhubung ke output panel sel surya. Karena biasanya dioda pengaman hanya mengalirkan listrik DC dari panel surya ke baterai dan tidak sebaliknya, maka arus listrik DC dari baterai tidak bisa masuk ke panel surya.

Berikut ini Hal – hal yang harus diperhatikan pada Charge Controller yaitu :

A. Charging Mode

Mengisi baterai (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau baterai penuh.

Pada charging mode umumnya baterai diisi dengan metoda three stage charger :

1. Fase bulk: baterai akan di charge sesuai dengan tegangan setup bulk antara 14,4 – 14,6 volt dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (bulk) dimulailah fase absorption.
2. Fase absorption: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan bulk, sampai solar charger controller timer umumnya satu jam tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.

3. Fase float : baterai akan dijaga pada tegangan float setting umumnya 13,4 – 13,7 volt. Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya pada stage ini.

B. Operation Mode

Penggunaan baterai ke beban pelayanan baterai ke beban diputus atau baterai sudah mulai kosong. Apabila penggunaan baterai berlebih ataupun over discharge . maka baterai akan dilepas dari beban . Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai. Untuk solar charger controller yang dilengkapi dengan sensor temperature baterai. tegangan charging disesuaikan dengan temperature dari baterai dengan sensor ini didapatkan optimum dari charging dan juga optimum dari usia baterai. Apabila solar charger controller tidak memiliki sensor temperature baterai, maka tegangan charging perlu diatur, disesuaikan dengan temperature lingkungan dan jenis baterai.

Berikut adalah persamaan-persamaan yang berhubungan dengan Charge Controller:

1. Lama pengisian aki

$$T\alpha = \frac{Ah}{A}$$

Dimana :

$T\alpha$ = Lama nya pengisian arus (jam)

Ah = Besarnya kapasitas baterai (Ah)

A = Besarnya arus pengisian ke baterai (ampere)

2. Lama pengisian daya

$$Td = \frac{\text{daya Ah}}{\text{daya A}}$$

Dimana :

Td = Lamanya pengisian daya (jam)

Daya Ah = Besarnya daya yang dapat dari perkalian Ah dengan besar tegangan baterai (watt hours)

Daya A = Besarnya daya yang di dapat dari perkalian A dengan besar tegangan baterai (A)

2.3.2 Jenis-jenis Solar Charge Controller

1. MPPT (Maximum Power Point Tracking)

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)

Kelebihan MPPT :

- a. Memiliki efisiensi yang tinggi.
- b. Cocok digunakan untuk pemasangan panel surya dengan skala besar.
- c. Dapat mengambil mengambil daya maksimum dari PV.
- d. Ketika baterai dalam keadaan lemah, kinerjanya malah lebih baik.

2. PWM (Pulse Width Modulation)

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

Kelebihan PWM:

- a. Memiliki harga yang lebih ekonomis.
- b. Cocok digunakan untuk pemasangan panel surya dengan skala kecil.
- c. Ketika baterai dalam keadaan penuh, kinerjanya malah lebih baik.
- d. Lebih awat karena PWM menggunakan komponen yang lebih sedikit.

2.4 Baterai

Komponen yang digunakan untuk menyimpan listrik yang dihasilkan panel surya penyerap sinar matahari adalah baterai. Energi listrik yang tersimpan dalam baterai dapat digunakan untuk terus menyediakan energi listrik saat sinar matahari belum sepenuhnya terpancar, seperti saat langit mendung atau hujan dan saat malam hari. Baterai yang digunakan pada PLTS mengalami siklus pengisian dan pengosongan tergantung ada tidaknya sinar matahari. Panel surya menghasilkan listrik setiap kali ada sinar matahari. Jika panel surya menghasilkan daya lebih dari yang dibutuhkan, kelebihan daya disimpan di baterai. Sebaliknya, ketika kebutuhan energi listrik melebihi energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya, maka baterai dapat menyediakan cadangan energi untuk memenuhi kekurangan energi listrik. Ada dua jenis baterai isi ulang yang dapat digunakan dalam sistem PLTS yaitu baterai timbal-asam dan baterai nikel-kadmium. Jenis baterai NiCd ini lebih sedikit digunakan dalam sistem PLTS karena efisiensi yang rendah dan biaya baterai jenis ini yang lebih tinggi. Sementara itu, baterai jenis timbal-asam lebih banyak digunakan dalam sistem PLTS karena efisiensinya yang tinggi dan lebih murah dibandingkan baterai jenis NiCd.



Gambar 2. 8 Baterai

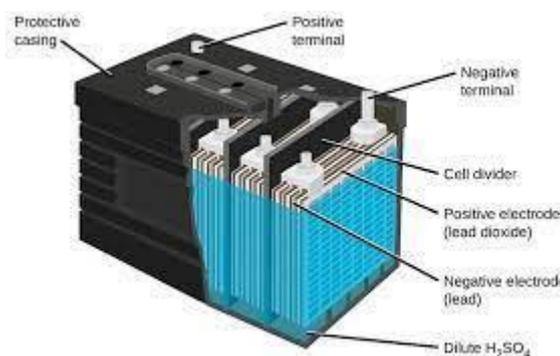
Listrik yang dihasilkan oleh sebuah baterai muncul akibat adanya perbedaan potensial energi listrik kedua buah elektrodanya. Perbedaan potensial ini dikenal dengan potensial sel atau gaya gerak listrik (ggl). Untuk melengkapi reaksi dalam sebuah baterai dibutuhkan media transfer muatan dan sirkuit luar 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.

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).

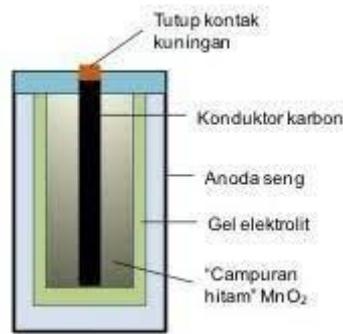


Gambar 2. 9 Baterai Asam

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.



Gambar 2. 10 Baterai Alkali

Baterai alkali merupakan jenis baterai yang paling sering digunakan. Jumlah pelat per sel, ukuran dan ketebalan pelat, kualitas elektrolit, dan umur baterai semuanya berdampak pada seberapa banyak bahan aktif pada pelat positif dan pelat negatif yang bereaksi. Kapasitas energi baterai diukur dalam jam ampere (Ah), di mana 100 Ah pada 12 volt sesuai dengan arus keluaran maksimum 5 ampere selama 20 jam pengoperasian. Jumlah sel baterai di dalam baterai kecil mempengaruhi tegangannya. Namun, arus hanya akan mengalir ketika baterai dihubungkan ke penghantar arus dan dibebani. Kapasitas baterai menunjukkan kapasitasnya untuk melepaskan arus dari waktu ke waktu. Kapasitas baterai menunjukkan berapa lama baterai dapat mengosongkan arus (discharge).

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) Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

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

Dimana :

N = kapasitas baterai aki

I = kuat arus (ampere)

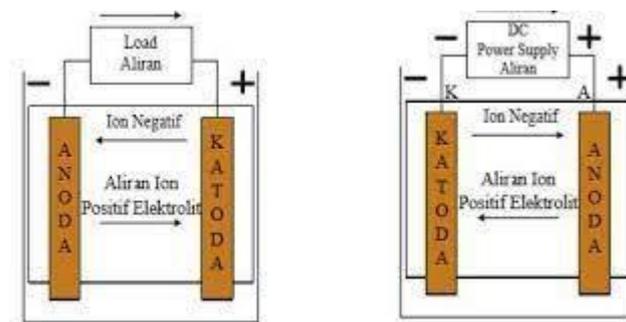
t = waktu (jam/sekon)

2.4.2 Prinsip Kerja Baterai

Baterai merupakan perangkat yang mampu menghasilkan tegangan Dc (Disc Current), yaitu dengan cara mengubah energi kimia yang terkandung didalamnya menjadi energi listrik melalui reaksi elektro kimia, Redoks (Reduksi-Oksidasi). Baterai terdiri dari beberapa sel listrik, sel listrik tersebut menjadi penyimpan energi

listrik dalam bentuk energi kimia. Sel baterai tersebut terdiri dari elektroda negatif dan elektroda positif. Elektroda negatif disebut katoda, yang berfungsi sebagai pemberi elektron. Elektroda positif disebut anoda, berfungsi sebagai penerima elektron. Antara anoda dan katoda akan mengalir arus yaitu dari kutub positif ke kutub negatif. Sedangkan elektron akan mengalir dari kutub negatif ke kutub positif.

1. Proses pengosongan pada sel berlangsung menurut gambar 2.11. 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 2.11 bawah 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 :
 - a. Aliran electron menjadi terbalik, mengalir dari anoda melalui power supply ke katoda.
 - b. Ion – ion negative mengalir dari katoda ke anoda.
 - c. Ion-ion positif mengalir dari anoda ke katoda jadi, reaksi kimia pada saat pengisian adalah kebalikan dari saat pengosongan.



Gambar 2. 11 Proses pengosongan dan pengisian baterai

2.4.3 Spesifikasi Baterai

Tabel 2. 3 Spesifikasi Baterai

Voltage	12 Volt
Capacity	7,5 Ah

Terminal Size	T11
Type Terminal	O
Weight	12,5 Kg

2.5 MOTOR AC

Motor induksi adalah jenis motor listrik AC yang sangat umum digunakan karena prinsip kerjanya mengandalkan induksi medan magnet dari stator ke rotor. Penamaannya berasal dari fakta bahwa motor ini menghasilkan gerakan rotor melalui induksi arus, bukan dengan sumber arus eksternal, melainkan karena perbedaan kecepatan relatif antara rotor dan medan magnet yang dihasilkan oleh stator. (Pawitra et al., 2022)

Motor AC beroperasi dengan mengubah arah arus listrik secara teratur pada interval waktu tertentu. Motor listrik AC terdiri dari dua komponen dasar: stator dan rotor.



Gambar 2. 12 Motor AC

Stator adalah komponen statis dalam motor AC, sedangkan rotor adalah komponen yang berputar untuk menggerakkan poros motor. Motor AC dapat mengatasi kerugian dengan menggunakan penggerak frekuensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sambil mengurangi daya yang digunakan. Motor induksi adalah jenis motor yang sangat populer di industri karena keandalannya dan kemudahan

perawatannya. Motor induksi AC juga terjangkau secara ekonomis, harganya sekitar setengah atau bahkan kurang dari harga motor DC, dan memberikan rasio daya terhadap berat yang tinggi, sekitar dua kali lipat dari motor DC.

2.5.1 Jenis-Jenis Motor AC

a) Motor Sinkron

Motor Sinkron adalah jenis motor AC yang beroperasi pada kecepatan tetap sesuai dengan frekuensi sistem tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya awalnya memiliki torsi yang rendah. Oleh karena itu, motor sinkron cocok untuk aplikasi awal dengan beban yang ringan, seperti kompresor udara atau dalam sistem yang memerlukan perubahan frekuensi dengan motor generator. Salah satu keunggulan motor sinkron adalah kemampuannya untuk meningkatkan faktor daya dalam sistem yang mengkonsumsi banyak daya listrik.

b) Motor Induksi

Motor induksi adalah jenis motor yang paling umum digunakan dalam berbagai peralatan industri. Keunggulan utamanya adalah desain yang sederhana, biaya yang terjangkau, serta ketersediaan yang luas. Motor induksi dapat dengan mudah dihubungkan langsung ke sumber daya AC. Komponen utama dari motor induksi terdiri dari dua bagian: rotor dan stator.

Rumus menghitung Rumus menghitung kecepatan sinkron, jika yang diketahui frekuensi dan jumlah kutub pada motor AC :

$$n_s = \frac{120.F}{P}$$

Dimana : n_s = Kecepatan sinkron motor

F = Frekuensi (hz)

P = Jumlah kutub motor

Menghitung arus/ampere motor ketika diketahui daya(watt), tegangan(volt), dan faktor daya($\cos \phi$) :

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \phi}$$

Dimana : P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

$I = \text{Arus (A)}$

$\text{Cos } \varphi = \text{Faktor Daya Menghitung Efisiensi daya}$

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

Dimana : $\eta = \text{Efisiensi}$

$P_{out} = \text{Daya keluar}$

$P_{in} = \text{Daya Masuk}$

2.6 Inverter

Inverter adalah rangkaian yang berfungsi untuk mengubah input tegangan arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC). Arus (AC) output tegangan dan frekuensi dapat diatur sesuai keinginan, bentuk gelombang persegi tegangan bolak-balik dan khususnya penggunaan filter yang diperlukan untuk menghasilkan bentuk gelombang sinusoidal, pengaturan tegangan yang bagus dapat dilakukan dengan dua cara, pertama, mengatur tegangan input DC dari luar untuk menjaga waktu penyalaaan tetap lebar, kedua, sifat lebar dc tegangan input hidup dan mati diatur tetap, umur peralatan dipengaruhi oleh kualitas tegangan arus bolak-balik yang dihasilkan, oleh inverter, inverter mengubah arus searah dari baterai menjadi tegangan arus balik 220 volt. (Evalina et al., 2022)



Gambar 2. 13 Inverter

Inverter adalah rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi tegangan AC. Lebih tepatnya, inverter memindahkan tegangan dari sumber tegangan DC ke beban tegangan AC. Sumber tegangan DC yang dapat digunakan oleh inverter termasuk

baterai, panel surya, dan sumber tegangan DC lainnya. Inverter dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori: square wave, modified sine wave, dan pure sine wave. (Purwoto et al., 2018)

2.6.1 Jenis-jenis Inverter

1. Square Wave

Jenis inverter paling dasar dapat menghasilkan tegangan 220V AC, 50 Hz akan tetapi kualitasnya sangat buruk, jadi hanya dapat digunakan pada alat listrik tertentu. Ini karena sifat output inverter ini adalah memiliki tingkat total distorsi harmonik yang sangat baik.

2. Modified Sine Wave

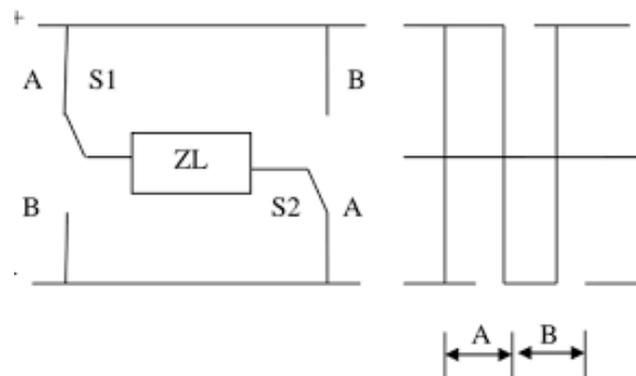
Modified Sine Wave sering disebut juga sebagai Modified Square Wave atau Quasy Sine Wave karena gelombangnya hampir identik dengan square wave. Perbedaannya terletak pada dalam modified sine wave, output sinyalnya mencapai titik 0 untuk sementara sebelum beralih ke nilai positif atau negatif. Selain itu, modified sine wave memiliki tingkat distorsi harmonik yang lebih rendah dibandingkan square wave. Oleh karena itu, jenis gelombang ini cocok digunakan untuk perangkat listrik seperti komputer, TV, dan lampu, meskipun tidak disarankan untuk perangkat yang sangat sensitif terhadap gangguan listrik.

3. Pure Sine Wave

Pure Sine Wave, atau sering disebut juga True Sine Wave, adalah jenis gelombang inverter yang hampir identik dengan gelombang sinusoida murni. Dengan tingkat distorsi harmonik total (THD) kurang dari 3%, inverter ini sangat cocok untuk digunakan dengan berbagai perangkat elektronik. Karena kemurniannya, inverter ini sering disebut sebagai sumber daya listrik yang bersih (clean power supply). Teknologi yang digunakan dalam jenis inverter ini umumnya disebut sebagai modulasi lebar pulsa (pulse width modulation, PWM), yang mampu mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang sangat mirip dengan gelombang sinusoida.

2.6.2 Struktur Inverter

Struktur inverter menunjukkan bahwa inverter dengan transistor yang menghasilkan arus bolak-balik (AC) dengan frekuensi sumber komersial, (50 Hz atau 60 Hz). Bagian pertama dari konverter sirkuit (yang mengubah sumber AC komersial menjadi sumber DC dan menghilangkan riak pada output DC). Sirkuit kedua adalah inverter yang mengubah arus searah menjadi arus bolak balik tiga fase dengan frekuensi beragam (dapat disesuaikan) , sirkuit ini disebut sirkuit primer, bagian ketiga adalah sirkuit kontrol yang berfungsi sebagai pengontrol dari sirkuit utama. Total gabungan dari rangkaian disebut inverter (Evalina et al., 2019)



Gambar 2. 14 Struktur Inverter Sederhana

Saat posisi S1 dan S2 di A, beban mendapatkan tegangan positif, sedangkan tegangan negatif didapat saat S1 dan S2 di posisi B. Dengan demikian pemindahan saklar (S1 dan S2) pada gilirannya akan menghasilkan tegangan bolak-balik yaitu kuadrat yang ditentukan oleh sumber, dan frekuensi ditentukan oleh sakelar kecepatan switching. Berdasarkan konfigurasi inverter dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu inverter setengah fase jembatan tunggal dan inverter jembatan fase tunggal. Sementara itu, berdasarkan jumlah fasa, inverter dapat dibagi menjadi 2 jenis serta inverter fase tunggal dan inverter tiga fase.

2.7 Lux Meter

Alat yang disebut lux meter digunakan untuk mengukur seberapa terang suatu tempat. Penting untuk memahami sejauh mana intensitas cahaya ini karena pada hakekatnya manusia juga membutuhkan pencahayaan yang memadai. Kita membutuhkan sensor yang sangat peka terhadap cahaya dan linier terhadap cahaya untuk mengukur besarnya intensitas cahaya ini.

Semakin jauh jarak antara sumber cahaya ke sensor maka akan semakin kecil nilai yang ditunjukkan lux meter. Ini membuktikan bahwa semakin jauh jaraknya maka intensitas cahaya akan semakin berkurang. Alat ini didalam memperlihatkan hasil pengukurannya menggunakan format digital yang terdiri dari rangka, sebuah sensor. Sensor tersebut diletakan pada sumber cahaya yang akan diukur intensitasnya.(Andriansyah, 2017)



Gambar 2. 15 Lux Meter

Adapun jenis – jenis lux meter yaitu :

a. Lux meter Analog

Lux meter analog ini menggunakan dua skala untuk mengetahui besarnya suatu intensitas cahaya. Terdapat kisaran skala 60 yang terletak diatas, kemudian skala 60 untuk yang terletak dibawah. Skala tersebut merupakan penentu besar kecilnya intensitas cahaya yang keluar bergantung pada skala yang digunakan.

b. Lux meter digital

Lux meter digital ini lebih banyak digunakan dikalangan masyarakat, karena alat ini dinilai lebih cepat dan praktis. Terdapat tiga range yang berbeda pada skala

pengukurannya, yakni A, B, dan C. Range yang digunakan akan berpengaruh pada pengukuran cahaya yang akan dihasilkan.

2.7.1 Fungsi Lux Meter

Sesuai dengan namanya, lux meter berfungsi sebagai pengukur intensitas cahaya yang tersebar dalam suatu tempat. Penciptaan alat ini dilatar belakangi oleh kesadaran kebutuhan cahaya yang berbeda – beda di tiap ruangan. Hal tersebut karena mata harus dengan jelas menangkap segala hal dengan baik yang nantinya digunakan untuk menunjang aktifitas kerja. Hampir semua lux meter terdiri dari rangka, sebuah sensor dengan sel foto, dan layer panel. Sensor diletakkan pada sumber cahaya. Cahaya akan menyinari sel foto sebagai energi yang diteruskan oleh sel foto menjadi arus listrik. Makin banyak cahaya yang diserap oleh sel, arus yang dihasilkan lebih besar.(Andriansyah, 2017)

Adapun bagian-bagian yang terdapat pada lux meter yaitu:

- Layar Panel

Layar panel yang terdapat di dalam alat ukur ini memiliki ukuran persegi yang tidak terlalu lebar. Fungsinya adalah untuk menampilkan hasil pengukuran yang sudah dilakukan menggunakan skala. Semakin besar angka yang muncul menandakan semakin besar pula cahaya yang ada di tempat tersebut, begitu juga sebaliknya semakin kecil angka yang muncul maka semakin kecil pula cahaya yang berada dalam tempat yang diukur.

- Tombol on/off

Setiap alat tentunya memiliki tombol off/on yang berfungsi untuk bisa menghidupkan dan mematikan, sehingga penggunaannya juga dapat lebih diatur. Selain itu, dengan adanya tombol dapat berguna untuk menghemat baterai yang ada pada alat tersebut, dan nantinya sama saja dengan menghemat listrik.

- Tombol Range

Tombol range adalah salah satu komponen yang sangat penting untuk digunakan dalam proses pengukuran. Hal itu dikarenakan tombol inilah yang nantinya akan menentukan jangkauan pengukuran hingga sebesar apa.

- Zero Adjust VR

Pada bagian ini berfungsi untuk mengatasi masalah alat yang berkaitan dengan pembagian tanda skala. Apabila terjadi error, Zero adjust VR mampu mengembalikannya seperti semula, namun artinya kita juga harus mengulang kembali proses pengukuran dari awal.

- Sensor Cahaya

Bagian yang satu ini memiliki peran yang paling penting karena digunakan untuk menangkap cahaya yang hendak diukur. Oleh karena itu pastikan untuk merawatnya dengan baik karena biasanya sensor cahaya tersebut memiliki layar yang sangat sensitif. Selain itu, jangan lupa juga untuk rutin membersihkannya menggunakan tisu atau kapas, dan pastikan agar tidak terkena air.

2.8 Arduino Uno

Arduino adalah sebagai sebuah platform dari physical computing yang bersifat open source. Disebut sebagai Platform karena, Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah suatu kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. Ada banyak projek dan alat- alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul- modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi (Saghoa et al., 2018).

Beberapa fitur utama dari Arduino Uno adalah:



Gambar 2. 16 Arduino Uno

- 14 pin input/output digital (di mana 6 dapat digunakan sebagai output

PWM)

- 6 input analog
- Resonator keramik 16 MHz
- Koneksi USB
- Jack daya
- Header ICSP

2.9 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sensor yang bekerja dengan prinsip pantulan gelombang suara dan biasanya digunakan mendeteksi keberadaan sebuah objek di depannya, frekuensi gelombang suara agar sensor bekerja adalah dari 40 sampai dengan 400 KHz. Sensor ini terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima.



Gambar 2. 17 Sensor Ultrasonik

Struktur dari unit pemancar dan unit penerima cukup sederhana, satu kristal piezoelectric terhubung dengan mekanik jangkar dan dihubungkan dengan diafragma penggetar. Tegangan bolak-balik ini mempunyai frekuensi kerja 40 sampai dengan 400 KHz. Struktur atom yang berasal dari kristal piezoelectric akan mengikat, menaik atau menurun terhadap polaritas tegangan yang diberikan, ini disebut dengan efek piezoelectric

2.10 Radio Frequency Identification (RFID)

Frequency Identification atau yang biasa disebut RFID merupakan teknologi identifikasi baru yang dalam pengoperasian identifikasi tersebut terjadi kontak antara transponder (tag) atau divais pembawa data dan reader (yang terhubung dengan sistem komputer) secara tidak langsung atau mekanik (dengan pengiriman gelom-

bang electromagnet).RFID (Radio Frequency Identification) adalah teknologi identifikasi berbasis gelombang radio. Teknologi ini mampu mengidentifikasi secara simultan tanpa diperlukan kontak langsung. RFID dikembangkan sebagai pengganti atau penerus teknologi barcode.

Sejarah perkembangan radio frequency identification (RFID) dimulai sejak tahun 1920, tetapi berkembang menjadi IFF transponder pada tahun 1939. Yang waktu itu berfungsi sebagai alat identifikasi pesawat musuh, dipakai oleh militer Inggris pada perang dunia II. Sejak tahun 1945 beberapa orang berfikir bahwa perangkat pertama RFID ditemukan oleh Leon Theremin sebagai suatu tool spionase untuk pemerintahan Rusia. RFID adalah sebuah teknologi yang menggunakan frekuensi radio untuk mengidentifikasi suatu barang atau manusia.(Rizal, 2019)



Gambar 2. 18 RFID

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Dalam penerapan tugas akhir ini dilaksanakan di Jl. Bilal Ujung Gang Krisna, Medan.

Perancangan dan pembuatan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) serta riset data terhadap tugas akhir ini berlangsung dimulai dari Februari 2023 sampai November 2023.

3.2 Bahan Dan Alat Penelitian

Pada tahap perancangan ini memerlukan beberapa alat dan bahan yang diperlukan antara lain:

3.2.1 Bahan Yang Digunakan

Adapun bahan yang dibutuhkan untuk melakukan tahap perancangan antara lain sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Bahan dan Alat yang digunakan

NO	Nama Alat	Jumlah	Unit
1	Solar Cell 50 Wp	1	Pc
2	SCC (Solar Charge Controler) 10 A	1	Pc
3	Baterai (Aki) 12 V	1	Pc
4	Motor AC 220 V	1	Pc
5	Kabel 1,5 mm	2	Meter
6	Besi Siku 25 mm	10	Meter
7	Terminal Blok	2	Pcs

NO	Nama Alat	Jumlah	Unit
8	Inverter 1000 watt	1	Pcs
9	Kotak akrilik	1	Pcs
10	Arduino Uno	1	Pcs
11	Kabel Tie	15	Pcs
12	Baut + Mur 4 mm	6	Pcs
13	Baut + Mur 6 mm	4	Pcs
14	Kawat Las	10	Batang
15	Rantai Sepeda	1	Pcs
16	Gear 4 cm	2	Pcs
17	Kontaktor	2	Pcs
18	MCB	2	Pcs

3.2.2 Alat Perancangan

Adapun beberapa alat yang digunakan untuk mempermudah proses perancangan dan perakitan diantaranya adalah sebagai berikut:

Adapun beberapa alat yang digunakan untuk mempermudah proses perancangan dan perakitan dapat dilihat dibawah ini.

1. Trafo Las 900 W

Untuk mengelas besi siku sebagai rangka dudukan panel surya pada penelitian.

2. Gerinda Tangan

Untuk Memotong besi bahan yang digunakan untuk perancangan.

3. Meteran

Untuk mengukur panjang bahan yang akan digunakan pada perancangan.

4. Multitester

Untuk mengukur dan mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan panel surya.

5. Solder

Untuk merekatkan kabel agar lebih erat agar tidak terjadi masalah pada sambungan kabel.

6. Tang Potong

Untuk memotong kabel yang akan digunakan dalam rangkaian.

7. Mesin Bor

Untuk membuat lubang baut pada besi rangka dan PLTS.

8. Obeng (+) (-)

Untuk mengencangkan atau membuka skrup yang digunakan.

9. Kunci Pas

Untuk mengunci baut pada rangka dan PLTS.

10. Lux Meter

Untuk mengukur intensitas cahaya matahari

Adapun komponen-komponen yang terpasang pada desain pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) serta fungsi setiap komponen terpasang pada gambar diatas adalah sebagai berikut:

1. Panel Surya

Penelitian kali ini menggunakan 1 unit panel surya berjenis *Polycrystalline*, yang berfungsi menyerap energi matahari yang kemudian akan dikonversikan menjadi energi listrik yang terlebih dahulu disimpan kedalam baterai melalui SCC.

Tabel 3 2 Spesifikasi Panel Surya

Model	: MS50P-30
Peak Power	: 50 Wp
Max. Power Volt (Vmp)	: 18 V
Max. Power Current (Imp)	: 2,78 A
Open Circuit Current (Vsc)	: 20,70 V

Short Circuit Current (Isc)	: 2,92 A
Power Tolerance	: ±5%
Max. System Voltage	: 1500 V DC
Series Fuse Rating (A)	: 10 A
Number By Pass Diode	: 1
Operating Temperature	: -40°C to + 85°C
Maximum System Voltage	: 1500 V DC
Ukuran Dimensi Panel	: P = 55 Cm L = 58 Cm

- Perhitungan Intensitas Matahari Pada Panel Surya

$$P = 50 \text{ Watt}$$

$$A = p \times l$$

$$= 55 \times 58 = 3190 \text{ cm}^2 \text{ atau } 0,3190 \text{ m}^2$$

Penyelesaian:

$$I = P / A$$

$$= 50,018 \text{ Watt} / 0,3190 \text{ m}^2$$

$$= 156,79 \text{ W/m}^2 \text{ atau } 0,15679 \text{ W/cm}^2$$

Dimana:

I = Intensitas Cahaya Matahari (W/m²)

P = Daya Panel Surya (Watt)

A = Luas Penampang Panel Surya (m²)

Jadi, setiap 1cm² penampang panel surya dapat menerima cahaya matahari sebesar 0,015679 W/cm².

- Perhitungan Efisiensi Panel Surya

$$P = 50,018 \text{ Watt}$$

$$A = 0,3190 \text{ m}^2$$

$$G = 1000 \text{ W/m}^2$$

Penyelesaian:

$$\eta = \frac{P}{G \times A} \times 100 \%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{50,018 \text{ watt}}{1000 \text{ w/m}^2 \times 0,3190 \text{ m}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,1567 \times 100\% \\
 &= 15,67\%
 \end{aligned}$$

Maka Efisiensi pada panel surya diatas adalah sebesar 15,67%

2. SCC (Solar Charge Controler)

Berguna mengatur arus serta tegangan dalam sistem panel surya yang bekerja berdasarkan mode yang disetting. Juga sebagai pengaman dan juga menjaga keawetan pada peralatan solar cell dalam proses kerjanya. Adapun spesifikasi SCC yang akan digunakan, sebagai berikut:

Tabel 3.3 Spesifikasi SCC Yang Digunakan

Rated Voltage	: 12 V
Rated Current	: 10 A
Max PV Voltage	: 42 V
Max PV Input Power	: 130w (12V)

3. Terminal Blok

Berfungsi sebagai penghubung antar komponen.

4. Kotak Akrilik

Berfungsi sebagai tempat pengontrolan dan pelindung agar komponen-komponen tertentu tidak terkena air ataupun panas matahari langsung.

5. Baterai

Berguna sebagai penyimpan energy yang diterima dari panel surya, yang selanjutnya energy didistribusikan untuk mengoperasikan beban. Adapun spesifikasi baterai yang digunakan, sebagai berikut:

Tabel 3.4 Spesifikasi Baterai Yang Digunakan

Standby Use	: 13,5-13,9 V
Cycle Use	: 14,5-14,9 V
Initial Current	: Less Thant 2,25 A
Kapasitas	: 7,5 Ah

6. Inverter

Berfungsi untuk mengubah arus DC menjadi arus AC adapun spesifikasi dari inverter yang digunakan, sebagai berikut:

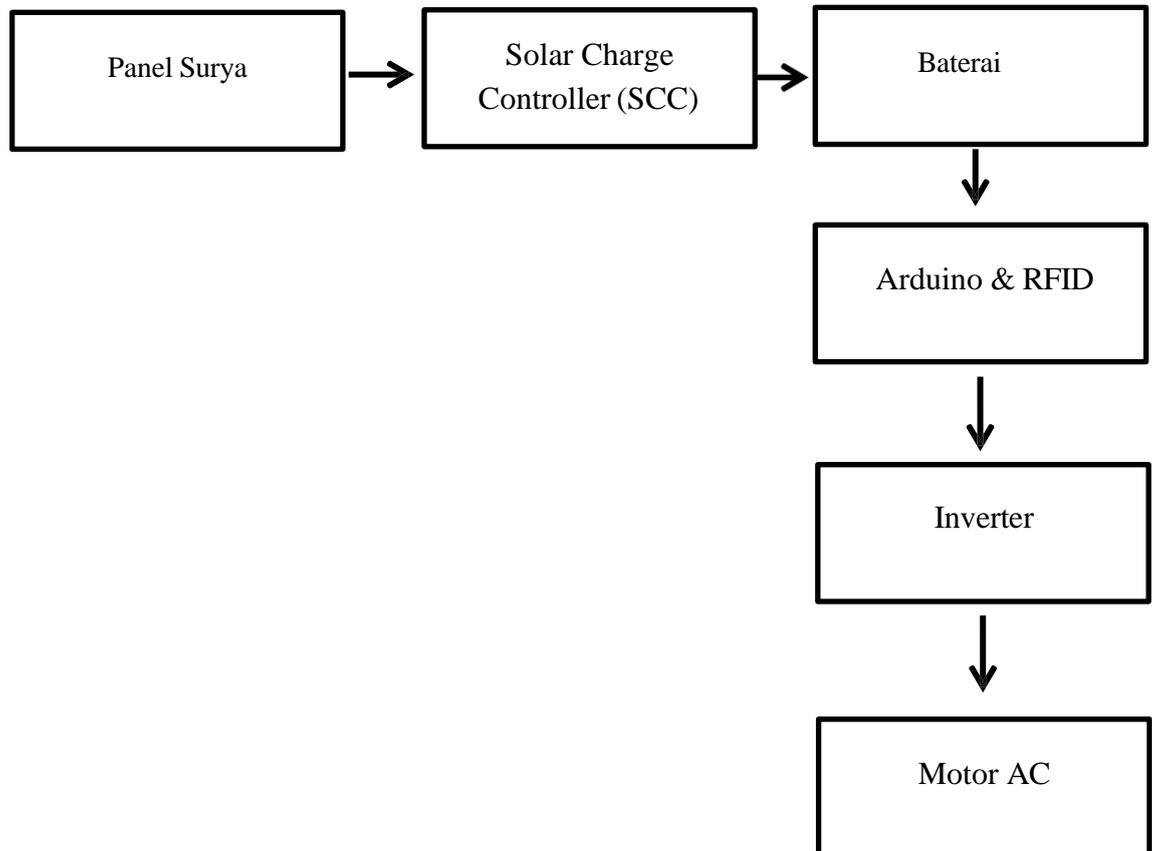
Tabel 3.5 Spesifikasi Inverter

Tegangan Input	: DC 12 V
Tegangan Output	: AC 220 V
Frekuensi	: 50 Hz
Efisiensi	: 95%

7. Kotak Arduino

Berfungsi sebagai sistem otomatisasi Pintu Garasi Otomatis.

3.3 Blok Diagram Rangkaian Alat



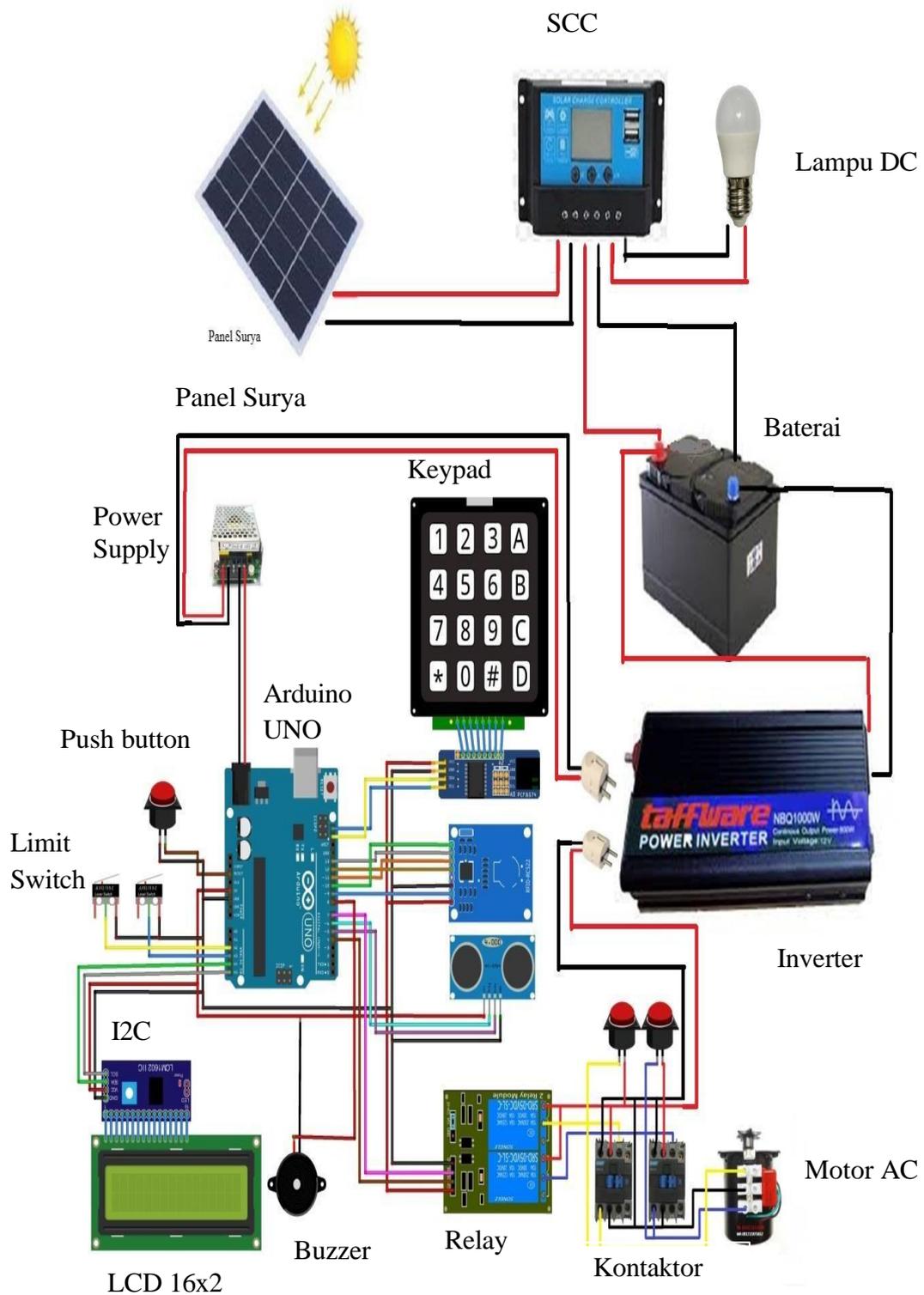
Gambar 3. 1 Blok Diagram Rangkaian

Penjelasan dan fungsi dari masing-masing blok sebagai berikut:

1. Solar Cell atau Panel Surya berfungsi untuk menyerap radiasi matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik.
2. Selanjutnya, besaran energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya akan diteruskan menuju solar charge controller. Kemudian solar charge controller akan mengambil peranan untuk mengatur atau mengontrol arus searah yang diisi ke baterai dan arus yang di ambil dari baterai ke beban. Lebih jauh lagi solar charge controller juga akan mengatur batasan overcharging (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan tegangan dari panel surya.

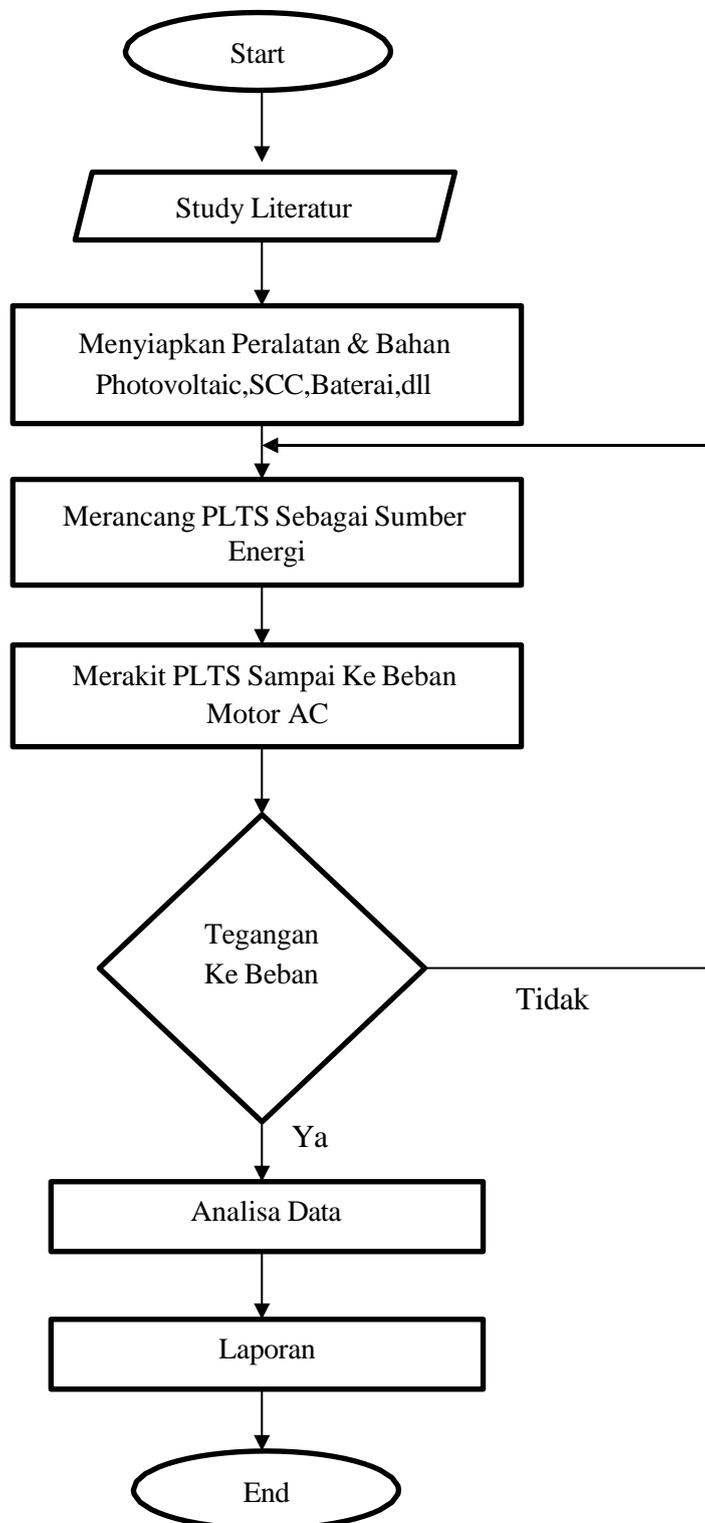
Energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya kemudian akan disimpan kedalam baterai (aki) yang nantinya akan digunakan untuk mensuplai energi untuk mengoperasikan Arduino Uno dan Inverter akan mengubah Arus DC menjadi Arus AC untuk Motor AC.

3.4 Rangkaian Keseluruhan Alat



Gambar 3. 2 Rangkaian Keseluruhan Alat

3.5 Flowchart Perancangan Sistem



Gambar 3. 3 Flowchart Penelitian

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan dan Pengujian Alat

Pada rancangan ini, sistem PLTS dimanfaatkan sebagai alat suplai arus pada sistem gerbang otomatis. Hasil dalam penelitian ini di peroleh dari pengujian panel surya berkapasitas 50 Wp dengan batrai 7,5 Ah pada PLTS sebagai media penyimpanan energi listrik dan inverter 1000 watt sebagai pengubah sumber tegangan searah menjadi sumber tegangan bolak-balik. Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil perancangan, cara kerja dan karakteristik PLTS pada prototipe gerbang otomatis.. penelitian ini dilakukan di Jl. Bilal Ujung, Medan.



Gambar 4. 1 Hasil Perancangan Alat

Luas Panel Surya Pada Penelitian ini:

Dik : P = 55 cm

L = 58 cm

Dit : A = ?

A = 55 cm x 58 cm

= 3190 cm² = 0,3190 m²

Pengukuran intensitas cahaya matahari dilakukan dengan menggunakan alat ukur lux meter yang ditampilkan dalam bentuk digital pada alat ukur dalam satuan lux. Pada penelitian yang dilakukan oleh Steven Chua dengan judul “Light vs Distance” dan Muhammad Ilham Maulana pada penelitiannya yang berjudul “Studi Kelayakan Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Pulau Sabang”. Mereka semua menggunakan konversi 0,0079 W/m² per Lux.

4.2 Analisis dan Pengukuran Panel Surya Tanpa Beban

4.2.1 Percobaan Hari Ke-1 (02/10/2023)

Pengukuran tegangan, arus pada keluaran dan efisiensi dari panel surya dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Percobaan ini dilakukan pada tanggal 2 Oktober 2023 mulai pukul 08:00 WIB sampai dengan pukul 17:00 WIB.

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Beban Hari Pertama

No	Pukul (WIB)	Intensitas Cahaya Matahari		Output Panel Surya Tanpa Beban		
		Lux	W/m ²	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	08.00	15.840	125,14	16,20	1,70	27,54
2	09.00	22.680	179,17	16,51	1,72	28,40
3	10.00	56.200	443,98	16,81	1,75	29,42
4	11.00	98.280	776,41	17,18	1,76	30,24
5	12.00	102.400	812,12	17,29	1,82	31,48
6	13.00	122.800	970,12	17,44	1,85	32,06
7	14.00	111.100	877,69	17,33	1,83	31,91
8	15.00	60.410	477,24	16,72	1,74	29,09
9	16.00	23.980	189,44	16,63	1,72	28,60

10	17.00	6.514	51,46	15,34	1,59	24,39
Max		122.800	970,12	17,44	1,85	32,06
Min		6.514	51,46	15,34	1,59	24,39

Berdasarkan tabel 4.1 di dapat Daya masuk (Pin) yaitu :

$$P_{in} = I_r (\text{Watt/m}^2) \times A (\text{m}^2)$$

$$I_r = 122.800 \text{ lux} \times 0.0079 = 970.12$$

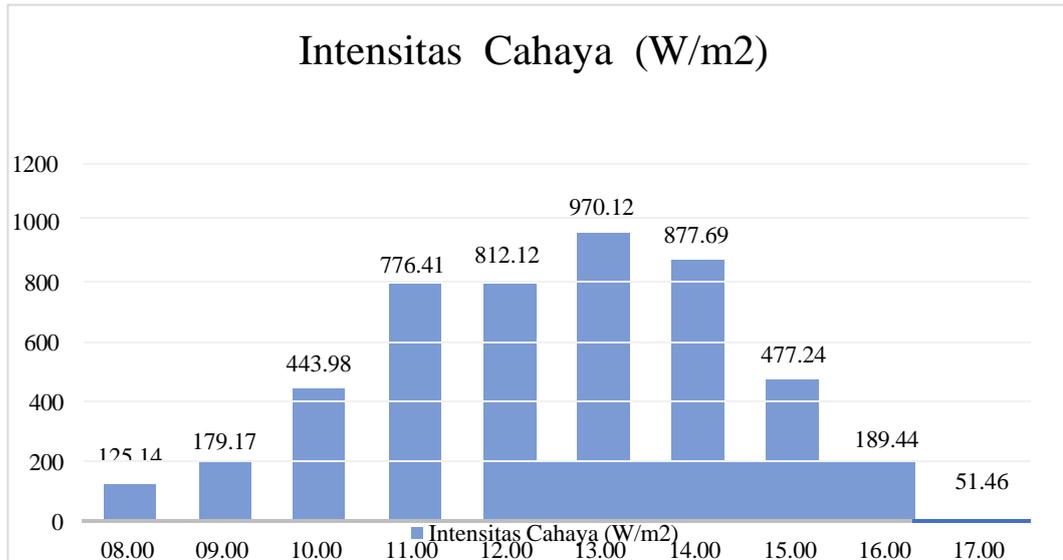
$$\text{Watt/m}^2 P_{in} = 970.12 \text{ Watt/m}^2 \times (1.1 \times 0.65) \text{ m}^2 \text{ (Diambil sebagai sampel dari nilai intensitas tertinggi pada pukul 13.00)}$$

$$=693.63 \text{ Watt}$$

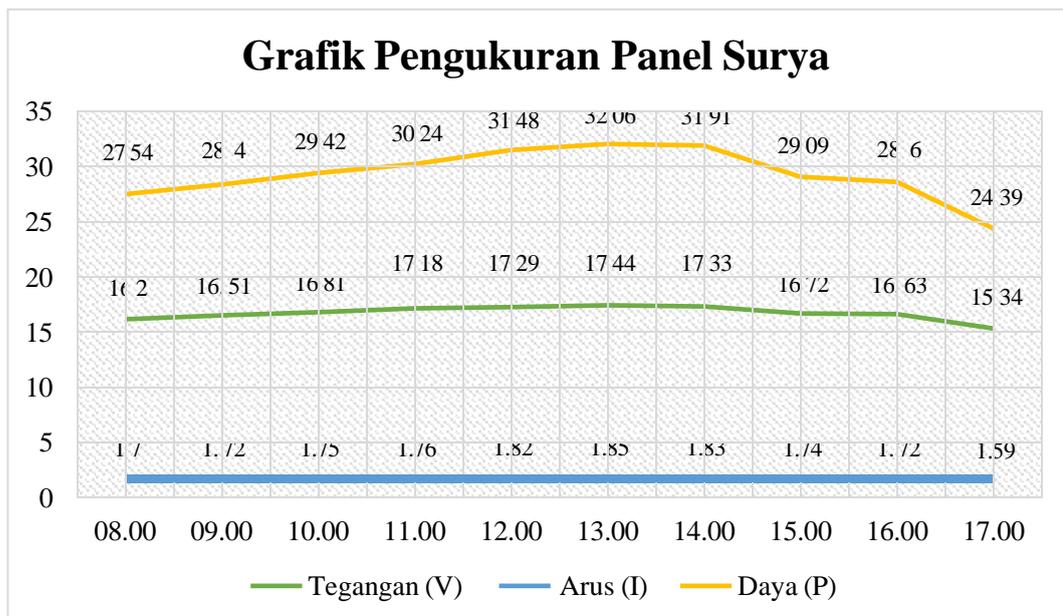


Gambar 4. 2 Tegangan, Arus, dan Intensitas Cahaya Matahari Pada Panel Surya Tanpa Beban

Bedasarkan data pengujian pada table 4.1 di peroleh grafik hubungan antara tegangan dan intensitas cahaya waktu seperti gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Grafik Intensitas Cahaya Matahari Hari Pertama



Gambar 4. 4 Grafik Tegangan, Arus dan Daya Pada Panel Surya Tanpa Beban

Dari gambar 4.4 Grafik diatas menunjukkan bahwasanya ketika pagi hari (08.00 am) hasil dari output sel surya yaitu sebesar 16,20 V dengan arus 1,70 A dan menghasilkan daya 27,54 W. Seiring dengan kenaikan waktu menuju siang hari maka berbanding lurus dengan kenaikan tegangan output yang dihasilkan. Puncak dari tegangan output yang dihasilkan yaitu 17,44 V dengan arus 1,85 A dan daya 32,06 W pada pukul 13.00 am (siang hari). Kemudian dengan waktu yang beranjak

sore terjadi penurunan tegangan output, dikarenakan matahari yang mulai beranjak terbenam.

4.2.1.1 Analisa Perhitungan Efisiensi Panel Surya

Untuk mencari nilai efisiensi pada panel surya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{max}}{E \times A} 100\%$$

Dimana:

η = Efisiensi (%)

P_{max} = Daya Keluaran Panel (W)

E = Radiasi Panas Matahari (W/m²)

A = Luas Panel Surya (m²)

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{max}}{E \times A} 100\% \\ &= \frac{32,06}{970,12 \times 0,3190} 100\% \\ &= 10,36 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan efisiensi panel surya pada hari ketiga sebesar 10,36% dengan catatan daya maksimal keluaran panel pada hari pertama 32,06 Watt dan intensitas cahaya 970,12 W/m².

4.2.1.2 Perhitungan Tegangan Rata-Rata Tanpa Beban

Untuk mencari rata-rata nilai pada panel surya dapat menggunakan persamaan mencari rata-rata sebagai berikut :

- a. Rata-Rata Tegangan Output Panel

$$Rata - rata = \frac{Jumlah\ Nilai}{Banyak\ Data\ Pengujian}$$

Dari tabel 4.1 maka dapat melakukan perhitungan tegangan, rata-rata pada panel surya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V1+V2+V3+V4+V5+V6+V7+V8+V9+V10}{10} \\
 &= \frac{16,20+16,51+16,81+17,18+17,29+17,33+17,44+16,72+16,63+16,34}{10} \\
 &= \frac{168,45}{10} \\
 &= 16,84 \text{ V}
 \end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan di atas didapatkan hasil rata-rata pada hari pertama tegangan output panel 16,84 V.

4.2.2 Percobaan Hari Ke-2 (03/10/2023)

Pengukuran tegangan, arus, daya pada keluaran dan efisiensi dari panel surya dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Percobaan ini dilakukan pada tanggal 3 Oktober 2023 mulai pukul 08:00 WIB sampai dengan pukul 17:00 WIB. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Beban Hari Kedua

No	Pukul (WIB)	Intensitas Cahaya Matahari		Output Panel Surya Tanpa Beban		
		Lux	W/m ²	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	08.00	35.870	283,37	16,45	1,70	27,96
2	09.00	89.030	703,34	17,07	1,72	29,36
3	10.00	126.400	998,56	17,42	1,82	31,70
4	11.00	107.700	850,83	17,62	1,80	31,72
5	12.00	97.280	768,51	17,41	1,73	30,12
6	13.00	127.900	1010,41	18,03	1,83	33
7	14.00	126.600	1000,14	17,75	1,80	32,48

8	15.00	103.200	815,28	17,30	1,81	31,313
9	16.00	34.590	273,26	16,43	1,70	27,93
10	17.00	9.340	73,79	15,10	1,59	24
Max		127.900	1010,41	18,03	1,83	33
Min		9.340	73,79	15,10	1,59	24

Berdasarkan tabel 4.2 di dapat Daya masuk (Pin) yaitu :

$$P_{in} = I_r (\text{Watt/m}^2) \times A (\text{m}^2)$$

$$I_r = 127.900 \text{ lux} \times 0.0079 = 1010.41$$

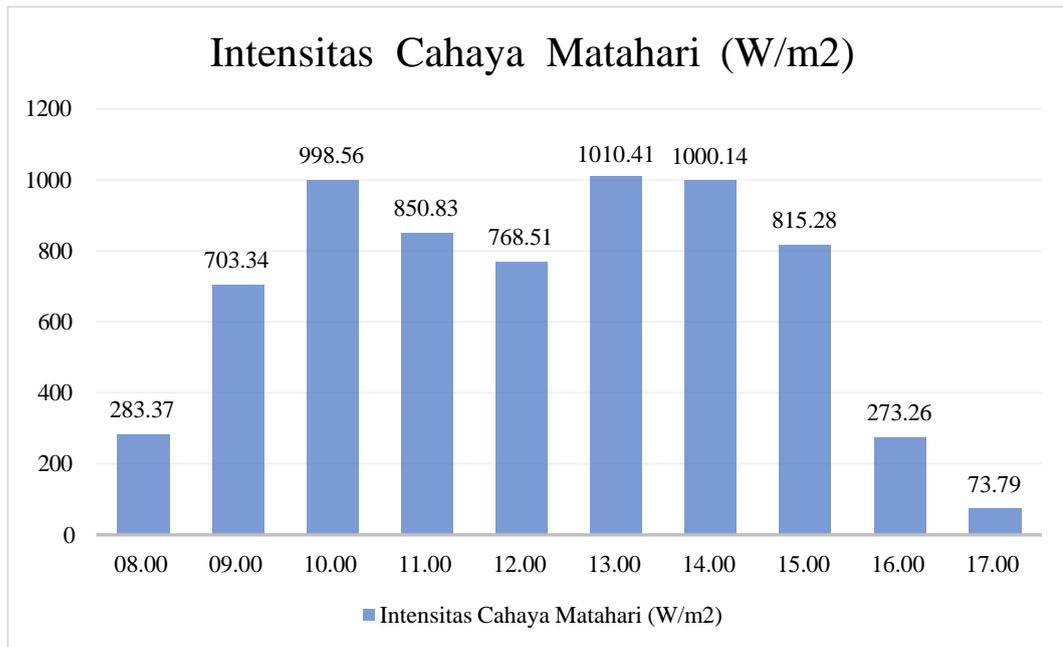
Watt/m² Pin = 1010.41 Watt/m² x (1.1 x 0.65) m² (Diambil sebagai sampel dari nilai intensitas tertinggi pada pukul 13.00)

$$= 722.44 \text{ Watt}$$

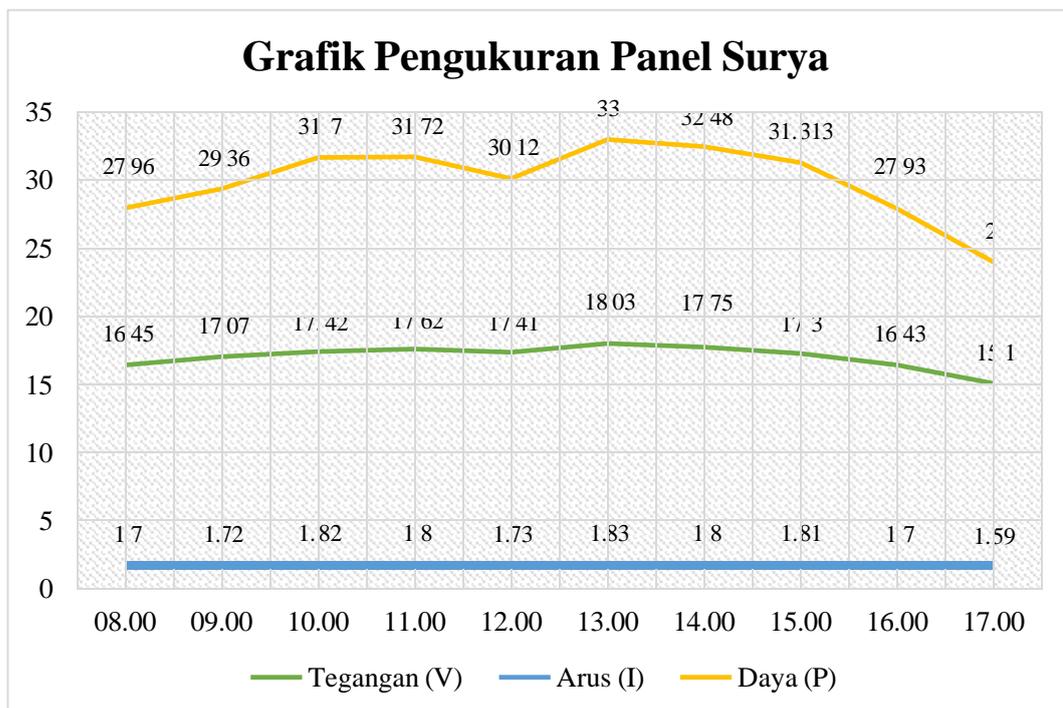


Gambar 4. 5 Tegangan, Arus, dan Intensitas Cahaya Matahari Pada Panel Surya Tanpa Beban

Bedasarkan data pengujian pada table 4.2 diperoleh grafik hubungan antara tegangan, arus dan waktu seperti gambar 4.7.



Gambar 4. 6 Grafik Intensitas Cahaya Matahar Hari Kedua



Gambar 4. 7 Grafik Teganga,Arus dan Daya Pada Panel Surya Tanpa Beban

Dari gambar 4.7 Grafik diatas menunjukkan bahwasanya ketika pagi hari (08.00 am) hasil dari output sel surya yaitu sebesar 16,45 V dengan arus 1.70 A dan menghasilkan daya 27,96 W. Seiring dengan kenaikan waktu menuju siang hari maka berbanding lurus dengan kenaikan tegangan output yang dihasilkan. Puncak

dari tegangan output yang dihasilkan yaitu 18,03 V dengan arus 1,83 A dan daya 32,3 W pada pukul 13.00 am (siang hari). Kemudian dengan waktu yang beranjak sore terjadi penurunan tegangan output, dikarenakan matahari yang mulai beranjak terbenam.

4.2.2.1 Analisa Perhitungan Efisiensi Panel Surya

Untuk mencari nilai efisiensi pada panel surya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{max}}{E \times A} 100\%$$

Dimana:

η = Efisiensi (%)

P_{max} = Daya Keluaran Panel (W)

E = Radiasi Panas Matahari (W/m²)

A = Luas Panel Surya (m²)

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{max}}{E \times A} 100\% \\ &= \frac{33}{1010,41 \times 0,3190} 100\% \\ &= 10,24 \% \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan efisiensi panel surya pada hari ketiga sebesar 10,24% dengan catatan daya maksimal keluaran panel pada hari kedua 33 Watt dan intensitas cahaya 1010,41 W/m².

4.2.2.2 Perhitungan Tegangan Rata-Rata Tanpa Beban

Untuk mencari rata-rata nilai pada panel surya dapat menggunakan persamaan mencari rata-rata sebagai berikut :

- a. Rata-Rata Tegangan Output Panel

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Banyak Data Pengujian}}$$

Dari tabel 4.2 maka dapat melakukan perhitungan tegangan, rata-rata pada panel surya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V1+V2+V3+V4+V5+V6+V7+V8+V9+V10}{10} \\ &= \frac{16,45+17,07+17,42+17,62+17,41+18,03+17,75+17,30+16,43+15,10}{10} \\ &= \frac{170,58}{10} \\ &= 17,06 \text{ V} \end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan di atas didapatkan hasil rata-rata pada hari pertama tegangan output panel 17,06 V.

4.2.3 Percobaan Hari Ke-3 (04/10/2023)

Pengukuran tegangan, arus, daya pada keluaran dan efisiensi dari panel surya dilakukan dengan menggunakan multimeter digital. Percobaan ini dilakukan pada tanggal 4 Oktober 2023 mulai pukul 08:00 WIB sampai dengan pukul 17:00 WIB. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.3

Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Panel Surya Tanpa Beban Hari Ketiga

No	Pukul (WIB)	Intensitas Cahaya Matahari		Output Panel Surya Tanpa Beban		
		Lux	W/m ²	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	08.00	23.390	184,78	16,51	1,67	27,57
2	09.00	48.000	379,20	17,06	1,70	29
3	10.00	64.190	507,10	17,38	1,72	29,89
4	11.00	98.350	776,96	17,51	1,81	31,69
5	12.00	143.200	1.131,28	18,39	1,92	35,31

6	13.00	103.500	817,65	17,57	1,85	32,50
7	14.00	35.320	279,03	16,91	1,68	28,40
8	15.00	40.610	320,82	17,02	1,68	28,59
9	16.00	27.620	218,20	16,88	1,67	28,19
10	17.00	14.260	112,65	16,02	1,66	26,59
Max		143.200	1131,28	18,39	1,92	35,31
Min		14.260	112,65	16,02	1,66	26,59

Berdasarkan tabel 4.3 di dapat Daya masuk (Pin) yaitu :

$$\text{Pin} = \text{Ir (Watt/m}^2 \text{)} \times \text{A (m}^2\text{)}$$

$$\text{Ir} = 143.200 \text{ lux} \times 0.0079 = 1131.28$$

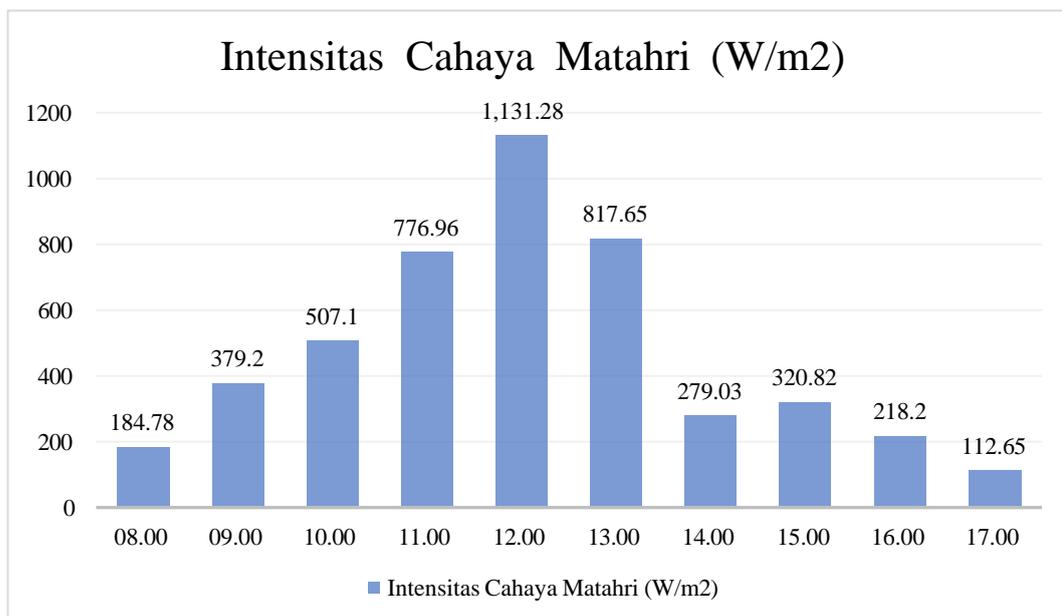
Watt/m² Pin = 1131.28 Watt/m² x (1.1 x 0.65) m² (Diambil sebagai sampel dari nilai intensitas tertinggi pada pukul 12.00)

$$= 808.86 \text{ Watt}$$

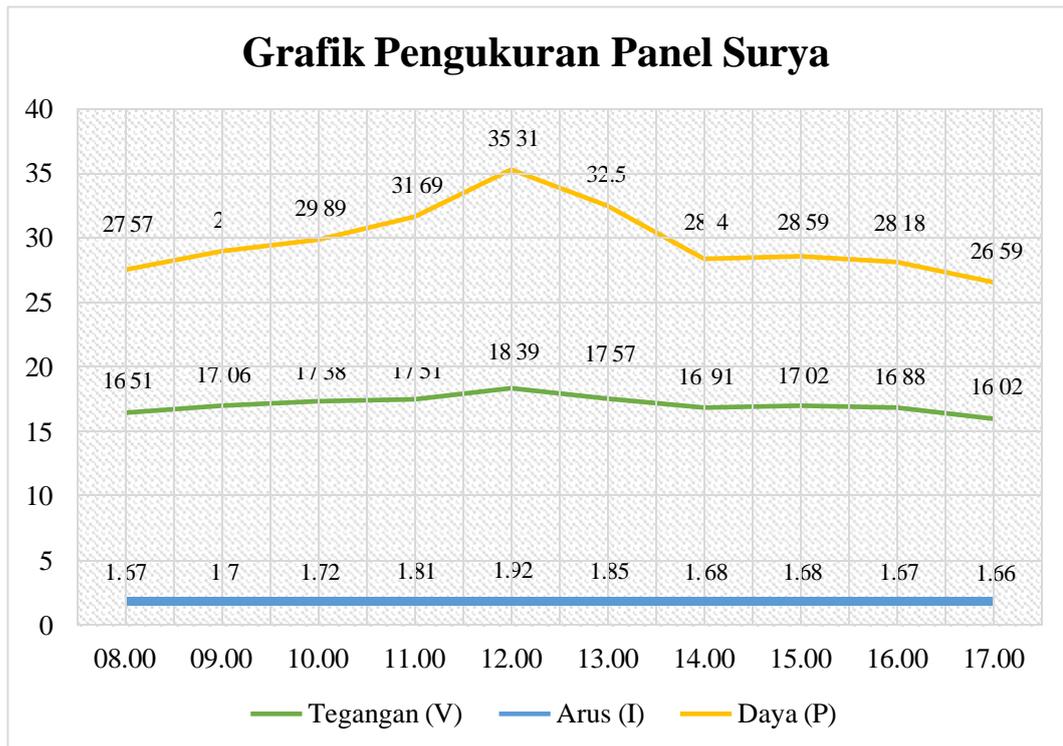


Gambar 4. 8 Tegangan, Arus dan Intensitas Cahaya Matahari Pada Panel Surya Tanpa Beban

Bedasarkan data pengujian pada table 4.3 di peroleh grafik hubungan antara tegangan, arus dan waktu seperti gambar 4.10.



Gambar 4. 9 Grafik Intensitas Cahaya Matahar Hari Ketiga



Gambar 4. 10 Grafik Tegangan, Arus dan Daya Pada Panel Surya Tanpa Beban

Dari gambar 4.10 Grafik diatas menunjukkan bahwasanya ketika pagi hari (08.00 am) hasil dari output sel surya yaitu sebesar 16,51 V dengan arus 1,67 A dan menghasilkan daya 27,57 W. Seiring dengan kenaikan waktu menuju siang hari maka berbanding lurus dengan kenaikan tegangan output yang dihasilkan. Puncak dari tegangan output yang dihasilkan yaitu 18,39 V dengan arus 1,92 A dan daya 35,31 W pada pukul 12.00 am (siang hari). Kemudian dengan waktu yang beranjak sore terjadi penurunan tegangan output, dikarenakan matahari yang mulai beranjak terbenam.

4.2.3.1 Analisa Perhitungan Efisiensi Panel Surya

Untuk mencari nilai efisiensi pada panel surya dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{max}}{E \times A} 100\%$$

Dimana:

$$\eta = \text{Efisiensi (\%)}$$

P_{\max} = Daya Keluaran Panel (W)

E = Radiasi Panas Matahari (W/m²)

A = Luas Panel Surya (m²)

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{P_{\max}}{E \times A} 100\% \\ &= \frac{35,31}{1131,28 \times 0,3190} 100\% \\ &= 9,78 \%\end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas maka didapatkan efesiensi panel surya pada hari ketiga sebesar 9,78% dengan catatan daya maksimal keluaran panel pada hari ketiga 35,31 Watt dan intensitas cahaya 1131,28 W/m².

4.2.3.2 Perhitungan Tegangan Rata-Rata Tanpa Beban

Untuk mencari rata-rata nilai pada panel surya dapat menggunakan persamaan mencari rata-rata sebagai berikut :

- a. Rata-Rata Tegangan Output Panel

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Banyak Data Pengujian}}$$

Dari tabel 4.3 maka dapat melakukan perhitungan tegangan, rata-rata pada panel surya sebagai berikut:

$$\begin{aligned}V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V1+V2+V3+V4+V5+V6+V7+V8+V9+V10}{10} \\ &= \frac{16,51+17,06+17,38+17,51+18,39+17,57+16,91+17,02+16,88+16,02}{10} \\ &= \frac{171,25}{10} \\ &= 17,12 V\end{aligned}$$

Dapat dilihat dari hasil perhitungan di atas didapatkan hasil rata-rata pada hari pertama tegangan output panel 17,12 V.

4.3 Analisa dan Pengukuran Panel Surya Dengan Beban Motor Synchronous

4.3.1 Percobaan Hari Ke-1 (02/10/2023)

Pengujian dan pengukuran panel surya dengan beban motor Synchronous dengan mencari tegangan dan arus maksimal serta minimal.

Hasil pengukuran tegangan yang diperoleh dari penelitian ini adalah seperti yang tertera pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Beban Motor Synchronous

No	Pukul (WIB)	Output Panel Surya		Tegangan Inverter (Volt AC)	Motor Synchronous			
		Tegangan (Volt DC)	Arus (Ampere)		Tegangan (Volt AC)	Arus (Ampere)	Cos ϕ	Daya (Watt)
1	08:00	12,45 V	1,26 A	223 V	217 V	0,052 A	0,8	9,02 W
2	09:00	12,52 V	1,29 A	223 V	217 V	0,054 A	0,8	9,37 W
3	10:00	12,85 V	1,31 A	224V	217 V	0,053 A	0,8	9,2 W
4	11:00	13,27 V	1,32 A	224 V	218 V	0,054 A	0,8	9,41 W
5	12:00	13,16 V	1,32 A	224 V	218 V	0,054 A	0,8	9,41 W
6	13:00	13,26 V	1,34 A	224 V	218 V	0,055 A	0,8	9,59 W
7	14:00	13,38 V	1,34 A	224 V	218 V	0,053 A	0,8	9,45 W
8	15:00	12,96 V	1,29 A	225 V	218 V	0,053 A	0,8	9,45 W
9	16:00	12,54 V	1,27 A	225 V	219 V	0,052 A	0,8	9,11 W
10	17:00	12,54 V	1,27 A	225 V	219 V	0,052 A	0,8	9,11 W

4.3.1.1 Analisa Perhitungan Tegangan, Arus, Dan Daya Pada Panel Surya

Untuk mencari rata-rata dari nilai tegangan, arus, dan daya pada panel surya dapat menggunakan persamaan mencari rata-rata sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Banyak Data Pengujian}}$$

Dari tabel 4.4 dapat dilakukan perhitungan tegangan, arus, dan daya rata-rata pada panel surya sebagai berikut :

a. Tegangan Rata-Rata Pada Panel Surya

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V1+V2+V3+V4+V5+V6+V7+V8+V9+V10}{10} \\ &= \frac{12,45+12,52+12,85+13,27+13,16+13,26+13,38+12,96+12,54+12,54}{10} \\ &= \frac{128,93}{10} \\ &= 12,9 \text{ V} \end{aligned}$$

b. Arus Rata-Rata Pada Panel Surya

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8+I9+I10}{10} \\ &= \frac{1,26+1,29+1,31+1,32+1,32+1,34+1,34+1,29+1,27+1,27}{10} \\ &= \frac{13,01}{10} \\ &= 1,3 \text{ A} \end{aligned}$$

c. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya, terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan sebagai berikut :

$$P = V \cdot I$$

Dimana:

$$P = \text{Daya (W)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I = \text{Arus (A)}$$

- Percobaan pertama telah didapati nilai tegangan pada panel surya sebesar 12,45 volt dengan arus sebesar 1.26 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \\
 &= 12,45 \text{ V} \cdot 1,26 \text{ A} \\
 &= 15,69 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pertama maka dapat dijadikan contoh untuk perhitungan daya di jam-jam berikutnya.

d. Daya Rata-Rata Pada Panel Surya

Dari hasil perhitungan daya pada setiap percobaan maka didapati daya rata-rata pada panel surya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7+P8+P9+P10}{10} \\
 &= \frac{15,69+16,15+16,83+17,51+17,37+17,77+17,93+16,72+15,92+15,92}{10} \\
 &= \frac{167,81}{10} \\
 &= 16,78 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran keluaran dari panel surya dengan Motor Synchronous dapat ditentukan tegangan rata-rata dari panel surya sebesar 12,90 Volt dengan arus keluaran rata-rata sebesar 1,30 Ampere dan daya rata-rata sebesar 16,78 Watt.

4.3.1.2 Analisa Perhitungan Tegangan, Arus dan Daya Pada Motor Synchronous

Untuk mencari rata-rata dari nilai tegangan, arus, dan daya pada motor synchronous dapat menggunakan persamaan mencari rata-rata sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Banyak Data Pengujian}}$$

Dari tabel 4.4 dapat dilakukan perhitungan tegangan, arus, dan daya rata-rata pada motor synchronous sebagai berikut :

a. Tegangan Rata-Rata Pada Motor Synchronous

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{V1+V2+V3+V4+V5+V6+V7+V8+V9+V10}{10}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{217+217+217+218+218+218+218+218+219+219}{10} \\
 &= \frac{2.179}{10} \\
 &= 218 \text{ V}
 \end{aligned}$$

b. Arus Rata-Rata Pada Motor Synchronous

$$\begin{aligned}
 I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I_1+I_2+I_3+I_4+I_5+I_6+I_7+I_8+I_9+I_{10}}{10} \\
 &= \frac{0,052+0,054+0,053+0,054+0,054+0,055+0,053+0,053+0,052+0,052}{10} \\
 &= \frac{0,532}{10} \\
 &= 0,053 \text{ A}
 \end{aligned}$$

c. Daya Pada Motor Synchronous

Sebelum menentukan daya rata-rata pada motor synchronous, terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$$

Dimana:

$$P = \text{Daya (W)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I = \text{Arus (A)}$$

$$\text{Cos}\phi = \text{Faktor Daya}$$

- Percobaan pertama telah didapati nilai tegangan pada motor synchronous sebesar 217 volt dengan arus sebesar 0,052 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi \\
 &= 217 \text{ V} \cdot 0,052 \text{ A} \cdot 0,8
 \end{aligned}$$

$$= 9,02 \text{ Watt}$$

Dari hasil perhitungan pertama maka dapat dijadikan contoh untuk perhitungan daya di jam-jam berikutnya.

d. Daya Rata-Rata Pada Motor Synchronous

Dari hasil perhitungan daya pada setiap percobaan maka didapati daya rata-rata pada motor synchronous sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P_1+P_2+P_3+P_4+P_5+P_6+P_7+P_8+P_9+P_{10}}{10} \\ &= \frac{9,02+9,37+9,2+9,41+9,41+9,59+9,45+9,45+9,11+9,11}{10} \\ &= \frac{93,12}{10} \\ &= 9,31 \text{ W} \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran pada beban Motor Synchronous dapat ditentukan tegangan rata-rata panel surya sebesar 218 Volt dengan arus keluaran rata-rata sebesar 0,053 Ampere dan daya rata-rata sebesar 9,31 Watt.

4.3.2 Percobaan Hari Ke-2 (03/10/2023)

Pengujian dan pengukuran panel surya dengan beban motor Synchronous dengan mencari tegangan dan arus maksimal serta minimal.

Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Beban Motor Synchronous

No	Pukul (WIB)	Output Panel Surya		Tegangan Inverter (Volt)	Motor Synchronous			
		Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)		Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Cos ϕ	Daya (Watt)
1	08:00	12,99 V	1,33 A	225 V	219 V	0,053 A	0,8	9,28 W
2	09:00	13,06 V	1,34 A	224 V	217 V	0,052 A	0,8	9,02 W
3	10:00	13,25 V	1,36 A	224 V	217 V	0,052 A	0,8	9,02 W
4	11:00	13,40 V	1,37 A	225 V	218 V	0,053 A	0,8	9,24 W
5	12:00	13,14 V	1,34 A	224 V	218 V	0,054 A	0,8	9,41 W

6	13:00	13,61 V	1,41 A	225 V	219 V	0,055 A	0,8	9,63 W
7	14:00	13,44 V	1,39 A	225 V	218 V	0,055 A	0,8	9,59 W
8	15:00	13,23 V	1,38 A	224 V	217 V	0,053 A	0,8	9,20 W
9	16:00	12,98 V	1,32 A	223 V	218 V	0,053 A	0,8	9,24 W
10	17:00	12,65 V	1,30 A	223 V	217 V	0,051 A	0,8	8,85 W

4.3.2.1 Analisa Perhitungan Tegangan, Arus, Dan Daya Pada Panel Surya

Untuk mencari rata-rata dari nilai tegangan, arus, dan daya pada panel surya dapat menggunakan persamaan mencari rata-rata sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Banyak Data Pengujian}}$$

Dari tabel 4.5 dapat dilakukan perhitungan tegangan, arus, dan daya rata-rata pada panel surya sebagai berikut :

a. Tegangan Rata-Rata Pada Panel Surya

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V1+V2+V3+V4+V5+V6+V7+V8+V9+V10}{10} \\ &= \frac{12,99+13,06+13,25+13,40+13,14+13,61+13,44+13,23+12,98+12,65}{10} \\ &= \frac{131,75}{10} \\ &= 13,17 \text{ V} \end{aligned}$$

b. Arus Rata-Rata Pada Panel Surya

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8+I9+I10}{10} \\ &= \frac{1,33+1,34+1,36+1,37+1,34+1,41+1,39+1,38+1,32+1,30}{10} \\ &= \frac{13,54}{10} \\ &= 1,35 \text{ A} \end{aligned}$$

c. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya, terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan sebagai berikut :

$$P = V \cdot I$$

Dimana:

$$P = \text{Daya (W)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I = \text{Arus (A)}$$

- Percobaan pertama telah didapati nilai tegangan pada panel surya sebesar 12,99 volt dengan arus sebesar 1.33 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 12,99 \text{ V} \cdot 1,33 \text{ A} \\ &= 17,28 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pertama maka dapat dijadikan contoh untuk perhitungan daya di jam-jam berikutnya.

d. Daya Rata-Rata Pada Panel Surya

Dari hasil perhitungan daya pada setiap percobaan maka didapati daya rata-rata pada panel surya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7+P8+P9+P10}{10} \\ &= \frac{17,28+17,50+18,02+18,35+17,61+19,19+18,68+18,26+17,13+16,44}{10} \\ &= \frac{178,46}{10} \\ &= 17,85 \text{ W} \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran keluaran dari panel surya dengan Motor Synchronous dapat ditentukan tegangan rata-rata dari panel surya sebesar 13,17 Volt dengan arus keluaran rata-rata sebesar 1,35 Ampere dan daya rata-rata sebesar 17,85 Watt.

4.3.2.2 Analisa Perhitungan Tegangan, Arus dan Daya Pada Motor Synchronous

Untuk mencari rata-rata dari nilai tegangan, arus, dan daya pada motor synchronous dapat menggunakan persamaan mencari rata-rata sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Banyak Data Pengujian}}$$

Dari tabel 4.5 dapat dilakukan perhitungan tegangan, arus, dan daya rata-rata pada motor synchronous sebagai berikut :

a. Tegangan Rata-Rata Pada Motor Synchronous

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V1+V2+V3+V4+V5+V6+V7+V8+V9+V10}{10} \\ &= \frac{219+217+217+218+218+219+218+217+218+217}{10} \\ &= \frac{2.178}{10} \\ &= 218 \text{ V} \end{aligned}$$

b. Arus Rata-Rata Pada Motor Synchronous

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8+I9+I10}{10} \\ &= \frac{0.053+0.052+0.052+0.053+0.054+0.055+0.055+0.053+0.053+0.051}{10} \\ &= \frac{0,531}{10} \\ &= 0,053 \text{ A} \end{aligned}$$

c. Daya Pada Motor Synchronous

Sebelum menentukan daya rata-rata pada motor synchronous, terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$$

Dimana:

$$P = \text{Daya (W)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I = \text{Arus (A)}$$

$$\text{Cos}\phi = \text{Faktor Daya}$$

- Percobaan pertama telah didapati nilai tegangan pada motor synchronous sebesar 219 volt dengan arus sebesar 0,053 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi \\ &= 219 \text{ V} \cdot 0,053 \text{ A} \cdot 0,8 \\ &= 9,28 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pertama maka dapat dijadikan contoh untuk perhitungan daya di jam-jam berikutnya.

d. Daya Rata-Rata Pada Motor Synchronous

Dari hasil perhitungan daya pada setiap percobaan maka didapati daya rata-rata pada motor synchronous sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10}}{10} \\ &= \frac{9,28 + 9,02 + 9,02 + 9,24 + 9,41 + 9,63 + 9,59 + 9,20 + 9,24 + 8,85}{10} \\ &= \frac{92,48}{10} \\ &= 9,24 \text{ W} \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran pada beban Motor Synchronous dapat ditentukan tegangan rata-rata dari panel surya sebesar 218 Volt dengan arus keluaran rata-rata sebesar 0,053 Ampere dan daya rata-rata sebesar 9,24 Watt

4.3.3 Percobaan Hari Ke-3 (04/10/2023)

Pengujian dan pengukuran panel surya dengan beban motor Synchronous dengan mencari tegangan dan arus maksimal serta minimal.

Hasil pengukuran tegangan yang diperoleh dari penelitian ini adalah seperti yang tertera pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. 6 Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Beban Motor Synchronous

No	Pukul (WIB)	Output Panel Surya		Tegangan Inverter (Volt)	Motor Synchronous			
		Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)		Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Cos ϕ	Daya (Watt)
1	08:00	12,54 V	1,28 A	222 V	217 V	0,051 A	0,8	8,85 W
2	09:00	12,79 V	1,30 A	222 V	217 V	0,053 A	0,8	9,2 W
3	10:00	12,83 V	1,31 A	222 V	218 V	0,052 A	0,8	9,06 W
4	11:00	13,26 V	1,33 A	224 V	218 V	0,052 A	0,8	9,06 W
5	12:00	13,51 V	1,44 A	224 V	219 V	0,055 A	0,8	9,63 W
6	13:00	13,16 V	1,35 A	224 V	219 V	0,054 A	0,8	9,46 W
7	14:00	12,60 V	1,29 A	223 V	218 V	0,054 A	0,8	9,41 W
8	15:00	12,72 V	1,29 A	223 V	218 V	0,053 A	0,8	9,24 W
9	16:00	12,55 V	1,25 A	222 V	218 V	0,053 A	0,8	9,24 W
10	17:00	12,52 V	1,20 A	222 V	217 V	0,052 A	0,8	9,02 W

4.3.3.1 Analisa Perhitungan Tegangan, Arus, Dan Daya Pada Panel Surya

Untuk mencari rata-rata dari nilai tegangan, arus, dan daya pada panel surya dapat menggunakan persamaan mencari rata-rata sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Banyak Data Pengujian}}$$

Dari tabel 4. dapat dilakukan perhitungan tegangan, arus, dan daya rata-rata pada panel surya sebagai berikut :

a. Tegangan Rata-Rata Pada Panel Surya

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V1+V2+V3+V4+V5+V6+V7+V8+V9+V10}{10} \\ &= \frac{12,54+12,79+12,83+13,26+13,51+13,16+12,60+12,72+12,55+12,52}{10} \\ &= \frac{128,48}{10} \\ &= 12,85 \text{ V} \end{aligned}$$

b. Arus Rata-Rata Pada Panel Surya

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8+I9+I10}{10} \\ &= \frac{1,28+1,30+1,31+1,33+1,44+1,35+1,29+1,29+1,25+1,20}{10} \\ &= \frac{13,04}{10} \\ &= 1,3 \text{ A} \end{aligned}$$

c. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya, terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan sebagai berikut :

$$P = V \cdot I$$

Dimana:

$$P = \text{Daya (W)}$$

$V = \text{Tegangan (Volt)}$

$I = \text{Arus (A)}$

- Percobaan pertama telah didapati nilai tegangan pada panel surya sebesar 12,54 volt dengan arus sebesar 1.28 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 12,54 \text{ V} \cdot 1,28 \text{ A} \\ &= 16,05 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pertama maka dapat dijadikan contoh untuk perhitungan daya di jam-jam berikutnya.

d. Daya Rata-Rata Pada Panel Surya

Dari hasil perhitungan daya pada setiap percobaan maka didapati daya rata-rata pada panel surya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7+P8+P9+P10}{10} \\ &= \frac{16,05+16,63+16,81+17,63+19,45+17,76+16,25+16,41+15,69+15,02}{10} \\ &= \frac{167,7}{10} \\ &= 16,77 \text{ W} \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran keluaran dari panel surya dengan Motor Synchronous dapat ditentukan tegangan rata-rata dari panel surya sebesar 12,85 Volt dengan arus keluaran rata-rata sebesar 1,30 Ampere dan daya rata-rata sebesar 16,77 Watt.

4.3.3.2 Analisa Perhitungan Tegangan, Arus dan Daya Pada Motor Synchronous

Untuk mencari rata-rata dari nilai tegangan, arus, dan daya pada motor synchronous dapat menggunakan persamaan mencari rata-rata sebagai berikut:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{Jumlah Nilai}}{\text{Banyak Data Pengujian}}$$

Dari tabel 4.6 dapat dilakukan perhitungan tegangan, arus, dan daya rata-rata pada motor synchronous sebagai berikut :

a. Tegangan Rata-Rata Pada Motor Synchronous

$$\begin{aligned} V_{\text{rata-rata}} &= \frac{V1+V2+V3+V4+V5+V6+V7+V8+V9+V10}{10} \\ &= \frac{217+217+218+218+219+219+218+218+218+217}{10} \\ &= \frac{2.179}{10} \\ &= 218 \text{ V} \end{aligned}$$

b. Arus Rata-Rata Pada Motor Synchronous

$$\begin{aligned} I_{\text{rata-rata}} &= \frac{I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8+I9+I10}{10} \\ &= \frac{0.051+0.053+0.052+0.052+0.055+0.054+0.054+0.053+0.053+0.052}{10} \\ &= \frac{0.529}{10} \\ &= 0,052 \text{ A} \end{aligned}$$

c. Daya Pada Motor Synchronous

Sebelum menentukan daya rata-rata pada motor synchronous, terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$$

Dimana:

$$P = \text{Daya (W)}$$

$$V = \text{Tegangan (Volt)}$$

$$I = \text{Arus (A)}$$

$$\text{Cos}\phi = \text{Faktor Daya}$$

- Percobaan pertama telah didapati nilai tegangan pada motor synchronous sebesar 217 volt dengan arus sebesar 0,051 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \cdot \cos\phi \\
 &= 217 \text{ V} \cdot 0,051 \text{ A} \cdot 0,8 \\
 &= 8,85 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pertama maka dapat dijadikan contoh untuk perhitungan daya di jam-jam berikutnya.

d. Daya Rata-Rata Pada Motor Synchronous

Dari hasil perhitungan daya pada setiap percobaan maka didapati daya rata-rata pada motor synchronous sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{rata-rata}} &= \frac{P1+P2+P3+P4+P5+P6+P7+P8+P9+P10}{10} \\
 &= \frac{8,85+9,2+9,06+9,06+9,63+9,46+9,41+9,24+9,24+9,02}{10} \\
 &= \frac{92,17}{10} \\
 &= 9,21 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Dari hasil pengukuran pada beban Motor Synchronous dapat ditentukan tegangan rata-rata dari panel surya sebesar 218 Volt dengan arus keluaran rata-rata sebesar 0,052 Ampere dan daya rata-rata sebesar 9,21 Watt.

4.3.4 Data Rata-Rata 3 Hari Panel Surya dan Motor Synchronous

Dari ketiga tabel diatas (3 Hari percobaan) maka didapat tabel rata-rata arus, tegangan dan daya setiap harinya sebagai berikut :

Tabel 4. 7 Rata-rata percobaan

Percobaan	Rata-rata Panel Surya			Rata-rata Motor Synchronous		
	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
Hari Ke-1	12,9 V	1,3 A	16,78 W	218 V	0,053 A	9,31 W
Hari Ke-2	13,17 V	1,35 A	17,85 W	218 V	0,053 A	9,24 W
Hari Ke-1	12,85 V	1,3 A	16,77 W	218 V	0,052 A	9,21 W

Maka dari ketiga percobaan yang dilakukan, hari ke-2 merupakan hasil tertinggi yang diperoleh yaitu tegangan panel surya 17,85 V arus 1,35 A dan Daya 17,85 Watt. Sedangkan hari ke-3 merupakan hasil dengan perolehan terendah yaitu arus 1,3 A tegangan 12,85 A dan Daya 16,77 Watt

4.4 Data Percobaan Keluaran Inverter

Untuk membebani motor pada PLTS maka digunakan inverter untuk mengkonversi energi DC ke AC agar dapat digunakan. Adapun pengambilan data pada keluaran inverter adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Keluaran Inverter Ke Beban

No	Percobaan	V _{out} (Volt)	I _{out} (Ampere)	Cos ϕ	P _{out} (V.I.Cos ϕ) Watt
1	Ke-1	225 V	0,072 A	0,8	12,96 W
2	Ke-2	224 V	0,073 A	0,8	13,08 W
3	Ke-3	225 V	0,073 A	0,8	13,14 W
4	Ke-4	223 V	0,071 A	0,8	12,67 W
5	Ke-5	222 V	0,074 A	0,8	13,14 W
Rata-Rata					13 W

Dari data Pengujian inverter pada tabel diatas maka dapat dilihat rata – rata keluaran inverter terhadap beban adalah sebesar 13 Watt.



Gambar 4. 11 Tegangan dan Arus Pada Inverter

4.5 Analisis dan Pengujian Pengisian Serta Ketahanan Baterai Terhadap Beban Motor Synchronous

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

Perhitungan dalam kapasitas Baterai dilakukan untuk mengetahui lama pengisian serta pemakaian dari Baterai tersebut, berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan terhadap arus rata-rata maka:

1. Perhitungan Lama Pengisian Baterai Pada Tanggal 02/10/2023 Dari hasil perhitungan $I_{rata-rata} = 1,30 \text{ Ah}$ dan Kapasitas Aki = 7,5 Ah maka lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dengan kapasitas 7,5 Ah?

$$\begin{aligned} \text{Waktu (Jam)} &= \frac{\text{Arus Kapasitas Aki(Ah)}}{\text{Arus Pengisian (A)}} \\ &= \frac{7,5 \text{ Ah}}{1,30 \text{ A}} \end{aligned}$$

$$= 5,76 \text{ Jam}$$

Jadi untuk hari pertama dengan arus rata-rata yang keluar dari SCC sebesar 1,30 A membutuhkan waktu 5 jam 76 menit untuk mengisi baterai sampai penuh.

2. Perhitungan Lama Pengisian Baterai Pada Tanggal 03/10/2023 Dari hasil perhitungan $I_{\text{rata-rata}} = 1,35 \text{ Ah}$ dan Kapasitas Aki = 7,5 Ah maka lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dengan kapasitas 7,5 Ah?

$$\begin{aligned} \text{Waktu (Jam)} &= \frac{\text{Arus Kapasitas Aki(Ah)}}{\text{Arus Pengisian (A)}} \\ &= \frac{7,5 \text{ Ah}}{1,35 \text{ A}} \\ &= 5,55 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Jadi untuk hari kedua dengan arus rata-rata yang keluar dari SCC sebesar 1,35 A membutuhkan waktu 5 jam 55 menit untuk mengisi baterai sampai penuh.

3. Dari hasil perhitungan lama Pengisian Baterai Pada Tanggal 04/10/2023 $I_{\text{rata-rata}} = 1,30 \text{ Ah}$ dan Kapasitas Aki = 7,5 Ah maka lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dengan kapasitas 7,5 Ah?

$$\begin{aligned} \text{Waktu (Jam)} &= \frac{\text{Arus Kapasitas Aki(Ah)}}{\text{Arus Pengisian (A)}} \\ &= \frac{7,5 \text{ Ah}}{1,30 \text{ A}} \\ &= 5,76 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Jadi untuk hari ketiga dengan arus rata-rata yang keluar dari SCC sebesar 1,30 A membutuhkan waktu 5 jam 76 menit untuk mengisi baterai sampai penuh.

Untuk membuktikannya penulis melakukan pengujian pengisian baterai dengan panel surya dalam keadaan baterai kosong (0%) hingga penuh (100%).

Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Pengisian Baterai

Waktu (Menit)	Tegangan Output Panel Surya	Tegangan Baterai	Kondisi Baterai
0	12,5 V	10,4 V	0 %
60	12,9 V	10,9 V	10 %
120	13,2 V	11,1 V	30 %
180	13,1 V	11,6 V	48 %
240	13,1 V	12 V	70 %
300	13,8 V	12,8 V	80 %
360	13,2 V	13,1 V	90 %
420	14,9 V	14,4 V	100 %

Dari tabel diatas terlihat bahwa batere bekerja diisi dengan durasi waktu 420 menit atau 7 jam dengan acuan tegangan cas mencapai 14,4V yaitu 20% diatas tegangan normal batere. Tegangan batere normal adalah 12 V jika ditambah 20% menjadi 14,4V. Maka pada menit 420 batere dinyatakan penuh.

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

Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Ketahanan Baterai Terhadap Beban

Waktu (Menit)	Tegangan Baterai	Tegangan Inverter	Tegangan Beban	Arus Beban	Cos ϕ	Daya Beban
0	12,40 V	224 V	219 V	0,053 A	0,8	9,28 W
20	12,10 V	223 V	218 V	0,052 A	0,8	9,06 W
40	11,92 V	222 V	217 V	0,052 A	0,8	9,02 W
60	11,74 V	222 V	217 V	0,053 A	0,8	9,20 W

80	11,56 V	222 V	217 V	0,051 A	0,8	8,85 W
100	11,29 V	221 V	216 V	0,050 A	0,8	8,64 W
120	10,62 V	221 V	216 V	0,049 A	0,8	8,46 W
140	9,40 V	221 V	216 V	0,048 A	0,8	8,14 W

Diketahui dari data hasil pengukuran diatas berdasarkan pengukuran dilapangan, maka ketahanan baterai dapat bertahan 140 menit atau $\pm 2,3$ jam non-stop dengan didapatkan pengukuran arus pada beban 0,05 A dengan tegangan turun setiap jamnya.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari rancang bangun pembangkit listrik tenaga surya maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya pada prototipe pintu garasi otomatis ini mampu bekerja dengan baik karena PLTS mampu menyuplai energi yang dibutuhkan oleh Motor AC melalui inverter untuk mengubah tegangan DC ke AC dan sistem dapat beroperasi sesuai dengan yang diinginkan.
2. Pada hasil penelitian ini sebuah sistem pembangkit listrik tenaga matahari dapat direalisasikan dengan memanfaatkan sebuah solar panel yang mampu menghasilkan tegangan maksimal selama penelitian sebesar 18,39 V , Arus maksimal 1,92 A dan daya maksimal sebesar 35,31 W dengan intensitas cahaya matahari 1131,28 W/m² .
3. Karakteristik Penggunaan Panel surya dapat digunakan untuk menyediakan energi bagi sistem pintu garasi otomatis. Hal ini dapat membantu mengurangi konsumsi energi listrik dan membuat sistem lebih ramah lingkungan.

5.2 Saran

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

DAFTAR PUSTAKA

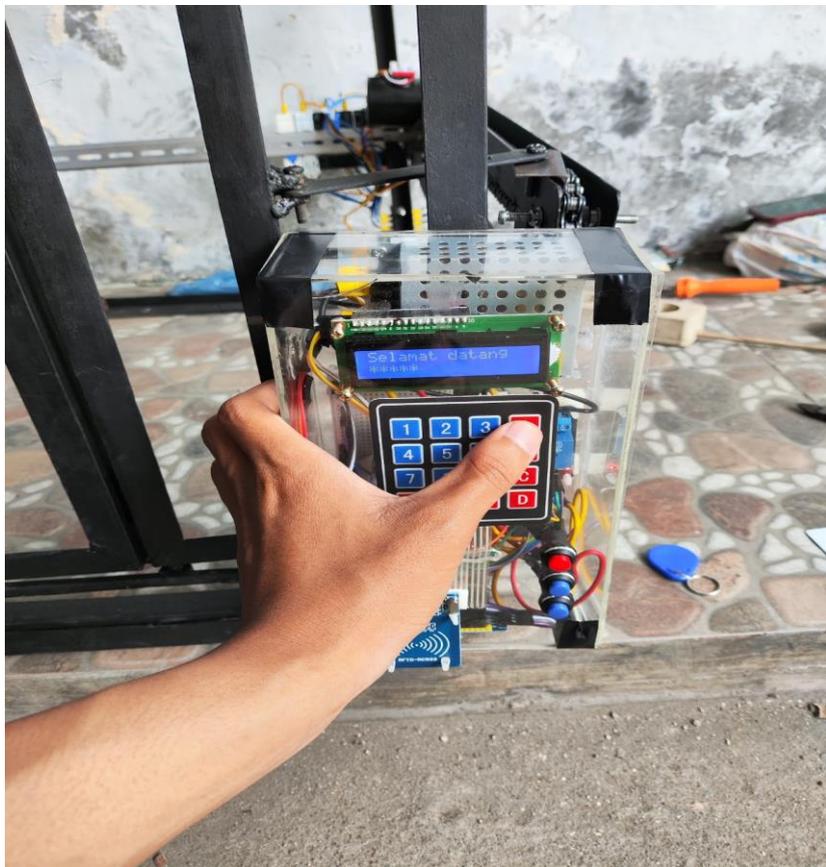
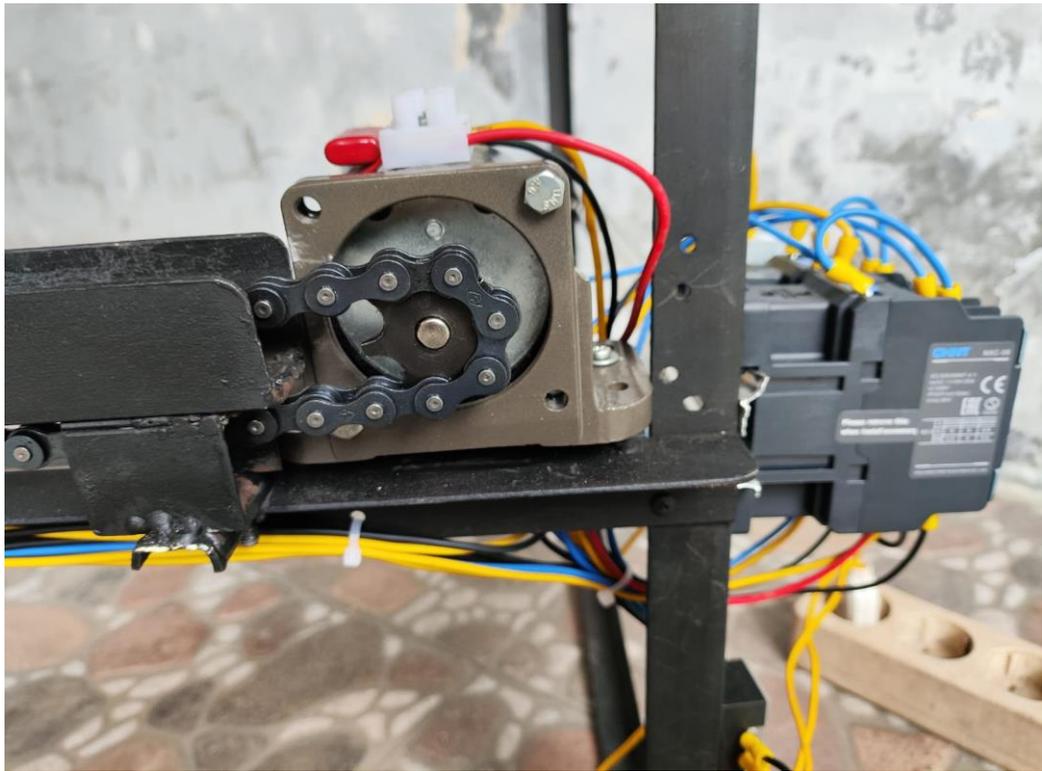
- Al Rizqi, F., Jadmiko, S. W., & Sunarto, S. (2021). Rancang Bangun Pengendali Pintu Garasi Otomatis Berbasis Arduino Melalui Aplikasi Smartphone. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar, 12*, 85–89.
- Andriansyah, R. A. (2017). *Lux Meter sebagai Alat Bantu & Alat Ukur Industri*. 6.
- Damanik, W. S., Pasaribu, F. I., Lubis, S., & ... (2021). Pengujian modul solar charger sontrol (SCC) pada teknologi pembuangan sampah pintar *Elektrikal Dan Energi* ..., 3(2), 89–93.
<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/v3i2.6491>
- Dzulfikar, D., & Broto, W. (2016). *Optimalisasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Surya Skala Rumah Tangga. V*, SNF2016-ERE-73-SNF2016-ERE-76.
<https://doi.org/10.21009/0305020614>
- Effendy, M. A. R. (2022). *Pengawasan Kapasitas Panel Surya Berbasis Iot Menggunakan Arduino Uno Pada Plts Pematang Johar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik*, 2(3), 1–13.
- Evalina, N., Azis H, A., Rimbawati, & Cholish. (2019). Efficiency analysis on the inverter using the energy-saving lamp. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 674(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/674/1/012034>
- Evalina, N., Irsan, F., & Azis, A. (2023). *The Use of Solar Power in Liquid Spraying Robots. 1*(2), 131–135.
- Evalina, N., Pasaribu, F. I., & Hutasuhut, A. A. (2022). Implementation of Solar Power Plant Capacity 200 WP with Solar Charge System for AC Load. *AIP Conference Proceedings*, 2499, 1–7. <https://doi.org/10.1063/5.0104940>

- Hayat, A., Sutreasman, O., Aminy, A. Y., Erwin, A., Putra, E., Arma, H., Arsyad, H., Amaliyah, N., Duma, G. A., & Sakka, A. (2022). *Aplikasi Sel Surya untuk Penerangan Warga di Pulau Balang Caddi Kabupaten Pangkajene dan Kepulauan*. 5, 224–235.
- Hidayati, Q., Yanti, N., & Jamal, N. (2020). Sistem Pembangkit Panel Surya Dengan Solar Tracker Dual Axis Dual Axis Solar Tracking System for Power Generation. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 68–75.
- Martawati, M. (2018). Analisis Simulasi Pengaruh Variasi Intensitas Cahaya Terhadap Daya Dari Panel Surya. *Jurnal Eltek*, 16(1), 125. <https://doi.org/10.33795/eltek.v16i1.92>
- Nugroho, D. A., & Lutfiani, Z. (2022). Rancang Bangun Penerapan Modul Node Mcu Sebagai Kontrol Pintu Garasi. *Jurnal Teknik Elektro Raflesia*, 2(1). <http://ejournal.polraf.ac.id/index.php/JTERAF/article/view/133%0Ahttps://ejournal.polraf.ac.id/index.php/JTERAF/article/download/133/151>
- Pasaribu, F. I., & Reza, M. (2021). Rancang Bangun Charging Station Berbasis Arduino Menggunakan Solar Cell 50 WP. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 46–55.
- Pawitra, I. P., Dharma, T., & Zambak, F. (2022). Optimalisasi Kecepatan Putaran Motor Listrik Sebagai Beban Pada PLTS 5 kWp (Aplikasi : Laboratorium Balai Besar Pengembangan Dan Penjamin Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Bangunan Dan Listrik Medan). *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 5(1). <https://doi.org/10.30596/rele.v5i1.10784>
- Purwoto, B. H., Jatmiko, J., Fadilah, M. A., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(1), 10–14. <https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>
- Rizal, I. & R. (2019). *Penerapan Teknologi Radio Frequency Identification (RFID) Pada Data Kunjungan Perpustakaan*. <http://index.unper.ac.id>

- Saghoa, Y. C., Sompie, S. R. U. A., & Tulung, N. M. (2018). Kotak Penyimpanan Uang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(2), 167–174.
- Setiawan, F. (2017). Pembuatan Prototype Solar Cell Sederhana Menggunakan Bahan Tembaga Dengan Media Air Laut. *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, 4(1), 5–14. <https://www.jurnal.sttkd.ac.id/index.php/ts/article/view/43>
- Suhartini, I. (2017). Pengendali Pintu Gerbang Dan Pintu Garasi Otomatis Berbasis Mikrokontroler Atmega16 the Automatic Control of the Gate and Gerage Based on Microcontroller Atmega16. *Teknik Elektro*.
- 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. <http://ejournal.ft.unsri.ac.id/index.php/AVoer/article/download/228/186>
- Zanofa, A. P., Arrahman, R., Bakri, M., & Budiman, A. (2020). Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3. *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer*, 1(1), 22–27. <https://doi.org/10.33365/jtikom.v1i1.76>

LAMPIRAN





DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Andika Putra
Alamat : Asahan Mati, Tanjung Balai Asahan
NPM : 1907220017
Tempat/Tanggal Lahir: Asahan Mati, 24 Juli 2001
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
No Hp : 082294359040
Email : andikaputra.ap373@gmail.com
Tinggi/Berat Badan : 172 cm/62 kg

ORANG TUA

Nama Ayah : Saiful Qudry
Agama : Islam
Ibu : Wirda Wati
Agama : Islam
Alamat : Tanjung Balai Asahan

RIWAYAT PENDIDIKAN

2007-2013 : SD Negeri 016540 Asahan mati
2013-2016 : Mts Muhammadiyah Sei Apung Jaya
2016-2019 : SMK Negeri 2 Tanjung Balai
2019-2024 : Tercatat Sebagai Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)

FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Andika Putra
NPM : 197220017
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : "Perancangan Prototype Pemanfaatan Panel Surya Pada Pintu Garasi Otomatis"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
	15/11-2023	Des Lurah	

Mengetahui,
Pembimbing I

Noorly Evalina, S.T., M.T



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA (UMSU)

FAKULTAS TEKNIK-TEKNIK ELEKTRO

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Andika Putra
NPM : 197220017
Fakultas/Jurusan : Teknik/ Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : "Perancangan Prototype Pemanfaatan Panel Surya Pada Pintu Garasi Otomatis"

No	Tanggal	Catatan Asistensi	Paraf Pembimbing
1	13/12-2023	Perbaiki pengaliran beban AC (Motor Ankransol)	Sidiq
	19/12-2023	Acc Sidiq TA	Sidiq

19/12-2023 Acc Sidiq
Mengetahui,
Pembimbing I
Noorly Evalina, S.T., M.T