

**PERANCANGAN PROTOTIPE PENYEDIAAN ENERGI
LISTRIK HYBRIDE (PLTS DAN PLTB JENIS
VENTILATOR) SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF
PENERANGAN RUANGAN**

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

Disusun Oleh:

AZKA NUR AZIZI

1707220007



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Azka Nur Azizi

NPM : 1707220007

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : **“ PERANCANGAN PROTOTIPE
PENYEDIAAN ENERGI LISTRIK HYBRIDE
(PLTS DAN PLTB JENIS VENTILATOR)
SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF
PENERANGAN RUANGAN ”**

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, 03 November 2022

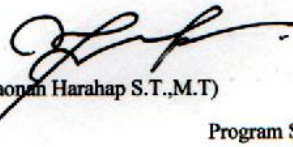
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



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

Dosen Pembimbing I/ Penguji



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

Dosen Pembimbing II/ Penguji



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

Program Studi Teknik

Elektro Ketua,



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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NamaLengkap : Azka Nur Azizi

Tempat/TanggalLahir : Medan, 18 Oktober 1999

NPM : 1707220007

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

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

“PERANCANGAN PROTOTYPE PENYEDIAAN ENERGI LISTRIK HYBRIDE (PLTS DAN PLTB JENIS VENTILATOR) SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PENERANGAN RUANGAN ”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik. Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik,

Medan, 23 Setember

2022

Saya Yang Menyatakan


Azka Nur Azizi

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga *hybrid* adalah jenis pembangkit listrik yang menggabungkan beberapa jenis energy sekaligus untuk memenuhi kebutuhan energy listrik pada beban yang sama. Jenis energi yang akan digabungkan adalah energi surya menggunakan panel surya dan energi angin menggunakan turbin ventilator. Pembangkit hybrid ini bertujuan untuk memudahkan saat pengisian otomatis dengan mikrokontroler arduino uno sehingga dapat menjaga keawetan baterai. Metode yang digunakan adalah panel surya mengubah cahaya menjadi listrik kemudian disimpan pada baterai oleh sebuah solar charger controller. Dari baterai tersebut kemudian dihubungkan pada beban. Baterai aki mampu menghasilkan tegangan tertinggi yaitu 13,7 V selama 240 Menit. Penelitian ini terdiri dari perangkat utama yaitu panel surya sebesar 50WP, turbin ventilator, Baterai 12V 7AH, Solar Charger Controller, arduino Atmega, relay 12,7v, sensor tegangan 12v, inverter 300watt. Hasil penelitian pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya adalah daya sebesar 75,29 Watt, Arus 5,04 A, dan Tegangan 14,94 Volt, Turbin Ventilator menghasilkan tegangan yaitu 2,09 V, 0,63 A, 1,31 W, dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya dan Turbin Ventilator adalah daya sebesar 82,17Watt, Arus 5,06 A, dan Tegangan 16,24V, berdasarkan hasil dari pengujian pada PLTH didapati daya cukup untuk bisa mensuplai energi pada beban yang akan digunakan.

Kata Kunci: Energi terbarukan, PLTS, PLTB, PLTH, Ventilator

Abstract

A hybrid power plant is a type of power plant that combines several types of energy at once to meet the needs of electrical energy at the same load. The type of energy that will be combined is solar energy using solar panels and wind energy using a turbine ventilator. This hybrid generator aims to facilitate automatic charging with the Arduino Uno microcontroller so that it can maintain battery life. The method used is the solar panel converts light into electricity and then stored in the battery by a solar charger controller. From the battery it is then connected to the load.. The battery is capable of producing the highest voltage of 13.7 V for 240 minutes. This research consists of the main devices, namely a 50WP solar panel, turbine ventilator, 12V 5AH battery, 12V 7AH battery, Solar Charger Controller, Arduino Atmega, 12.7v relay, 12v voltage sensor, 300watt inverter The results of the research on the Solar Power Plant are 75.29 Watt power, 5.04 A current, and 14.94V voltage, Turbine Ventilator produces that is 2,09 V, 0.63 A, 1.31 W, And The results of the research on the Solar Power Plant and Turbine Ventilator are 82.17Watt power, 5.06 A current, and 16.24V voltage, based on the results of testing on PLTH it was found that there was sufficient power to be able to supply energy to the load to be used.

Keywords: Renewable energy, PLTS, PLTB, PLTH, Hybrid, Ventilator

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat 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 Prototipe Penyediaan Energi Listrik Hybride(PLTS dan PLTB Jenis Ventilator) Untuk Sebagai Energi Alternatif Penerangan Ruangan” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S,T,, M.T. selaku Dosen Pembimbing Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregarr, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Ibu Elvy Sahnur, S.T., Mpd. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.
6. Orang tua penulis: Ruslan dan Sri Purwaningsih, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Sahabat-sahabat penulis : Muhammad Ricki Prayuda ,Supriadi ,Kevin Faharian, Erianto Syahputra, Afif hafizi, Muhammad Alfian dan Muhammad Rifai .
9. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro B1 Pagi Stambuk 2017.

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

Medan, 23 september 2022

Penulis

Azka Nur Azizi

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	4
2.2 Landasan Teori.....	4
2.2.1 Sejarah Sel Surya	5
2.2.2 Sel Surya	6
2.2.3 Kritalis Sel Surya	6
2.3 Panel Surya	7
2.3.1 Cara Kerja Panel Surya.....	9
2.3.2 Faktor Pengoprasian Sel Surya	10
2.3.3 Posisi Modul Surya Terhadap Gerakan Arah Matahari.....	12
2.3.4 Struktur Sel Surya	13
2.3.5 Energi Lisrik	15
2.3.6 Arus Dan Tegangan	15
2.3.7 Daya Input.....	15
2.3.8 Daya Output	16
2.3.9 Fill Faktor (FF)	16
2.3.10 Efisiensi Sel Surya	16

2.4 Baterai/Aki	17
2.4.1 Jenis-Jenis Baterai.....	17
2.4.2 Kontruksi Baterai	18
2.4.3 Prinsip Kerja Baterai.....	19
2.4.4 Baterai Discharger Dan Recharger	20
2.5 Arduino Uno	22
2.6 Solar Charge Controller	23
2.7 Inverter	25
2.8 Aplikasi Pemanfaatan PLTS	27
2.9 Sejarah Turbin Angin.....	28
2.9.1 Potensi Energi Angin	29
2.9.2 Cara Kerja Turbin Ventilator	30
2.9.3 Jenis-Jenis PLTB.....	30
2.9.4 Efisiensi Rotor.....	32
2.9.5 Diameter Rotor	33
2.10 Relay	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian	35
3.1.1 Waktu	35
3.1.2 Tempat.....	35
3.2 Peralatan Dan Bahan	36
3.2.1 Peralatan	36
3.2.2 Bahan.....	36
3.3 Bagan Rangkaian.....	41
3.4 Prosedur Penelitian	42
3.4.1 Metode Pengambilan Data.....	42
3.4.2 Metode Pengolahan Data	43
3.5 Bagan Aliran Penelitian	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Pembahasan.....	45

4.2 Analisa	46
4.2.1 Analisa Kebutuhan Energi.....	46
4.3 Hasil Perancangan Dan Pengujian Sistem	46
4.3.1 Pengujian Panel Surya Dan Turbin	46
4.4 Pengujian Program Keseluruhan Rangkaian.....	51
4.5 Pengujian Pada Beban.....	54
4.6 Sistem Kerja Perancangan.....	57
BAB V PENUTUPAN.....	60
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Panel Surya.....	4
Gambar 2.2 Proses perubahan energy matahari menjadi energy listrik pada sel Surya	7
Gambar 2.3 Medan listrik di daerah pengosongan beratah dari kanan ke kiri.....	8
Gambar 2.4 Arah gerak difusi electron-hole: difusi dari pembawa muatan mayoritas dan dari muatan minoritas	8
Gambar 2.5 Modul panel surya.....	9
Gambar 2.10 Karakteristik penurunan voltage terhadap kenaikan temperatur.....	10
Gambar 2.11 Thermometer	11
Gambar 2.12 Struktur Sel Surya	14
Gambar 2.13 Baterai / Aki sebagai penyimpan energi listrik	17
Gambar 2.14 Kontruksi Baterai	19
Gambar 2.15 Proses pengosongan dan pengisian baterai	20
Gambar 2.16 Proses Pengosongan Baterai (discharge).....	21
Gambar 2.17 Proses pengisian baterai (Recharge)	21
Gambar 2.18 Arduino uno.....	22
Gambar 2.19 solar charge controller	24
Gambar 2.20 Inverter	25
Gambar 2.21 Prinsip Kerja Rangkaian Inverter 500 watt	26
Gambar 2.22 Sistem Grid-connected distributed	27
Gambar 2.23 turbin ventilator	29
Gambar 2.24 prinsip kerja turbin ventilator.	30
Gambar 2.25 Turbin angin sumbu horizontal.	31
Gambar 2.26 Turbin Angin Sumbu Vertikal.	32
Gambar 2.27 Efisiensi rotor dan soliditas rotor	32
Gambar 2.28 Efisiensi rotor untuk berbagai tipe turbin angin.....	33
Gambar 2.30 Struktur relay.....	34
Gambar 3.1 Panel surya jenis polycrystalline	37
Gambar 3.2 Turbin Ventilator	37
Gambar 3.3 Motor DC.....	37
Gambar 3.4 Relay	38

Gambar 3.5	Solar charge controller	38
Gambar 3.6	Inverter	38
Gambar 3.7	MCB DC.....	39
Gambar 3.8	Baterai	39
Gambar 3.9	kabel penghubung.....	39
Gambar 3.10	Arduino uno.....	40
Gambar 3.11	Sensor tegangan.....	40
Gambar 3.12	Bagan Rangkaian Pada Panel Surya dan Ventilator.....	41
Gambar 3.13	Perancangan Rangkaian Keseluruhan	41
Gambar 3.14	Rancangan Rangkaian	42
Gambar 3.15	Bagan Alir Penelitian	44
Gambar 4.1	Ventilator Dan Panel Surya.....	47
Gambar 4.2	Proses Pengukuran Tegangan Panel Surya Dan Turbin Ventilator	49
Gambar 4.3	Membaca Sensor Tegangan	53
Gambar 4.4	Pengujian Pada Beban.....	54
Gambar 4.5	Daya Baterai Sebelum Digunakan	55
Gambar 4.6	Daya Baterai Setelah Digunakan	55
Gambar 4.7	Percobaan Dengan Dua Lampu.....	56
Gambar 4.8	Sebelum Dan Sesudah Percobaan	56
Gambar 4.9	Bagan Rangkaian Pada Panel Surya Dan Ventilator.....	57
Gambar 4.10	Perancangan Rangkaian Keseluruhan	58
Gambar 4.11	Perancangan Keseluruhan	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Posisi Kemiringan Instalasi Panel Surya	13
Tabel 3.1 Tabel Jadwal Penelitian	35
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Panel Surya Dan Ventilator	47
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Arus Dan Daya Output hybrid	48
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Selama 11 jam	50
Tabel 4.4 Pengujian rangkaian sumber daya hybrid	50
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Arus Dan Daya Output Ventilator.....	52
Tabel 4.6 Hasil Pengukuran panel Surya Dan Ventilator	52
Tabel 4.7 Percobaan dengan Beban 2 Lampu 5 Watt	56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan akan energi yang terus meningkat dan semakin menipisnya cadangan minyak bumi memaksa manusia untuk mencari sumber energi alternatif. Negara-negara maju juga telah bersaing dan berlomba membuat terobosan-terobosan baru untuk mencari dan menggali serta menciptakan teknologi baru yang dapat menggantikan minyak bumi sebagai sumber energi. Pertumbuhan ekonomi dan permintaan kebutuhan akan tenaga listrik yang terus meningkat perlu diimbangi dengan usaha penyediaan tenaga listrik meliputi usaha pembangkitan, transmisi, distribusi dan penjualan tenaga listrik.

Sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* merupakan suatu alternatif energi dengan menggunakan sistem yang menggabungkan beberapa sumber energi konvensional maupun energi terbarukan seperti pembangkit tenaga surya dan angin. Alat prototipe pembangkit dengan sistem *hybrid* mampu mengefektifkan sistem pembangkit listrik dengan saling membeck-up saling memenuhi kekurangan dari masing- masing pembangkit listrik

Komponen utama yang membangun PLTS yaitu *solar module*. yang berfungsi sebagai perubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Komponen ini mengkonversikan energi dari cahaya matahari menjadi energi listrik. *Solar cell* merupakan komponen vital yang umumnya terbuat dari bahan semikonduktor. Energi listrik yang dihasilkan oleh solar sel tunggal sangat kecil sehingga dibutuhkan beberapa solar sel yang digabungkan menjadi sebuah panel yang disebut dengan panel surya atau panel solar photovoltaic. Pada prinsipnya pemanfaatan energi surya sebagai tenaga pembangkit energi listrik bertumpu pada sebuah elemen foto listrik yang berfungsi sebagai pengubah energy cahaya menjadi energi listrik yang biasa disebut sel surya atau solar cell.

Penelitian ini menghasilkan prototipe pembangkit listrik hibrid berbasis arduino uno sebagai pengontrolan saat pengisian kedua baterai dan penggunaan baterai pada beban yang akan di gunakan

Prosedur penelitian ini mencakup studi pustaka, pengambilan data, perancangan model, pengujian, analisa data dan kesimpulan. Pemanfaatan energi terbarukan terutama berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/Angin (PLTB) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dapat dilakukan dengan pendekatan yang berbeda.

Maka dari itu penulis mengangkat judul “PERANCANGAN PROTOTIPE ENERGI LISTRIK HYBRIDE (PLTS DAN PLTB JENIS VENTILATOR) SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PENERANGAN RUANGAN “. **Alat ini ditujukan untuk memanfaatkan udara yang di dalam ruangan untuk memutar ventilator menjadi energi listrik dan solar cell yang berfungsi sebagai perubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik”.**

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana sistem perancangan PLTB dan PLTS.
2. Bagaimana sistem kerja PLTB dan PLTS.
3. Bagaimana hasil dan pemanfaatan PLTB dan PLTS.

1.3 Tujuan penelitian

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

1. Untuk mengetahui sistem perancangan PLTB dan PLTS.
2. Untuk mengetahui sistem kerja PLTB dan PLTS.
3. Untuk mengetahui hasil dan pemanfaatan untuk PLTB dan PLTS.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Dalam hal ruang lingkup penelitian, dapat dilihat sebagai berikut :

1. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/angin (PLTB) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).
2. Sistem kerja Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/angin (PLTB) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).
3. Penggunaan Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu/angin (PLTB) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penulis adalah :

1. Manfaat bagi mahasiswa

Bagi penemuan penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi mahasiswa untuk menambah pengetahuan yang berkaitan dengan PLTS dan PLTB. Hasil penelitian ini juga dapat dijadikan landasan empiris bagi mahasiswa teknik elektro selanjutnya.

2. Manfaat bagi masyarakat

Sebagai titik acuan bahwa alat yang ditemukan ini bisa digunakan bagi masyarakat luas untuk mengetahui perkembangan teknologi yang ada di Indonesia.

1.6 Sistematika Penulisan

Skripsi tersusun atas beberapa BAB pembahasan Sistematika tulisan tersebut adalah sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada BAB ini menguraikan secara singkat latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah dan metodologi penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada BAB ini berisipembahasan secara garis besar tentang PLTS dan PLTB.

BAB III : METODOLOGI

Pada BAB ini akan menerangkan tentang lokasi penelitian, peralatan dan bahan, diagram alir/*flowchat*,diagram *ladder* serta jadwal kegiatan dan hal-hal yang berhubungan dengan proses perancangan.

BAB IV : ANALISIS DAN PENGUJIAN

Pada BAB ini berisi hasil perancangan prototipe.

BAB V : PENUTUP

Pada BAB ini berisi tentang kesimpulan dan saran penulisan skripsi.

DAFTAR PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Penelitian ini adalah pengembangan dari penelitian-penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh beberapa di bidang teknik elektro, yaitu:

Septian Dhimas Prasetyo (2018) Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara melakukan penelitian rancang bangun pembangkit hybrid tenaga angin dan sel surya untuk penerangan jalan raya.

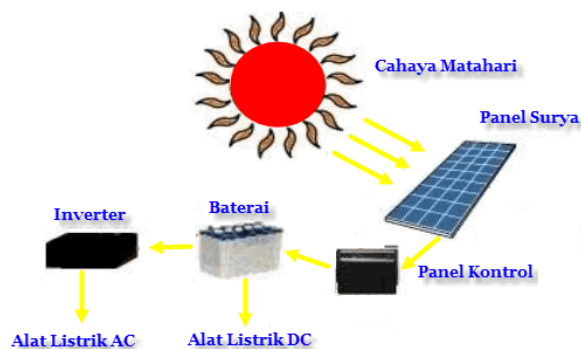
Muhammad Ariadi (2020) Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara melakukan penelitian pengujian performa kerja plts dan pltb menggunakan suhu dan kecepatan angin.

Suhardi Istiawan (2019) Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara melakukan penelitian pengaruh intensitas dan temperatur permukaan panel surya pada berbagai jenis sel surya.

Diana Hidayanti (2020) Jurusan Teknik Elektro Universitas Politeknik Negeri Semarang mealukan penelitian Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin dan Surya dengan Penggerak Otomatis pada Panel Surya.

2.2 Landasan Teori

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya/energi matahari menjadi energi listrik.



Gambar 2.1 Panel Surya

Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat

menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar. Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan (PLTS) terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

- a. Modul Surya, yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik arus searah.
- b. Baterai, yang berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh modul surya.
- c. Solar Charger Controller, yang berfungsi untuk mengatur pengisian baterai.
- d. Inverter, yang berfungsi untuk mengubah listrik arus searah menjadi arus bolak-balik.

Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) dengan mengkombinasikan energy angin dan tenaga surya merupakan teknologi penyediaan listrik berkelanjutan yang semakin populer karena sifatnya yang ramah lingkungan dan tidak banyak terkendala dengan alih fungsi lahan, di samping itu teknologi pembangkitan energy listrik di sector ini semakin berkembang pesat.

Dalam membangun suatu pembangkit listrik hibrid yang memanfaatkan sumber energi angin dan tenaga surya sebagai upaya pemenuhan kebutuhan listrik, dibutuhkan beberapa komponen pendukung, antara lain turbin angin, panel surya, sistem kontrol hybrid, baterai dan inverter(Fadhli & Syahputra, 2019).

2.2.1 Sejarah Sel Surya

Aliran listrik matahari (surya) pertamakali ditemukan oleh *Aleander Edmond Beequerel* yang merupakan seorang ahli fisika yang berasal dari Jerman pada abad ke-19. Ia menangkap peristiwa dimana secara kebetulan berkas sinar matahari mengenai larutan elektron kimia yang mengakibatkan peningkatan muatan elektron. Setelah satu abad berlalu yakni pada awal abad ke-20, *Albert Einstein* mulai mengembangkan penemuan tersebut. Einstein menamai penemuan *Alexander Admond Beequerel* dengan nama "*Photoelectric effect*" yang menjadi dasar pengertian "*Photovoltaic effect*". Einstein melakukan pengamatan pada sebuah lempeng metal yang melepaskan foton partikel energi cahaya ketika energi matahari mengenainya. Foton-foton tersebut secara terus-menerus

mendesak atom metal, sehingga terjadi partikel energi foton bersifat gelombang energi cahaya (Suhardi, 2019).

Solar cell merupakan pembangkit listrik yang mampu mengkonversi sinar matahari menjadi arus listrik. Energi matahari sesungguhnya merupakan sumber energi yang paling menjanjikan mengingat sifatnya yang berkelanjutan (sustainable) serta jumlahnya yang sangat besar. Matahari merupakan sumber energi yang diharapkan dapat mengatasi permasalahan kebutuhan energi masa depan setelah berbagai sumber energi konvensional berkurang jumlahnya serta tidak ramah terhadap lingkungan.

Jumlah energi yang begitu besar yang dihasilkan dari sinar matahari, membuat solar cell menjadi alternatif sumber energi masa depan yang sangat menjanjikan. Solar cell juga memiliki kelebihan menjadi sumber energi yang praktis mengingat tidak membutuhkan transmisi karena dapat dipasang secara modular di setiap lokasi yang membutuhkan (Rohana & Zulfikar, 2015).

2.2.2 Sel Surya

Sel surya adalah peralatan yang mengkonversi energi matahari menjadi listrik arus searah *Direct Current*. Bentuk sel surya yang paling umum didasarkan pada efek *photovoltaic* PV. Bila sel surya ditempatkan di bawah cahaya matahari maka foton-foton yang dipancarkan oleh matahari mengenai permukaan sel surya dan terus menembus sambungan p-n. Foton matahari terus menggerakkan elektron bebas dan lubang *hole* tersebut. Di daerah p-n inilah terjadi produksi listrik. Elektron dan hole selanjutnya mengalir melalui kontak-kontak listrik yang dibuat pada bagian atas dan bawah sel (Saputra et al., 2017)

2.2.2 Kristalis Sel Surya

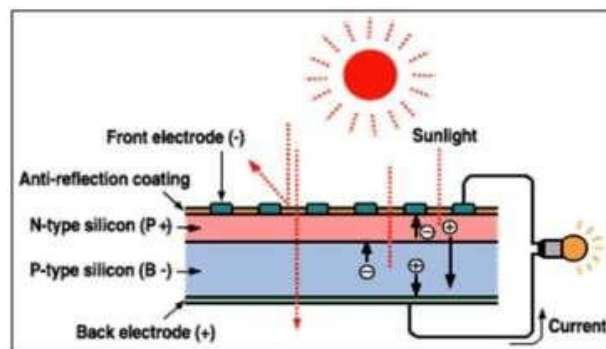
Sel-sel surya yang dapat dibuat dari berbagai macam bahan semikonduktor dengan jenis *kristal* yang berbeda-beda antara lain:

- a. Silikon (Si) – termasuk diantaranya Si *monokristalin*, Si *polikristalin*, dan Si *amorph*.
- b. Lapisan tipis polikristalin – diantaranya adalah, *copper indium diselenida* (CIS), Cadmium tellurida, dan lapisan tipis silikon.

Lapisan tipis *thin film monokristalin* termasuk diantaranya, bahan berefisiensi tinggi seperti gallium arsenida (GaAs).

2.3 Panel Surya

Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang di susun sedemikian rupa sehingga didapatkan output sesuai dengan yang diinginkan. Dari kumpulan sel surya ini dapat dikonversi cahaya matahari menjadi listrik arus searah. Dengan menambahkan baterai yang dihubungkan dengan panel surya, maka daya hasil konversi cahaya matahari menjadi listrik dapat disimpan sebagai cadangan energilistrik. Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe P dan N *P-N junction semiconductor* yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik. Proses pengubahan energi matahari menjadi energi listrik ditunjukkan dalam Gambar 2.2 di bawah ini.

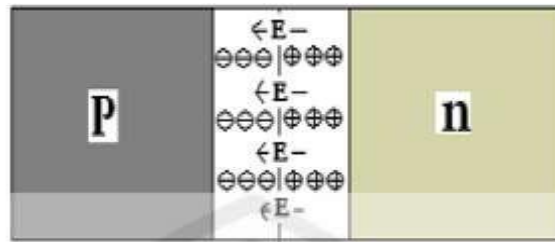


Gambar 2.2 proses Pengubahan Energi Matahari menjadi Energi Listrik pada Sel Surya

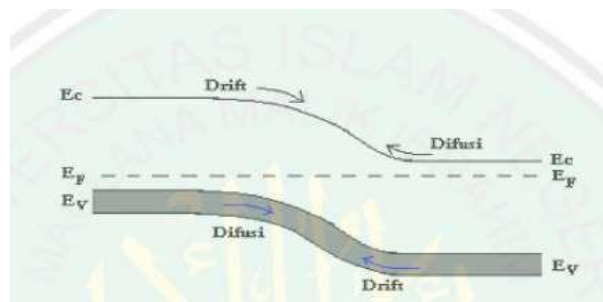
Bagian utama pengubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah penyerapan *absorber*, meskipun demikian masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari sel surya. Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik, oleh karena itu penyerap disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin radiasi sinar yang berasal dari cahaya matahari (Syukri & Azhar, 2022).

Hole secara kontinyu meninggalkan tipe-p dan menyebabkan ion negatif akseptor tertinggal di dekat sambungan. Begitupun dengan elektron yang meninggalkan tipe-n akan menyebabkan beberapa ion positif donor tertinggal di dekat sambungan. Bagitupun dengan elektron yang

meninggalkan tipe-n akan menyebabkan beberapa ion positif donor tertinggal didekat sambungan Gambar 2.3 Sebagai konsekuensinya ruang muatan negatif terbentuk didaerah tipe-p dan ruang muatan positif terbentuk didaerah tipe-n dekat sambungan sampai tepat pada sambungan p-n terjadi daerah tanpa muatan nenas yang daerah pengosongan *depletionregion* (Hasanah et al., 2019)



Gambar 2.3 Medan listrik di daerah pengosongan berarah dari kanan ke kiri

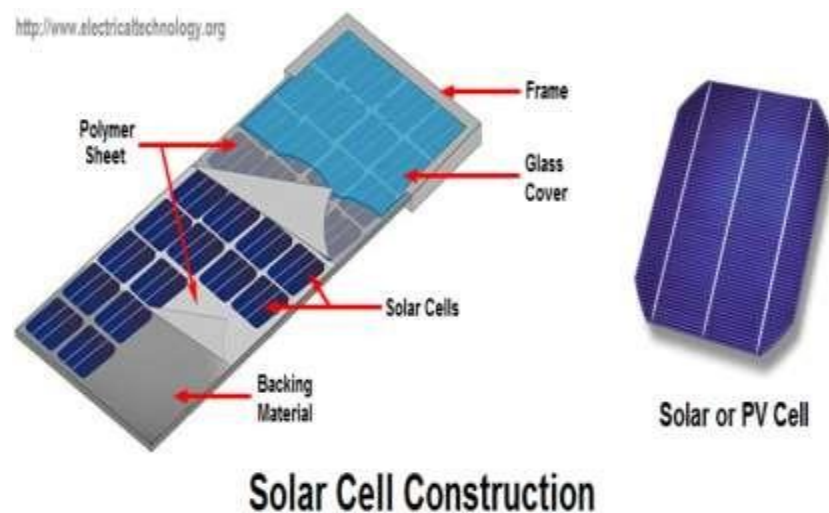


Gambar 2.4 Arah gerak difusi elektron-hole: difusi dari pembawa muatan mayoritas dan drift dari pembawa muatan minoritas

Medan listrik internal mempunyai arah yang berlawanan dengan arus difusi tiap pembawa muatan. Gambar: 2.4 memperhatikan bahwa difusi hole bergerak dari kiri ke kanan dan arus drift hole bergerak dari kanan ke kiri. Sebaliknya, arah difusi elektron dari kanan ke kiri dan arah drift hole bergerak dari kiri kekanan. Ketika radiasi sinar matahari mengenai sel surya, maka akan terjadi serapan foton sehingga terjadi pasangan elektron-hole. Oleh karena pengaruh medan listrik internal di atas, maka hole akan bergerak menuju p dan elektron akan bergerak menuju n, sehingga keduanya menghasilkan arus foto. Pada depletion layer dapat pula terbentuk pasangan elektron-hole dan akan

bergerak menuju ke arah mayoritas sehingga menghasilkan arus generasi(Syukri & Azhar, 2022)

Panel surya merupakan sel *Fotovoltaik* yang merubah energi dari cahaya matahari langsung menjadi listrik oleh efek *fotovoltaik*. Fungsi sel surya adalah menangkap energi yang terdapat pada sinar matahari (Hasana h et al., 2019)



Gambar 2.5 Modul Panel Surya

2.3.1 Cara Kerja Panel Surya

Cara kerja panel surya sebagai berikut, Panas dari cahaya matahari ditangkap oleh sel surya, kemudian dirubah menjadi energi listrik. Energi yang dihasilkan tersebut kemudian dimasukkan kedalam rangkaian tambahan untuk mengelolanya supaya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari. Cara umum panel surya dibagi menjadi 3, yaitu

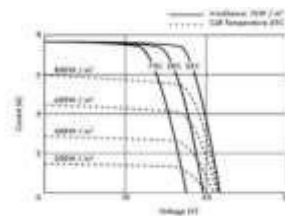
1. Solar *therma*, memiliki fungsi sebagai panel surya.
2. Panel, berfungsi untuk memproduksi aliran elektron yang berfungsi sebagai efek *fotovoltaik*, atau untuk memproduksi aliran elektron sinar matahari oleh dua lempeng diode.
3. Panel *hybride* yang memiliki peran untuk menggabungkan fungsi kedua panel tersebut.(Syukri & Azhar, 2022)

2.3.2 Faktor Pengoprasian Sel Surya

Pada pengoprasian sel surya pastinya terdapat komponen yang menjadi faktor x agar selsurya dapatberoperasi secaramaksimal, faktor xtersebut adalah:

a. Ambien Air Temperatur

Sel surya dapat beroperasi secara maksimal jika temperatur sel tetap normal pada 25 derajat celsius. Kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada sel surya akan melemahkan tegangan Voc.



Gambar 2.10 Karakteristik penurunan voltage terhadap kenaikan temperatur

Gambar 2.10 menunjukkan setiap kenaikan temperatur sel surya 10 derajat celcius dari 25 derajat celcius akan berkurang sekitar 0,4% pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali lipat untuk kenaikan temperatur sel per 10 derajat celcius

Temperatur sel surya, T_c adalah temperatur yang diukur pada permukaan panel surya. Pada malam hari, nilai temperatur ini sama dengan temperatur lingkungan sekitarnya, namun pada siang hari saat terik matahari, nilai temperatur ini dapat mencapai 30°C atau lebih diatas temperatur lingkungan sekitarnya..



Gambar 2.11 Thermometer

Prinsip kerja *thermometer* memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (volt) dengan temperatur, tiap temperatur memiliki tegangan tertentu pula, pada temperatur yang sama, logam A memiliki tegangan yang berbeda dengan logam B, terjadi beda tegangan yang dapat dideteksi dari input temperatur lingkungan setelah melakukan termokopel terdeteksi sebagai perbedaan tegangan

b. Radiasi Matahari

Radiasi matahari di bumi pada lokasi yang berbeda akan bervariasi dan sangat tergantung dengan keadaan spektrum matahari ke bumi. Insolasi matahari akan banyak berpengaruh terhadap arus (I) dan sedikit terhadap tegangan.

c. Atmosfir Bumi

Keadaan atmosfer bumi yang berawan mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara, kabut dan polusi sangat berpengaruh untuk menentukan hasil maksimal arus listrik dari sel surya (Pahlevi, 2014).

d. Tiupan Angin

Kecepatan tiupan angin disekitar lokasi sel surya sangat membantu terhadap permukaan sel surya sehingga temperatur dapat terjaga dikisaran 25°C .

e. Orientasi Panel

Orientasi dari rancangan panel ke arah matahari secara optimal memiliki efek yang sangat besar untuk menghasilkan energi yang maksimum. Selain arah orientasi sudut, orientasi dari panel juga sangat mempengaruhi hasil energi yang maksimum. Untuk lokasi yang terletak

dibelahan utara, maka panel sebaiknya diorientasikan ke selatan. Begitu juga yang letaknya dibelahan selatan, maka panel sebaiknya diorientasikan ke utara. Ketika panel diorientasikan ke barat atau ke timur sebenarnya akan tetap menghasilkan energi, namun energi yang dihasilkan tidak akan maksimal

f. Posisi letak sel surya terhadap matahari

Mempertahankan sinar matahari jauh ke sebuah permukaan modul surya secara tegak lurus akan memperoleh energi maksimum 1000 w/m^2 atau 1 kw/m^2 untuk mempertahankan tegak lurusnya sinar matahari terhadap panel surya dibutuhkan pengukuran posisi modul surya, karena *sun altitude* akan berubah setiap jam dalam sehari (Harahap, 2020).

2.3.4 Posisi Modul Surya Terhadap Gerakan Arah Matahari

Posisi kemiringan panel surya juga dapat menentukan daya yang dihasilkan panel surya. Kemiringan panel surya dapat ditentukan dari garis lintang lokasi pemasangan panel surya (Iqtimal & Sara & Syahrizal, 2018).

Untuk mengetahui energi radiasi yang jatuh pada permukaan bumi dibutuhkan beberapa parameter letak kedudukan dan posisi matahari, hal ini perlu untuk mengkonversikan harga fluks berkas yang diterima dari arah matahari menjadi hubungan harga ekuivalen ke arah normal permukaan. Berikut ini adalah beberapa definisi yang digunakan, antara lain :

1. Sudut datang θ adalah sudut antara sinar datang dengan normal pada permukaan pada sebuah bidang.
2. Sudut latitude ϕ pada suatu tempat adalah sudut yang dibentuk oleh garis radial ke pusat bumi pada suatu lokasi dengan proyeksi garis pada bidang equator. Sudut deklinasi berubah harga maksimum $+23,450$ pada tanggal 21 juni ke harga minimum $-23,450$ pada tanggal 21 desember. Deklinasi 00 terjadi pada tanggal 21 maret dan 22 desember.
3. Sudut Zenit θ_Z adalah sudut yang dibuat oleh garis vertikal ke arah zenit dengan garis ke arah titik pusat matahari.

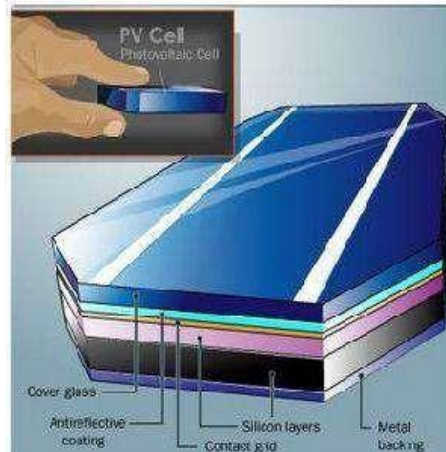
4. Sudut Azimuth δZ adalah sudut yang dibuat oleh garis bidang horizontal antara garis selatan dengan proyeksi garis normal pada bidang horizontal. Sudut azimuth positif jika normal adalah sebelah timur dari selatan dan negatif pada sebelah barat dan selatan.
5. Sudut latitude α adalah sudut yang di buat oleh garis ke titik pusat matahari dengan garis proyeksinya pada bidang horizontal.
6. Sudut kemiringan (slope) β adalah sudut kemiringan yang di buat oleh permukaan bidang dengan horizontal

Tabel 2.1 Posisi kemiringan instalasi panel surya

Garis Lintang	Sudut Kemiringan
0 - 15°	15°
15 - 25°	25°
25 - 30°	30°
30 - 35°	40°
35 - 40°	45°
40 - 90°	65°

2.3.5 Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains dan teknologi jenis-jenis teknologi sel surya pun berkembang dengan berbagai inovasi. Ada yang disebut sel surya generasi satu, dua, tiga dan empat, dengan struktur atau bagian-bagian penyusun sel yang berbeda pula. Struktur dari sel surya yang umum berada dipasaran saat ini yaitu sel surya berbasis material silikon yang juga secara umum mencakup struktur sel surya generasi pertama (sel surya silikon). Sel surya memiliki beberapa bagian didalam pembuatannya. Pada Gambar 2.8 ada lima tipe umum struktur sel surya



Gambar 2.12 Struktur Sel Surya

1. Substrat / *Metal backing*
 Substrat adalah material yang menompang seluruh komponen sel surya. Material substrat juga harus mempunyai konduktifitas listrik yang baik karena juga berfungsi sebagai kontak terminal positif sel surya, sehingga umumnya digunakan material metal atau logam seperti aluminium atau *moly denum*.
2. Material semikonduktor / *Silicon layers*
 Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari.
3. Kontak metal / *Contact grid*
 Selain substrat sebagai kontak positif diatas sebagai material semi konduktor biasanya dilapiskan material konduktif transparan sebagai kontak negatif.
4. Lapisan antire flaktif/ *Antrieflective coanting*
 Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semi konduktor, oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh inti-refleksi.
5. Enkapsulasi/ *Converglass*
 Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi surya dari hujan atau kotoran (Syukri & Azhar, 2022)

2.3.6 Energi Listrik

Sinar matahari dapat menghasilkan energi listrik. Sebuah sel surya tidak tergantung pada besaran luas bidang silikon, dan secara konstan akan menghasilkan energi berkisar antara 0,5 volt maksimum 600 mV pada 2 ampere, dengan kekuatan radiasi solar matahari $1000 \text{ W/m}^2 = \text{“1 Sun”}$ akan menghasilkan arus listrik sekitar 30 mA/cm^2 per sel surya (Fadhli & Syahputra, 2019)

2.3.7 Arus dan Tegangan

Atom ialah sebuah material yang disusun berdasarkan partikel-partikel yang sangat kecil. Atom terdiri dalam berbagai gabungan yang terdiri partikel-partikel sub-atom, susunan tersebut diantaranya adalah elektron yang disebut partikel subatom yang bermuatan negatif, proton salah satu jenis partikel bermuatan positif, dan neutron salah satu jenis partikel bermuatan netral dalam berbagai gabungan. Pada suatu rangkaian terdapat suatu resistansi atau hambatan (R) oleh karena itu rangkaian tersebut akan muncul hukum ohm. Hukum ohm mendefinisikan hubungan antara arus (I), tegangan (V), dan resistansi atau hambatan (R)

Berikut merupakan rumusan persamaan dari ketiganya:

Keterangan:

I = arus (ampere)

V = tegangan (Volt)

R = hambatan (ohm)

2.3.8 Daya Input

Sebelum mengetahui berapa nilai daya yang dihasilkan harus mengetahui daya yang diterima, dimana daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas area panel surya dengan persamaan (Syukri & Azhar, 2022)

Keterangan:

P_{in} = Daya input akibat *irradiance*

I_r = Intensitas radiasi matahari

A = Luas area permukaan *photovoltaic module* (m^2)

2.3.9 Daya Output

Sedangkan untuk besarnya daya pada sel surya (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (V_{oc}), arus hubung singkat (I_{sc}), dan *Fill Factor* (FF) yang dihasilkan oleh sel *Photovoltaic* dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut: (Ningsih, 2020)

Keterangan :

- P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh solar sel (watt)
- V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada solar sel (volt)
- I_{sc} = Arus hubung singkat pada solar sel (ampere)
- FF = *Fill Factor*

Dengan :

- P_{rata} = Daya rata-rata (watt)
- P_1 = Daya pada titik pengujian ke satu
- P_2 = Daya pada titik pengujian ke dua
- P_n = Daya pada titik pengujian ke n (Asrul, Demak, Hatib. 2016).

2.3.10 Fill Faktor (FF)

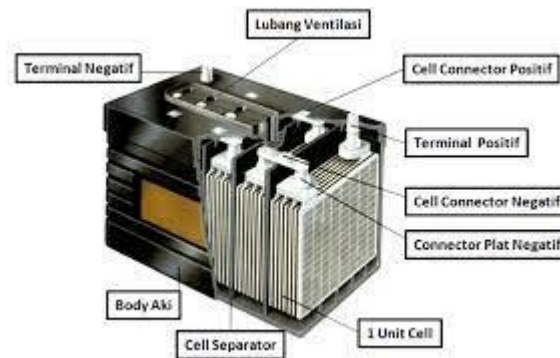
Faktor pengisi merupakan nilai rasio tegangan dan arus pada keadaan daya maksimum dan tegangan *open circuit* (V_{oc}) dan arus *short circuit* (I_{sc}) Persamaan *fill factor* digunakan untuk mengukur bagaimana luas persegi pada karakteristik I-V suatu sel surya. Harga *fill factor* dapat merupakan fungsi V_{oc} .

2.3.11 Efisiensi Sel Surya

Efisiensi yang terjadi pada sel surya adalah merupakan perbandingan daya yang dapat dibandingkan oleh sel surya dengan energi input yang diperoleh dari *irradince* matahari. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data (Priatam, 2021).

2.4 Baterai/aki

Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energy yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akkumulator adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikkan) dengan efisiensinya yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia reversible adalah di dalam baterai dapat berlangsung proses perubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda – elektroda yang dipakai yaitu, dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel. (Pasaribu & Reza, 2021)



Gambar 2.13 Baterai / Aki sebagai penyimpan energi listrik

2.4.1 Jenis-jenis Baterai

Ada beberapa jenis baterai, yaitu :

a. Baterai Asam

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

b. Baterai Alkali

Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali yang terdiri dari :

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

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

Pada saat baterai diisi (*charging*), terjadilah penimbunan muatan listrik. Jumlah maksimum muatan listrik yang dapat ditampung oleh baterai disebut kapasitas baterai dan dinyatakan dalam bentuk ampere dam (*Ampere hour*) (Hamid et al., 2016). Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

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

Dimana :

N = kapasitas baterai aki

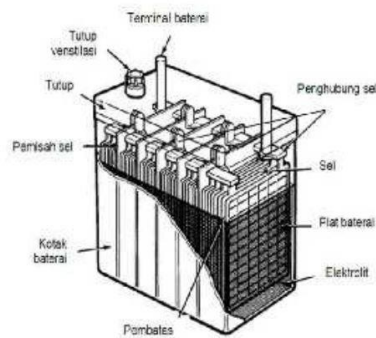
I = kuat arus (*ampere*)

t = waktu (jam/*sekon*)

2.4.2 Kontruksi Baterai

Komponen – komponen baterai terdiri atas :

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

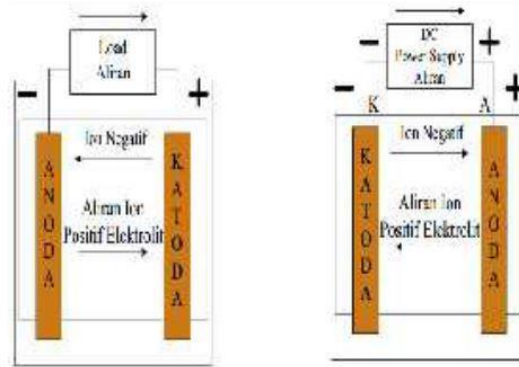


Gambar 2.14 Kontruksi Baterai

2.4.3 Prinsip Kerja Baterai

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

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



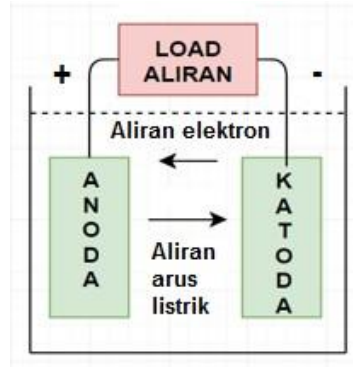
Gambar 2.15 Proses pengosongan dan pengisian baterai

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

2.4.4 Baterai Discharger Dan Recharge

A.Pengosongan (discharge)

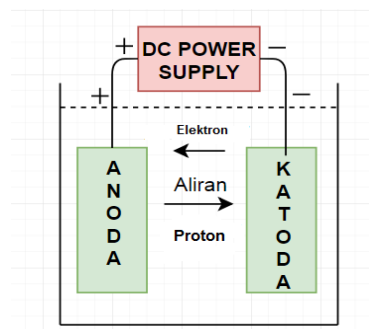
Proses pengosongan ini terjadi ketika baterai digunakan untuk mensuplai beban. Pada saat baterai sedang digunakan untuk mengaliri beban maka akan ada dua aliran yang terjadi yaitu aliran di dalam baterai atau disebut juga internal circuit dan aliran yang terjadi di beban yaitu external circuit. Di internal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



Gambar 2.16 Proses Pengosongan Baterai (discharge)

B. Recharge

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



Gambar 2.17 Proses pengisian baterai (Recharge)

Proses kimia yang terjadi pada saat pengisian adalah:

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

Proses pengisian memerlukan waktu yang bervariasi tergantung pada seberapa besar daya yang hilang dan besarnya arus yang dialirkan ke baterai, yang dapat dihitung dengan persamaan: $10\% \times \text{kapasitas baterai.}$

2.5 Arduino Uno

Pembuatan mikrokontroler Arduino di mulai pada awal tahun 2005 di Irvea Italia. Tujuan di tujukan untuk para siswa yang akan membuat perangkat desain interaksi. Massimo banzi dan David Cuartielles di beri nama arduin of irvea yang sekarang lebih 120.000 unit sudah terjuak di seluruh dunia. Arduino merupakan pengendali dari mikro single board bersifat open source, diturunkan dari wiring platform dirancang dalam berbagai bidang. (Hidayanti & Dewangga, 2020)

Arduino adalah papan rangkaian elektronik open source yang didalamnya terdapat komponen utama yaitu sebuah chip mikrokontroler dengan jenis avr dari perusahaan Atmel. Arduino tidak hanya bersifat opensource melainkan hardware arduino pun bersifat opensource diagram rangkaian elektronik arduino digratiskan kepada semua orang. Semua orang bisa bebas mengunduh gambar rangkaian arduino, membeli komponen-komponennya, membuat PCB-nya dan merangkainya sendiri tanpa harus membayar kepada para pembuat Arduino. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi arduino merupakan kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan Integrated Development Environment (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-compile menjadi kode biner dan mengupload ke dalam memori mikrokontroler. Komponen utama arduino adalah mikrokontroler, maka arduino juga dapat diprogram menggunakan komputer sesuai kebutuhan. (Ningsih, 2020)



2.18 Arduino Uno

2.6 Solar Charge Controller

Solar charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan tegangan dari panel surya / solar cell. Kelebihan tegangan dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan.

Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut :

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari overcharging, dan over-voltage.
- Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak 'full discharge', dan overloading.
- Monitoring temperatur baterai,

Untuk membeli solar charge controller yang harus diperhatikan adalah:

- Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC.
- Kemampuan (dalam arus searah) dari controller. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
- Full charge dan low voltage cut

Solar Charge Controller biasanya terdiri dari : 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya/solar cell, 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai /aki dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya/solar cell ke baterai, bukan sebaliknya.(Alfanz et al., 2016)



Gambar 2.19 solar charge controller

1. Saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka controller akan menghentikan arus listrik yang masuk kedalam baterai untuk mencegah pengisian yang berlebih. Dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama. Di dalam kondisi ini, listrik yang tersuplai dari panel surya akan langsung terdistribusi ke beban/peralatan listrik dalam jumlah tertentu sesuai dengan konsumsi daya peralatan listrik (Damanik et al., 2021).
2. Saat keadaan dibaterai hampir kosong maka controller berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban/peralatan listrik. Dalam kondisi tegangan tertentu (umumnya sekitar 10% sisa tegangan dibaterai), maka pemutusan arus beban dilakukan oleh controller. Hal ini menjaga baterai dan mencegah kerusakan pada sel-sel baterai. Pada kebanyakan model controller, indikator lampu akan menyala dengan warna tertentu (umumnya berwarna merah atau kuning) yang menunjukkan bahwa baterai dalam proses pengisian. Dalam kondisi ini, sisa arus dibaterai kosong (dibawah 10%), maka pengambilan arus listrik dari baterai akan diputuskan oleh controller, maka peralatan listrik/beban tidak dapat beroperasi. Pada controller tipe-tipe tertentu dilengkapi dengan digital meter dengan indikator yang lebih lengkap, untuk memonitor berbagai macam kondisi yang terjadi pada sistem pembangkit listrik tenaga surya tersebut (Damanik et al., 2021).

2.7. Inverter

Inverter adalah rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. Sumber tegangan inverter dapat berupa baterai, Panel Surya maupun sumber tegangan DC lainnya. Berdasarkan gelombang keluaran yang dihasilkan, inverter dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu square wave, modified sine wave, dan pure sine wave. (Purwoto, 2018)

Inverter merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi sebagai pengubah arus dearah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dengan menggunakan metode switching dengan frekuensi tertentu. Switching itu sendiri adalah proses perpindahan antara kondisi ON dan OFF ataupun sebaliknya.

Jenis-jenis inverter Jenis jenis inverter DC ke AC berdasarkan jumlah fasa output inverter dapat dibedakan sebagai berikut :

- a) Inverter 1 fasa Inverter dengan output 1 fasa
- b) Inverter 3 fasa Inverter dengan output 3 fasa

Jenis jenis inverter berdasarkan pengaturan tegangannya :

- a. Voltage Fed Inverter (VFI) Inverter dengan tegangan input yang diatur konstan
- b. Current fed Inverter (CFI) Inverter dengan arus input yang diatur konstan
- c. Variable DC linked inverter Inverter dengan tegangan input yang dapat diatur

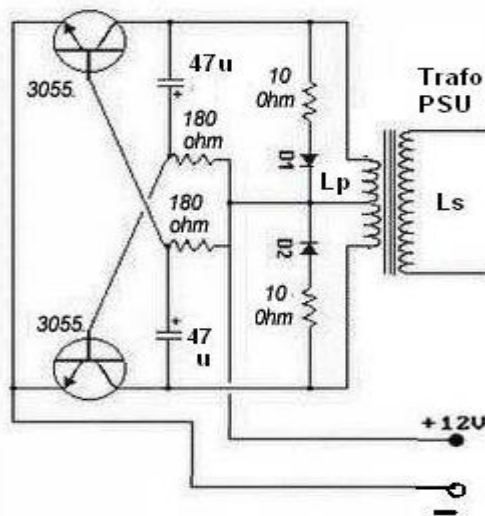


Gambar 2.20 Inverter

Bentuk-bentuk Gelombang yang dapat dihasilkan oleh Power Inverter

diantaranya adalah gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*) dan gelombang modulasi pulsa lebar (*pulse width modulated wave*) tergantung pada desain rangkaian inverter yang bersangkutan. Namun pada saat ini, bentuk-bentuk gelombang yang paling banyak digunakan adalah bentuk gelombang sinus (*sine wave*) dan gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*). Sedangkan Frekuensi arus listrik yang dihasilkan pada umumnya adalah sekitar 50Hz atau 60Hz dengan Tegangan Output sekitar 120V atau 240V. Output Daya listrik yang paling umum ditemui untuk produk-produk konsumen adalah sekitar 150 watt hingga 3000 watt.

Sederhananya, suatu Power Inverter yang dapat mengubah arus listrik DC ke arus listrik AC ini hanya terdiri dari rangkaian Osilator, rangkaian Saklar (Switch) dan sebuah Transformator (trafo) CT seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini.(Alfanz et al., 2016)



Gambar 2.21 Prinsip Kerja Rangkaian Inverter 500 watt

Sumber daya yang berupa arus listrik DC dengan tegangan rendah (contoh 12V) diberikan ke Center Tap (CT) Sekunder Transformator sedangkan dua ujung Transformator lainnya (titik A dan titik B) dihubungkan melalui saklar (switch) dua arah ke ground rangkaian. Jika saklar terhubung pada titik A akan menyebabkan arus listrik jalur 1 mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap Primer Transformator yang kemudian mengalir ke titik A Transformator

hingga ke ground melalui saklar. Pada saat saklar dipindahkan dari titik A ke titik B, arus listrik yang mengalir pada jalur 1 akan berhenti dan arus listrik jalur 2 akan mulai mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap Primer Transformator hingga ke ground melalui Saklar titik B. Titik A, B dan Jalur 1, 2.

Peralihan ON dan OFF atau A dan B pada Saklar (Switch) ini dikendalikan oleh sebuah rangkaian Osilator yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi 50Hz yaitu mengalihkan arus listrik dari titik A ke titik B dan titik B ke titik A dengan kecepatan 50 kali per detik. Dengan demikian, arus listrik DC yang mengalir di jalur 1 dan jalur 2 juga bergantian sebanyak 50 kali per detik juga sehingga ekuivalen dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai Switch di rangkaian Switch Inverter tersebut pada umumnya adalah MOSFET ataupun Transistor.

Sekunder Transformator akan menghasilkan Output yang berupa tegangan yang lebih tinggi (contohnya 120V atau 240V) tergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder Transformator atau rasio lilitan antara Primer dan Sekunder Transformator yang digunakan pada Inverter tersebut.

2.8 Aplikasi pemanfaatan PLTS

Sistem On-Grid distributed biasanya digunakan untuk menyediakan tenaga listrik ke grid-connected customer atau secara langsung terhubung ke jaringan listrik. Yang menjadi ciri utama sistem ini adalah dihubungkannya beban ac ke jaringan distribusi listrik yang dimiliki oleh perusahaan listrik.



Gambar 2.22 Sistem Grid-connected Distributed

2.9 Sejarah turbin angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan sebagai pembangkit tenaga listrik. Pada awalnya turbin angin diciptakan untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi atau keperluan irigasi. Belum diketahui secara pasti, dari mana asal turbin angin pertama kali. Namun penggunaan alat ini sebagai tenaga listrik pertama kali di Skotlandia pada tahun 1887. Turbin angin digunakan seorang sarjana bernama James Blyth untuk mengisi baterai untuk penerangan rumahnya.

Hal ini yang menjadi jalan pengembangan turbin angin otomatis oleh ilmuwan Amerika bernama Charles F Brush untuk menghasilkan listrik beberapa bulan kemudian. Pengembangan turbin angin terus berkembang, di tahun 1900 Denmark memiliki sekitar 2500 kincir angin untuk keperluan penggilingan, pompa dan pembangkit listrik.

Baling-baling merupakan bagian utama pada turbin angin yang berfungsi untuk mengkonversikan energi angin menjadi energi penggerak untuk generator. Bila baling-baling memiliki jari-jari R dilewati angin dengan kecepatan v , maka daya yang dihasilkan oleh turbin angin tersebut dapat ditentukan.

C_p (Power Constant) merupakan besaran yang dimiliki oleh motor dan berbeda-beda setiap tipe yang berbeda. C_p merupakan keahlian suatu motor untuk mengkonversi dari energi gerak menjadi energi listrik atau sebaliknya dengan memperhitungkan nilai setiap rugi-rugi yang dimilikinya. Sehingga bilamana menggunakan generator dengan nilai C_p yang besar untuk turbin angin, maka daya yang akan dihasilkan akan lebih besar bila dibandingkan dengan generator yang memiliki nilai C_p yang lebih rendah.

Turbin ventilator merupakan turbin angin dengan sumbu putar vertical yang memiliki fungsi sebagai turbin angin dan juga kipas hisap. Turbin ventilator menggunakan energi angin sebagai pengganti kipas ventilasi bertenaga listrik. (Widyanto et al., 2018)



Gambar 2.23 Turbin Ventilator

2.9.1 Potensi Energi Angin

Indonesia merupakan negara kaya akan potensi sumber daya alam yang melimpah, baik air, angin, dan matahari yang merupakan energi alternatif sebagai pembangkit energi listrik. energi baru terbarukan seharusnya bisa dimanfaatkan sebaik mungkin oleh pemerintah. Pada saat ini masyarakat sangat bergantung pada listrik dari PLN berbahan bakar fosil, seperti batu bara, gas, dan minyak bumi. Listrik tidak hanya digunakan untuk kebutuhan penerangan tetapi juga mendukung berbagai kegiatan ekonomi dan sosial masyarakat. Keterbatasan energi listrik dan tingginya ketergantungan terhadap bahan bakar fosil membuat pemerintah harus tanggap untuk mencari solusi dari permasalahan tersebut dengan mencari sumber energi lain(Nomor et al., 2022).

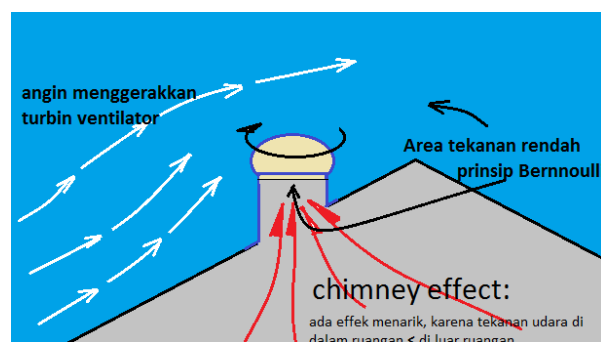
Angin merupakan gerakan udara terhadap permukaan bumi.Kecepatan gerakan udara itu dinamakan kecepatan angin. Meskipun pada kenyataan angin tidak dapat dilihat bagaimana wujudnya, namun masih dapat diketahui keberadaannya melalui efek yang ditimbulkan pada benda-benda yang mendapat hembusan angin. Kecepatan angin dapat diketahui dengan menggunakan anemometer dan Beaufort scale.(Widyanto et al., 2018).

Anemometer baik dipasang pada ketinggian 10 meter di atas permukaan tanah, dan disekitar anemometer tidak boleh terdapat bangunan yang tinggi agar kecepatan udara yang diukur tidak terhambat oleh bangunan(Widyanto et al., 2018).

2.9.2 Cara kerja turbin ventilator

Dengan berputar berdasarkan tekanan dan aliran udara panas yang ada didalam ruangan. bahwa udara bergerak dan mengalir dari suhu rendah ke suhu yang lebih tinggi dan ini akan menyebabkan force draft udara panas. jika ventilasi udara dalam rumah baik maka suhu udara dalam rumah akan normal. tetapi jika dalam rumah masih terasa panas, maka perlu adanya bukaan atau ventilasi udara atau buangan angin yang memadai. rumah menjadi panas dapat dipengaruhi oleh panas radiasi yang keluar dari plafon yang berhubungan langsung dengan atap rumah. nah disinilah fungsi turbin bekerja. uap panas yang ada didalam atap akan dibuang berdasar prinsip thermoshipon. yaitu berputar nya turbin karena tekanan uap panas dr dalam atap. sehingga jika di plafon diberi saluran udara atau bukaan langsung ke atap maka aliran udara panas akan menuju atap melalui bukaan plafon dan akan direlease/ dilepas melalui turbin.

Oleh karena itu, pentingnya memiliki pembuangan udara atau pembukaan atap. System ventilator atap yang baik merupakan rahasia sukses untuk industri apapun, karena berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan produktifitas. . Banyaknya batrai disesuaikan dengan jumlah daya yang dibutuhkan dalam instalasi listrik rumah tangga atau instansi (Padmika et al., 2017).



Gambar 2.24 Prinsip Kerja Turbin Ventilator.

2.9.3 Jenis-jenis PLTB

Dalam perkembangannya turbin angin dibagi menjadi dua jenis turbin angin Propeller dan turbin angin Darrieus. Kedua jenis turbin inilah yang kini memperoleh perhatian besar untuk dikembangkan. Pemanfaatannya yang umum

sekarang sudah digunakan adalah untuk memompa air dan pembangkit tenaga listrik. Turbin angin terdiri atas dua jenis, yaitu

1. Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin Propeller adalah jenis turbin angin dengan poros horizontal seperti baling-baling pesawat terbang pada umumnya. Turbin angin ini harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya.

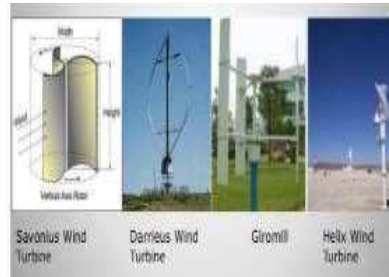


Gambar 2.25 Turbin Angin Sumbu Horizontal.

Mukund R. Patel menambahkan, seperti yang terlihat dalam persamaan daya angin sebelumnya, keluaran daya dari turbin angin bervariasi linier dengan daerah yang melewati *rotor blade*. Untuk turbin sumbu horizontal, daerah yang melewati *rotor blade* adalah

2. Turbin Angin Sumbu Vertikal

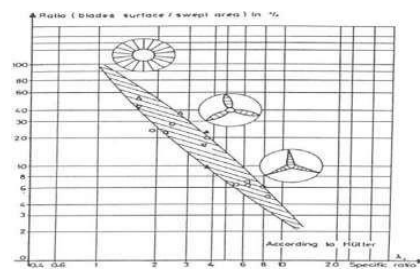
Turbin angin sumbu vertikal/tegak memiliki sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Generator dan *gearbox* turbin jenis ini bisa ditempatkan didekat tanah, sehingga menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Desain turbin ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. Drag (gaya yang menahan pergerakan) sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar. Drag sulit dipasang diatas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan (Widyanto et al., 2018)



Gambar 2.26 Turbin Angin Sumbu Vertikal.

2.9.4 Efisiensi Rotor

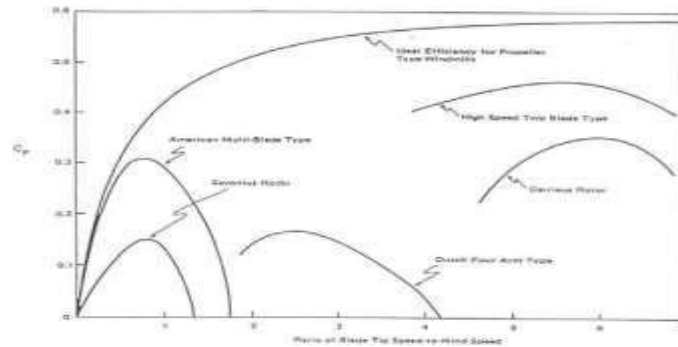
Efisiensi rotor ditentukan oleh jenis turbin angin dan kesempurnaan teknologi *aerodinamik* yang digunakan. Rotor dengan soliditas tinggi mempunyai efisiensi yang lebih kecil dibandingkan dengan rotor yang mempunyai soliditas rendah .



Gambar 2.27 Efisiensi rotor dan soliditas rotor.

Gambar 2.22 menunjukkan efisiensi rotor terhadap berbagai jenis turbin angin. Disini terlihat bahwa turbin angin kelompok sumbu horizontal pada umumnya memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan turbin angin sumbu vertikal. Dari gambar ini juga terlihat bahwa pada umumnya turbin angin dengan soliditas tinggi mempunyai torsi yang besar, efisiensi rendah serta *rated wind speed* yang tidak terlalu tinggi. (Fadhli & Syahputra, 2019)

Sehingga terlihat jelas disini bahwa didaerah-daerah berpotensi energi angin rendah cocok diterapkan teknologi turbin angin multi blade yang dapat digunakan untuk keperluan-keperluan mekanikal, seperti pemompaan air.



Gambar 2.28 Efisiensi rotor untuk berbagai tipe turbin angin.

2.9.5 Diameter Rotor

Diameter rotor ditentukan berdasarkan pemenuhan kebutuhan energi oleh angin yang tersedia, baik itu untuk kegunaan mekanikal maupun elektrik, dengan mempertimbangkan efisiensi rotor dan juga efisiensi sistem mekanik. Perkiraan diameter rotor ini tidak terlalu eksak. Kompromi dapat dilakukan dalam rangka optimisasi dengan kekuatan struktur sudu dan juga biaya pembuatan.

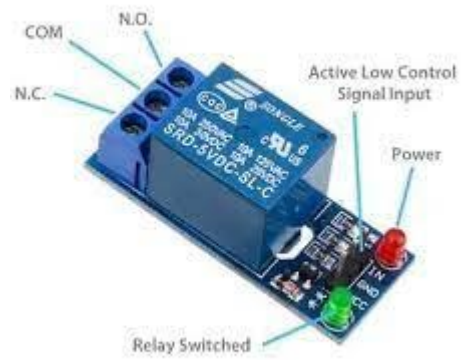
Dengan efisiensi rotor dan kondisi angin yang sama, semakin besar diameter rotor semakin besar pula energi angin yang dapat diekstrak. Oleh karena itu ukuran rotor menggambarkan berapa besar kapasitas suatu sistem konversi energi angin.

2.10 Relay/Switch

Relay adalah Saklar (Switch) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. (Elektro, n.d.)

Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature

Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A(Elektro, n.d.).



Gambar 2.30 Struktur relay

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1 Waktu(TIDAK PAKAI GAMBAR)

Waktu pelaksanaan ini dilakukan dalam waktu 10 bulan terhitung dari tanggal 5 november 2021 sampai 5 september 2022 Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian. Penelitian ini diawali dengna kajian awal (tinjauan putaka), pengumpulan data, pembelian alat , analisa data , dan terakhir kesimpulan data dan saran. Rincian dari penelitian ini seperti pada tabel berikut.

3.1.2 Tempat

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

Tabel 3.1 Tabel jadwal penelitian

No	Uraian	Bulan Ke					
		1	2	3	4	5	6
1	Kajianliteratur						
2	Penyusunan proposal penelitian						
3	Penulisan Bab 1 sampai Bab 3						
4	Seminar Proposal						
5	Penelitian dan pengambilan data						
6	Pembelian alat						
7	Analisa data						
8	Seminar hasil						
9	Sidang akhir						

3.2 Peralatan Dan Bahan

Untuk mendapatkan hasil penelitian dari platform kerja PLTS dan PLTB diperlukan alat dan bahan yang mendukung penelitian ini. Peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian sebagai berikut,

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian diantaranya sebagai berikut:

1. *Multitester*

Alat yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan dari rangkaian *multitester* yang digunakan yaitu Analog dengan range tegangan DC 200 mV sampai 600 V.

2. *Saklar*

Berfungsi sebagai penghubung atau pemutus arus listrik.

3. *Stop kontak*

Sebagai penghubung arus listrik ke beban.

4. *Fitting lampu*

Sebagai tempat dudukan lampu.

5. *Lampu led 5 watt*

Sebagai beban percobaan.

6. Arduino uno

Sebagai memprogram mikrokontroler, membuat alat-alat canggih berbasis mikrokontroler

7. *Tools box*

Peralatan pendukung seperti, tang pengupas kabel, tang skun, tang pemotong kabel, tang cucut, tang kombinasi, obeng plus minus dan lain sebagainya.

3.2.2 Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian diantaranya sebagai berikut:

1. Panel sel surya

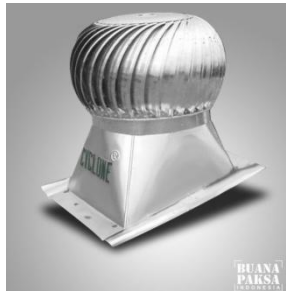
Sebagai mengubah cahaya menjadi listrik. Panel surya yang digunakan ada satu jenis yaitu *plycrystalline* merek surya 50 Wp.



Gambar 3.1 Panel Surya Jenis Polycrystalline

2. Turbin Ventilator

Sebagai pengubah energy mekanis dari angin menjadu energy putar pada ventilator, lalu putaran tersebut digunakan untuk memutar motor dc, yang akam menghasilkan listrik.



Gambar 3.2 Turbin Ventilator

3. Motor DC

Sebagai pengubah energy listrik menjadi energy kinetic atau gerkan *mition* yang dihasilkan dari putaran turbin angin.



Gambar 3.3 Motor DC

4. Relay 2 modul

Sebagai peralatan Saklar (switch) yang dioperasikan secara listrik.



Gambar 3.4 relay

5. Solar charge controller

Sebagai mengontrol proses pengisian muatan listrik dari panel surya ke dalam baterai (aki) dan juga pengosongan muatan listrik dari baterai pada beban seperti inverter, lampu, tv, dan lain-lain.



Gambar 3.5 Solar charge controller

6. Inverter

Sebagai perangkat yang digunakan untuk mengubah arus DC dari sel surya dan baterai menjadi arus AC dengan tegangan 200 Volt yang kemudian akan digunakan pada listrik komersial seperti lampu dan televisi.



Gambar 3.6 Inverter

7. MCB DC

Sebagai breaker dari solar panel ke controller, dari controller ke aki, dari aki ke inverter dan dari controller ke inverter. Untuk menghindari terjadinya hubungan singkat/konslet.



Gambar 3.7 MCB DC

8. Baterai

Sebagai untuk menyimpan energi listrik.



Gambar 3.8 Baterai

9. Kabel penghubung

Sebagai penghubung antara alat ukur dengan yang lainnya pada rangkaian panel surya. Kabel yang digunakan yaitu NYAF 1,5 SQMM 450/750.



Gambar 3.9 kabel penghubung

10. Arduino uno

Sebagai memprogram mikrokontroler, membuat alat-alat canggih berbasis mikrokontroler



Gambar 3.10 Arduino uno

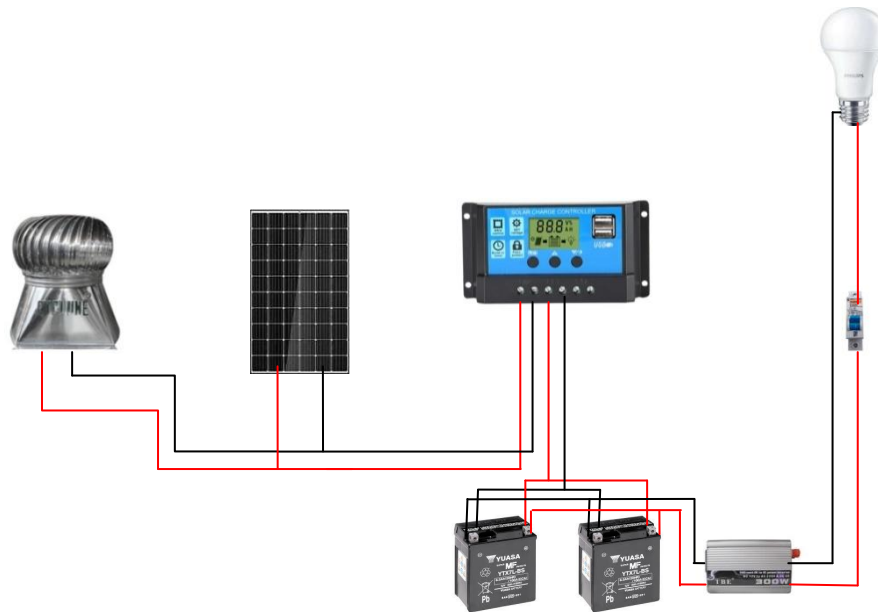
11. Sensor tegangan

Sebagai nilai tegangan antar fasa sehingga dapat mengetahui besar tegangan fasa=fasa.

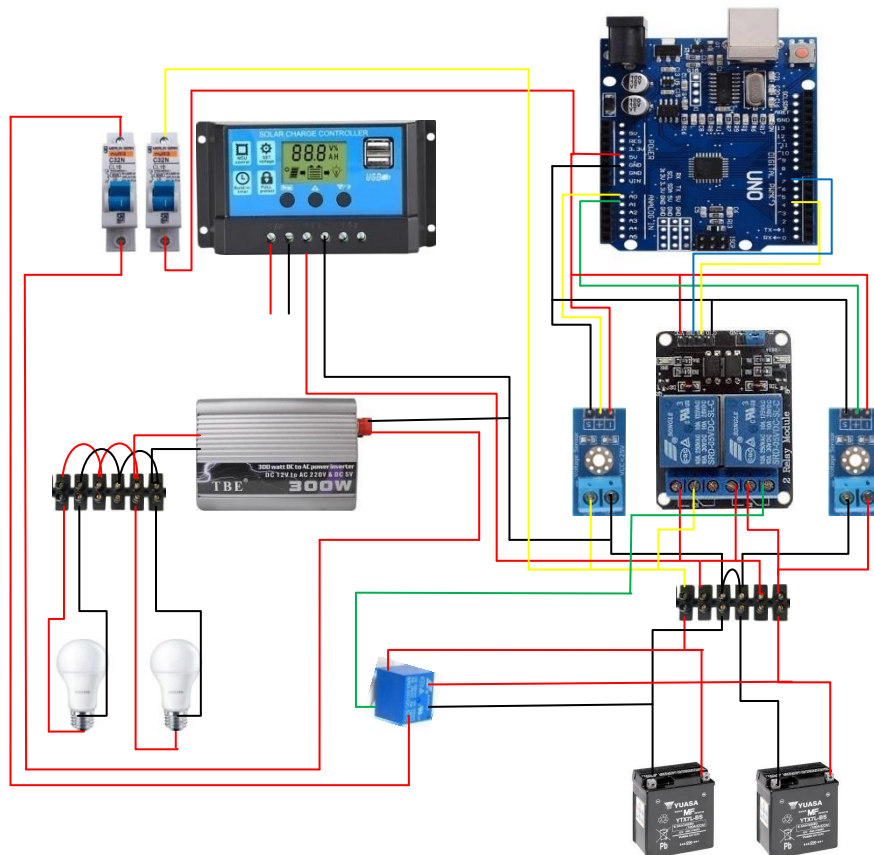


Gambar 3.11 Sensor Tegangan

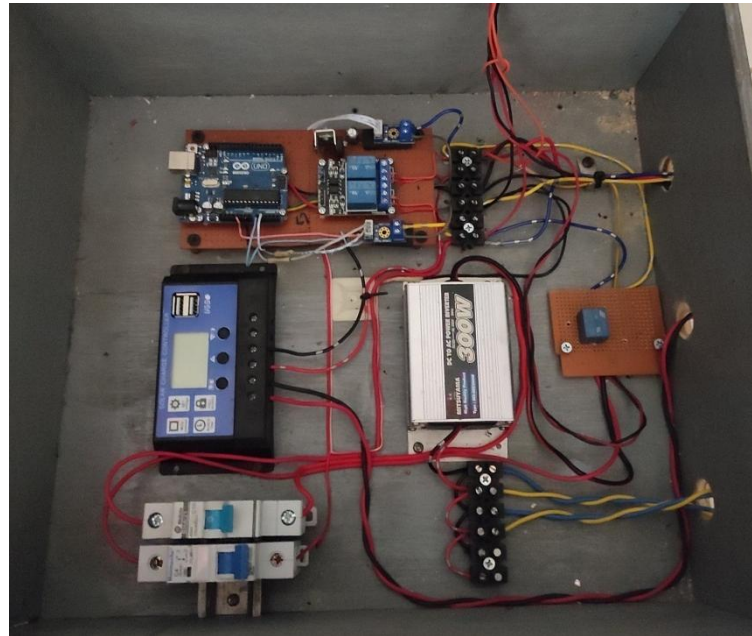
3.3 Bagan Rangkaian



Gambar 3.12 Bagan rangkaian pada panel surya dan ventilator



Gambar 3.13 Perancangan rangkaian keseluruhan



Gambar 3.14 Rancangan Rangkaian

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Metode Pengambilan Data

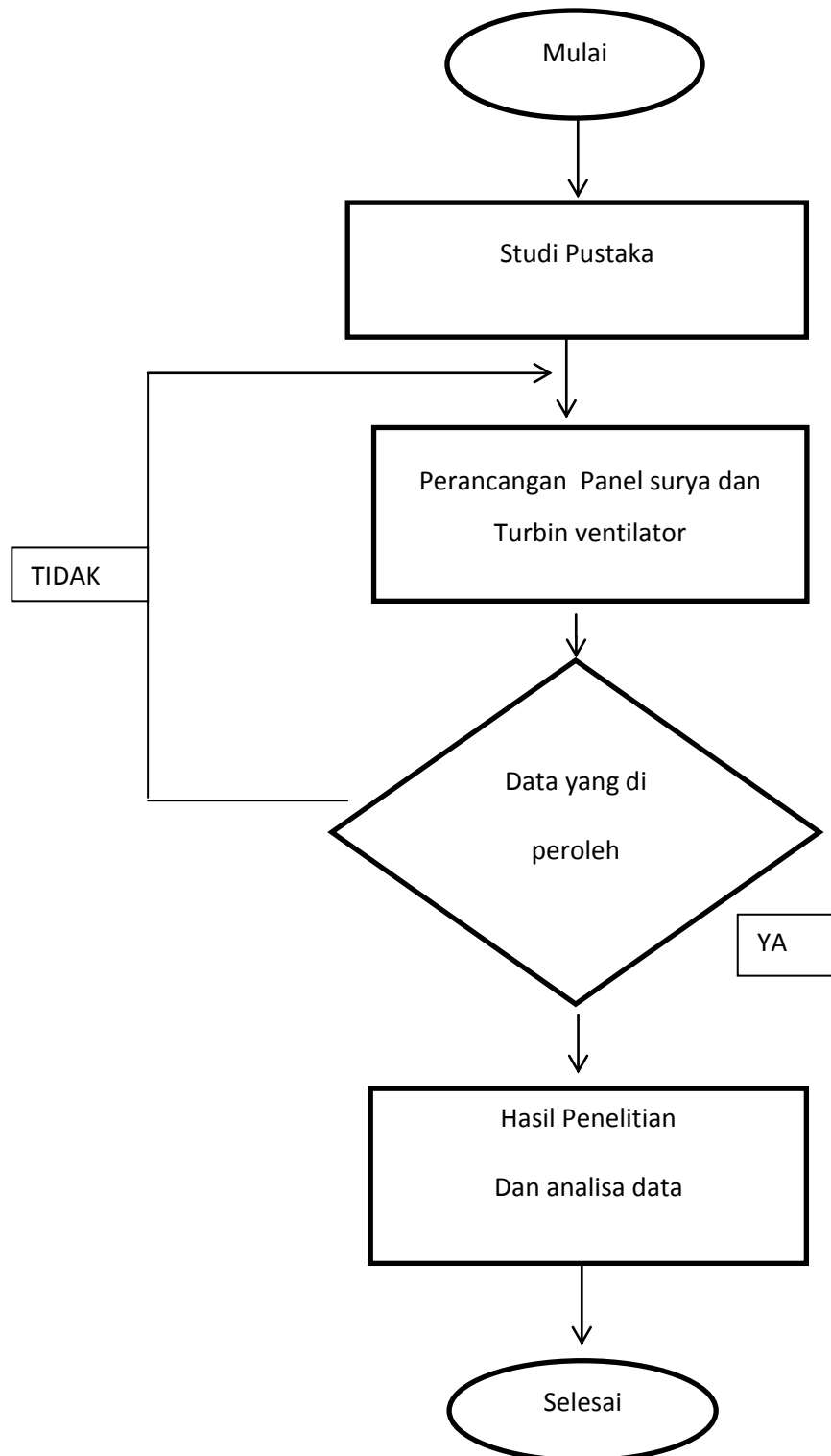
Proses pengambilan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengambilan data pada tahap proses pengubahan energi panas matahari menjadi energi listrik. Melalui tahapan ini energi matahari diserap oleh alat khusus yaitu panel surya berkapasitas 50 wp kemudian diubah menjadi energi listrik dan disimpan ke baterai. Energi yang disimpan ke baterai adalah energi DC.
2. Pengambilan data pada tahap proses pengubahan energi angin menjadi energi listrik. Melalui tahapan ini aliran udara panas yang didalam ruangan, bahwa udara bergerak dan mengalir dari suhu rendah kesuhu yang lebih tinggi dan dihisap oleh turbin ventilator menggunakan energi angin kemudian menjadi energi listrik dan disimpan ke baterai. Energi yang disimpan ke baterai adalah energi DC.
3. Pengambilan data pada tahap proses penyimpanan daya. ketika daya yang tersimpan dibaterai terisi, kemudian dikonfigurasi dari arus DC menjadi arus AC dengan menggunakan Inverter yang kemudian di sambungkan beban.

3.4.2 Metode pengolahan data

Metode pengolahan data yang dilakukan urutan penelitian dalam alur diagram seperti 3.1 yakni penelitian diawali dari waktu dan tempat, 3.1 peralatan dan bahan 1,2, pada saat PLTS dan PLTB bekerja kemudian menjadi energi listrik dan disimpan ke baterai. Sensor otomatis akan bekerja apabila baterai sudah mencapai batas yang ditentukan yaitu 10 volt dengan kapasitas baterai 12V/7AH.

3.5 Bagan Aliran Penelitian



Gambar 3.15 Bagan Alir Peneletian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan

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

Hasil penelitian adalah sebuah sistem yang berfungsi sebagai pengontrolan berbasis arduino uno Atmega 328P untuk perpindahan cadangan baterai secara otomatis, sistem *hybride* terutama PLTB disini menggunakan ventilator ukuran 12 inci sebagai penggerak untuk menggerakkan motor sebagai tenaga listrik, panel surya yang digunakan berukuran 50wp. Relay 2 modul sebagai pemutus dan penghubung antara solar charge controller baterai 1 dan baterai 2 dengan dilengkapi sebuah sensor tegangan yang dihubungkan ke arduino uno digunakan untuk membaca daya baterai sebagai pengontrolan relay 2 modul. Relay 1 modul sebagai penghubung dan pemutus baterai ke beban.

Penelitian ini tidak menggunakan alat pengukur seperti thermometer dan anemometer untuk mengetahui suhu pada panel surya dan kecepatan angin untuk turbin ventilator.

Sampai tahap ini ,proses perancangan dan perakitan telah selesai dan tahap berikutnya adalah uji coba sistem. Pengujian akan dilakukan bertahap mulai dari pengujian masing-masing komponen hingga pengujian secara keseluruhan.

4.2 Analisa Sistem

4.2.1 Analisa kebutuhan energi

Sistem pembangkit yang dirancang bertujuan untuk mensuplai energy listrik dengan dua pembangkit atau *hybrid* dengan menggunakan arduino uno sebagai mikrokontroler yang berfungsi sebagai pengaturan pengisian dan pemutus otomatis saat mensuplai energy listrik ke baterai. Sistem memanfaatkan tenaga cahaya matahari dan angin untuk diubah menjadi listrik dan disimpan pada batere aki. Untuk mengetahui kebutuhan dari kapasitas PLTS dan PLTB dibutuhkan analisa mengenai daya yang harus disediakan sesuai kebutuhan. Dalam hal ini , kebutuhan daya yang harus dipenuhi adalah berapa arus dan daya untuk mengisi batere yang ada. Rancangan ini menggunakan batere aki 2 buah dengan kapasitas 12V 7AH. Kapasitas arus untuk mengisi batere tersebut minimal 20% dari 7A yaitu 1A. Untuk mengisi 1 batere hingga penuh dibutuhkan waktu kurang lebih 7 jam , yaitu $7H \times 1A = 7AH$. Dengan demikian dibutuhkan panel surya yang mampu mensuplai kebutuhan arus dan daya, turbin ventilator sebagai energi tambahan untuk mensuplai kebutuhan arus dan daya tersebut. Dalam hal ini ditentukan panel surya 50 WP/12V. Panel surya 50 WP mampu mensuplai arus sebesar 4,1A saat cahaya sangat terang. Dengan kondisi ini maka saat cahaya normal dan tidak terlalu terang panel dapat mensuplai minimal 1A. Ventilator sebagai pensuplai energi listrik tenaga angin . Sehingga kebutuhan untuk mengisi ulang batere cukup memadai.

4.3 Hasil Perancangan Dan Pengujian Sistem

4.3.1 Pengujian Panel Surya dan Turbin Ventilator

Pada pengambilan data dilakukan dari mulai pagi hari pukul 08:00 s/d 18:00 WIB, dengan masing masing pengambilan data dilakukan per jam selama 11 jam. Berikut tabel data dari percobaan dihari kedua minggu, 30 september 2022:

Tabel 4.1 Hasil pengukuran panel surya dan ventilator.

Waktu	Tegangan (V)	V panel	I panel	V ventilator	I ventilator	beban(w)
08:00	14,87	14,87	4,64	0	0	10
09:00	15,22	15,22	4,75	0	0	10
10:00	17,41	17,01	5,44	0,40	0,12	10
11:01	18,38	17,95	5,60	0,43	0,13	10
12:01	19,52	18,98	6,01	0,54	0,16	10
13:02	18,31	18,02	5,63	0,29	0,09	10
14:00	18,20	18,20	5,68	0	0	10
15:00	16,27	15,84	5,08	0,43	0,13	10
16:01	15,29	15,29	4,77	0	0	10
17:00	13,01	13,01	4,06	0	0	10
18:00	12,22	12,22	3,81	0	0	10

**Gambar 4.1 ventilator dan panel surya**

- **Analisa hasil pengujian panel surya dan turbin ventilator**

Arus panel surya dan ventilator = arus beban = Tegangan motor / tahanan

Diketahui :

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

Rd beban = 3,2 Ohm

Contoh :

V beban = 14,87V

Maka :

I beban = $14,87V / 3,2 \text{ Ohms}$

I beban = 4,64 A

Sedangkan Daya keluaran panel dan ventilator = daya beban

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

V = tegangan motor

I = arus motor

Maka :

$P = 14,87V \times 4,64 \text{ A} = 68.99 \text{ Watt}$

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

Tabel 4.2 Hasil perhitungan arus dan daya output hybrid

Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya(Watt)
08:00	14,87	4,64	68,99
09:00	15,22	4,75	72,29
10:00	17,41	5,44	94,71
11:01	18,38	5,74	105.50
12:01	19,52	6,01	119,072
13:02	18,31	5,72	104,73

14:00	18,20	5,68	103,37
15:00	16,27	5,08	84,68
16:01	15,29	4,77	72,73
17:00	13,01	4,06	52,82
18:00	12,22	3,81	46,55

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

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



Gambar 4.2 Proses pengukuran tegangan panel surya dan turbin ventilator

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

a. Rata-rata Arus

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

$$= \frac{4,64 + 4,75 + 5,44 + 5,74 + 6,01 + 5,72 + 5,68 + 5,08 + 4,77 + 4,06 + 3,81}{11}$$

$$I \text{ Rata - rata} = \frac{55,7}{11}$$

$$I \text{ Rata - rata} = 5,06 \text{ Ampere}$$

b. Rata-rata tegangan

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

$$V \text{ Rata - rata} = \frac{14,87 + 15,22 + 17,41 + 18,38 + 19,52 + 18,31 + 18,20 + 16,27 + 15,29 + 13,01 + 12,22}{11}$$

$$V \text{ Rata - rata} = \frac{178,7}{11}$$

$$V \text{ Rata - rata} = 16,24 \text{ Volt}$$

c. Rata-Rata Daya

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

$$P \text{ rata-rata} = 5,06A * 16,24V$$

$$P \text{ rata-rata} = 82,17 \text{ Watt}$$

Tabel 4.3 Hasil pengukuran selama 11 jam

No	Hasil Pengukuran	Satuan
1	5,06	Ampere
2	16,24	Volt
3	82,17	Watt

Setelah analisis kebutuhan daya pada rangkaian dihitung, dilakukan pengujian hybrid untuk mengetahui tegangan output panel surya dan turbin ventilator yang akan diberikan ke beban lampu. Pengujian panel surya dan turbin ventilator terhadap beban dilakukan dengan menggunakan alat ukur Multitester

Tabel 4.4 Pengujian rangkaian sumber daya hybrid

No	Percobaan Rangkaian Sumber daya hybrid	Arus	Tegangan	Hasil Dari Percobaan
1	Percobaan pada turbin ventilator	0,63	2,09	Hasil dari Ventilator dari jam 08;00 s/d 18;00
2	Percobaan pada panel surya	5,04	14,94	Hasil dari Panel Surya dari jam 08;00 s/d 18;00

3	Percobaan pada panel surya dan turbin ventilator	5,06	16,24	Dengan teriknya matahari dan angin bertiup cukup untuk memutar turbin ventilator
---	--	------	-------	--

4.4 Pengujian program Keseluruhan Rangkaian

```

const int voltage_sensor_1 = A0;

const int voltage_sensor_2 = A1;

const int relay_1 = 4;

const int relay_2 = 7;

float voltage_sensor_raw_1;

float v_beban_1;

float voltage_sensor_raw_2;

float v_beban_2;

void setup()

{

  Serial.begin (9600);

  pinMode (voltage_sensor_1, INPUT);

  pinMode (voltage_sensor_2, INPUT);

  relay1 : pinMode (4,OUTPUT);

  relay2 : pinMode (7,OUTPUT);

```



```
}  
  
void loop() {  
  
    baca_sensor ();  
  
    Serial.print("NILAI TEGANGAN BEBAN 1 SAAT INI:");  
  
    Serial.println (v_beban_1);  
  
    delay (3000);  
  
  
    Serial.print("NILAI TEGANGAN BEBAN 2 SAAT INI:");  
  
    Serial.println (v_beban_2);  
  
    delay (3000);  
  
  
    if (v_beban_1>=12.30){  
  
        digitalWrite (4,LOW);  
  
    }  
  
    if (v_beban_1<=10.01){  
  
        digitalWrite (7,HIGH);  
  
    }  
  
    if (v_beban_2>=12.30){  
  
        digitalWrite (7,LOW);  
  
    }  
  
    if (v_beban_2<=10.01){  
  
        digitalWrite (4,HIGH);  
  
    }  
  
}
```

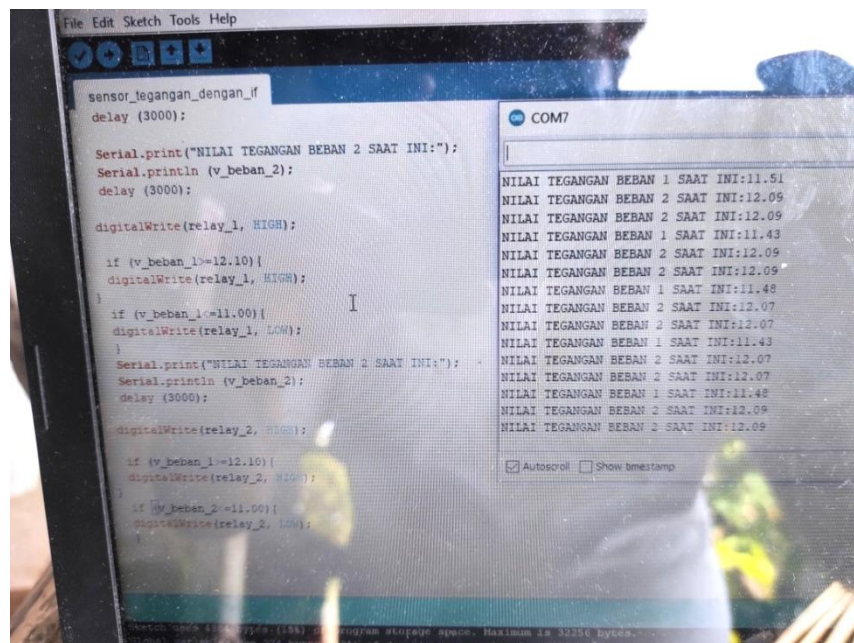
```

}

void baca_sensor ()
{
    voltage_sensor_raw_1 = analogRead(voltage_sensor_1);
    v_beban_1 = map(voltage_sensor_raw_1,0,1023,0,2500);
    v_beban_1 = v_beban_1/100;

    voltage_sensor_raw_2 = analogRead(voltage_sensor_2);
    v_beban_2 = map(voltage_sensor_raw_2,0,1023,0,2500);
    v_beban_2 = v_beban_2/100;
}

```



Gambar 4.3 membaca sensor tegangan

Program dengan menggunakan arduino uno atmega untuk mengatur relay dan membaca sensur tegangan yang berfungsi untuk mengatur pengecasan pada kedua

baterai secara otomatis, Dimana saat baterai A kurang dari 10,01 yang terbaca melalui sensor tegangan maka baterai A akan mengisi daya dan relay akan beralih ke baterai B untuk pemakaian daya, Jika baterai A lebih dari 12.30 volt maka pengisian akan terputus dari pembangkit melalui relay dan akan mengisi baterai B yg kurang dari 10,01.

4.5 Pengujian pada beban

Pengujian ini dilakukan tanpa di sambungkan ke pembangkit. Pengujian dilakukan dengan 2 beban yaitu lampu dan kipas angin kecil.



Gambar 4.4 Pengujian pada beban

Beban yang di gunakan adalah 0,96A yang dimana Lampu yang digunakan adalah 0,10A dan kipas angin adalah 0,86A, sebelum malakukan pengujian daya baterai adalah 11,5 volt selama 1 menit daya berkurang menjadi 10,4. Daya berjurang sebanyak 1,1 volt selama 1 menit.



Gambar 4.5 daya baterai sebelum digunakan



Gambar 4.6 Daya baterai setelah digunakan

Dikarenakan beban melebihi tegangan yang tidak sesuai dengan yang dimiliki baterai maka daya baterai akan berkurang menjadi 10.4 dalam waktu kurang dari 1

menit dan percobaan kedua di lakukan hanya dengan 2 lampu dan baterai mampu bertahan hingga 100 menit hingga daya baterai menjadi 11.5.



Gambar 4.7 percobaan dengan dua lampu



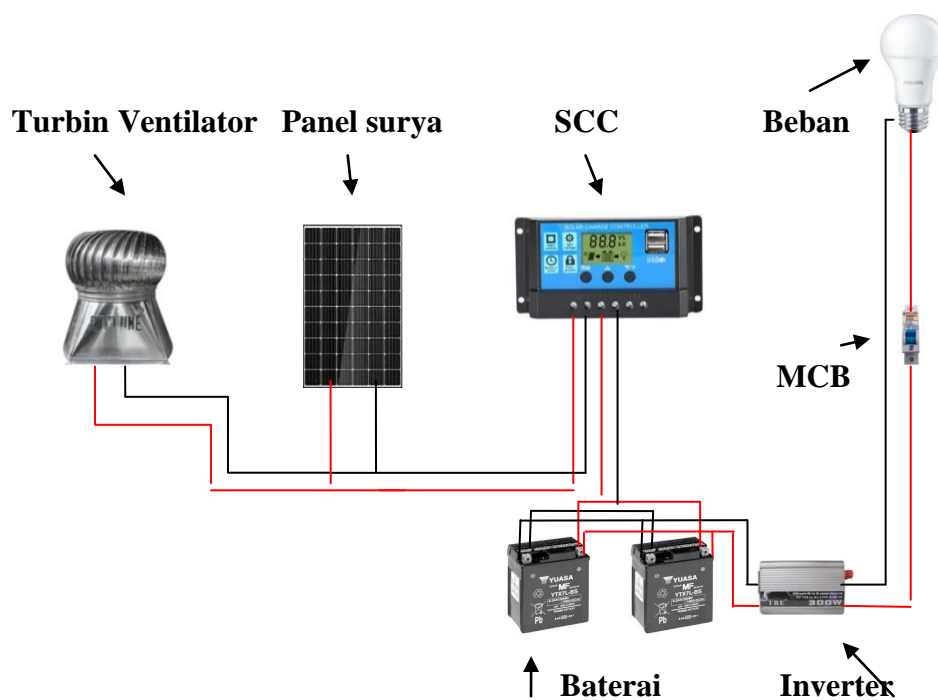
Gambar 4.8 Sebelum dan sesudah percobaan

Tabel 4.7 Percobaan Dengan Beban 2 Lampu 5 watt

Percobaan dengan beban	Daya pada beban	Lama percobaan	Penjelasan
1 lampu 5 watt dan sebuah kipas angin	55 watt	1 menit	Selama 1 menit daya baterai berkurang hingga 1,1volt dikarenakan melebihi tegangan yang dapat di keluarkan baterai

2 lampu 5 watt	10 watt	100 menit	Baterai mampu menghidupkan lampu selama 100 menit daya baterai awal 12,2 hingga daya baterai menjadi 11,5 volt
----------------	---------	-----------	--

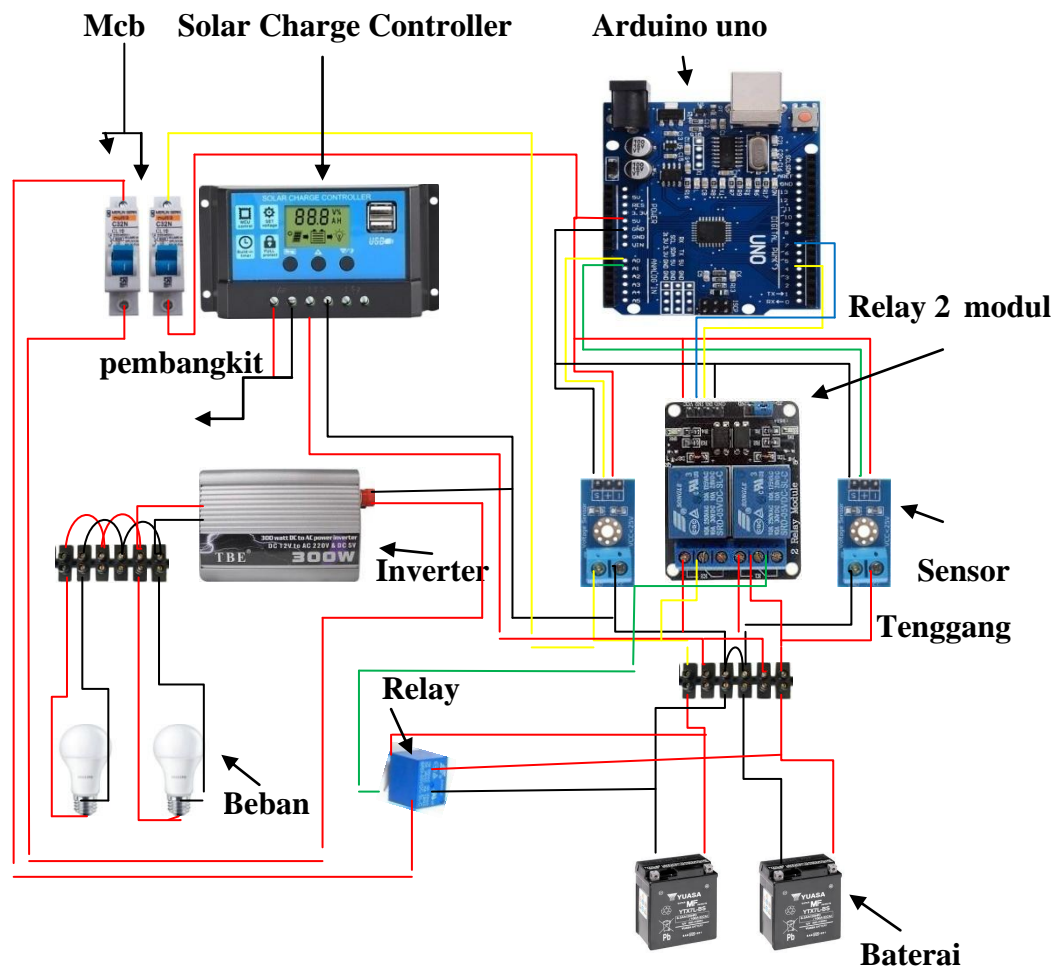
4.6 Sistem kerja Perancangan



Gambar 4.9 Bagan rangkaian pada panel surya dan ventilator

Turbin Ventilator dan Panel surya di hubungkan ke Solar charge Controller lalu dihubungkan ke baterai sebagai pengisian baterai. Baterai di hubungkan ke inverter untuk mengubah atau mengkonversi tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC) untuk di pakai oleh beban lampu.

Sebelum proses pengisian baterai melalui Solar Charge Controller atau SCC ada komponen lain yaitu seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.10 Perancangan rangkaian keseluruhan

Kedua MCB berfungsi sebagai aliran listrik ke beban dan arduino uno. SCC dihubungkan ke relay 2 modul lalu dihubungkan ke baterai dan sensor tegangan juga di hubungkan ke baterai untuk membaca tegangan dari baterai menggunakan Arduino uno. Relay 2 modul di hubungkan Arduino Uno untuk di program melakukan pemutusan dan penghubung secara otomatis. Saat sedang pengisian. Relay 2 modul memiliki 2 relay yang akan mengatur baterai. Relay 1 untuk baterai 1 dan relay 2 untuk baterai 2. Arduino uno yang sudah di program untuk masing-masing baterai menggunakan sensor tegangan saat baterai 1 sudah mencapai 11 volt maka akan mengisi baterai 1 dan baterai 2 akan terpakai begitu sebaliknya dan saat baterai sudah mencapai 12.10 volt maka akan terputus untuk pengisian

baterai. Baterai di hubungkan ke inverter untuk melakukan konversi tegangan DC ke AC untuk beban, Agar tidak terjadi penggunaan baterai bersamaan untuk itu relay(satu modul) yang dihubungkan ke relay 2 modul untuk mengatur ke dua baterai agar beteraai tidak di gunakan saat mengisi daya. Saat relay 1 aktif yang dimana baterai 2 sedang mengecas relay 1 modul akan terputus dan beteraai 1 di gunakan untuk sumber daya beban dan jika relay 2 aktif maka relay 1 modul akan terhubung dan beteraai 2 digunakan.



Gambar 4.11 Perancangan keseluruhan

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. panel surya 50wp dan ventilator 12 inci dihubungkan menjadi satu dan mengisi daya 2 baterai 7AH menggunakan solar charge controller, Tegangan DC dari baterai di konversikan menjadi aliran AC melalui inverter 300watt untuk dipakai menghidupkan lampu. Sensor tegangan di hubungkan ke baterai dan arduino uno atmega. Relay 2 modul akan menjadi penghubung dan pemutus antara solar charge controller dan baterai dan relay satu modul sebagai pemutus dan pemnghubung antara baterai dan beban yang digunakan.

2. Kedua MCB berfungsi sebagai aliran listrik ke beban dan arduino uno. SCC dihubungkan ke relay 2 modul lalu dihubungkan ke baterai dan sensor tegangan juga di hubungkan ke baterai untuk membaca tegangan dari baterai menggunakan Arduino uno. Relay 2 modul di hubungkan Arduino Uno untuk di program melakukan pemutusan dan penghubung seacara otomatis. Relay 1 untuk baterai 1 dan relay 2 untuk baterai 2. Arduino uno yang sudah di program untuk masing-masing baterai menggunakan sensor tegangan saat baterai 1 sudah mencapai 11 volt maka akan mengisi baterai 1 dan baterai 2 akan terpakai begitu sebaliknya dan saat baterai sudah mencapai 12.10 volt maka akan terputus untuk pengisian baterai. Baterai di hubungkan ke inverter untuk melakukan konversi tengangan DC ke AC untuk beban, Agar tidak terjadi penggunaan baterai bersamaan untuk itu relay(satu modul) yang dihubungkan ke relay 2 modul untuk mengatur ke dua baterai agar beterei tidak di gunakan saat mengisi daya.

3. Kapasitas panel surya yang dibutuhkan utuk mensuplai rangkaian adalah 50WP menghasilkan tegnagan sebesar 14,94V pada cuaca yang sedikit mendung dan turbin ventilator dengan tegangan yang dihasilkan yaitu 2,09V selama 1 hari serta dengan 2 baterai kapasitas 7AH masing-masing

dan berdasarkan pengujian dan pengukuran di lapangan daya listrik yang dihasilkan 82,17W. Pada Percobaan pertama pada beban sebuah lampu 5 watt dan kipas angin 50 watt selama 1 menit daya baterai berkurang 1,1volt dan percobaan kedua dengan beban 2 lampu sebesar 5 watt x 2 = 10 watt selama 100 menit dan berkurang daya baterai berkurang 0,7volt awal baterai adalah 12,2 hingga menjadi 11,5. Percobaan pada beban ini menggunakan baterai 7AH, Memanfaatkan pengisian otomatis dengan menggunakan mikrokontroler arduino uno terhadap kedua baterai sehingga dapat menjaga keawetan baterai tanpa perlu mengkhawatirkan kerusakan pada baterai saat kehabisan daya atau daya terisi penuh. Dari hasil diatas panel surya lebih dominan saat pengisian baterai dari pada trubin ventilator di karenakan angin tidak terlalu kencang.

5.2 Saran

1. Penyempurnaan dan penambahan kapasitas baterai dapat bekerja dengan durasi yang lebih lama saat malam hari.
2. Dibutuhkan penyempurnaan dan pengembangan lebih jauh agar sistem yang dibuat dapat digunakan lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alfanz, R., Maulana K, F., & Haryanto, H. (2016). Rancang Bangun Penyedia Energi Listrik Tenaga Hibrida (PLTS-PLTB-PLN) Untuk Membantu Pasokan Listrik Rumah Tinggal. *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, 4(2), 78. <https://doi.org/10.36055/setrum.v4i2.456>
- Damanik, W. S., Pasaribu, F. I., Lubis, S., & Siregar, C. A. (2021). *Pengujian Modul Solar Charger Control (SCC) Pada Teknologi Pembuangan Sampah Pintar*. 89–93.
- Elektro, J. (n.d.). PENINGKATAN PENANGKAPAN CAHAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA MENGGUNAKAN EMPAT TITIK BERBASIS MIKROKONTROLER.
- Fadhli, F., & Syahputra, I. (2019). Identifikasi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) Angin dan Surya di Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 5(2), 39–47. <https://doi.org/10.30601/jtsu.v5i2.287>
- Hamid, R. M., Rizky, R., Amin, M., & Dharmawan, I. B. (2016). Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan UMKM. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 4(2), 130. <https://doi.org/10.32487/jtt.v4i2.175>
- Harahap, P. (2020). Pengaruh Temperatur Permukaan Panel Surya Terhadap Daya Yang Dihasilkan Dari Berbagai Jenis Sel Surya. *RELE (Rekayasa Elektrikal Dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 73–80. <https://doi.org/10.30596/rele.v2i2.4420>
- Hasanah, A. W., Hariyati, R., & Qosim, M. N. (2019). Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN. *Energi & Kelistrikan*, 11(1),

17–26. <https://doi.org/10.33322/energi.v11i1.394>

Hidayanti, D., & Dewangga, G. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Hybrid

Tenaga Angin dan Surya dengan Penggerak Otomatis pada Panel Surya.

Eksergi, 15(3), 93. <https://doi.org/10.32497/eksergi.v15i3.1784>

Ningsih, P. S. (2020). Pengukuran Tegangan, Arus, Daya pada Prototype PLTS

Berbasis Mikrokontroler Arduin Uno. *SainETIn*, 5(1), 8–16.

<https://doi.org/10.31849/sainetin.v5i1.4370>

Nomor, V., Hal, J., & Hidayat, M. N. (2022). *Energi Alternatif Pada Masjid*

Taqwa Desa Sei Litur Langkat Dengan Menggunakan Turbin Ventilator

Listrik Tenaga Angin. 2, 7–8.

Padmika, M., Satriya Wibawa, I. M., & Trisnawati, N. L. P. (2017). Perancangan

Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin Ventilator Sebagai

Penggerak Generator. *Buletin Fisika*, 18(2), 68.

<https://doi.org/10.24843/bf.2017.v18.i02.p05>

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.

Priatam, P. P. T. D. (2021). Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya

50 WP. *RELE: Jurnal Teknik Elektro*, 4(1), 48–54.

<http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RELE/article/view/7825>

Purwoto, B. H. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi

Alternatif. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 18(01), 10–14.

<https://doi.org/10.23917/emitor.v18i01.6251>

Rohana, & Zulfikar. (2015). *Laporan Akhir Tahun Hibah Bersaing Optimalisasi*

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Untuk Meningkatkan Kapasitas Daya Listrik.
10–45.

Saputra, D., Iriana, R., & Sebayang, M. (2017). ANALISIS KETERSEDIAAN SISTEM PEMBANGKIT BERBASISKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN (PLTB) DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 5(1), 1–8.

Syukri, M., & Azhar. (2022). Analisis Desain Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 50 WP. *Journal of Engineering and Science*, 1(1), 1–8.
<https://doi.org/10.56347/jes.v1i1.1>

Widyanto, S., Wisnugroho, S., & Agus, M. (2018). Pemanfaatan Tenaga Angin Sebagai Pelapis Energi Surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid di Pulau Wangi-Wangi. *Seminar Nasional Sain Dan Teknologi 2018*, 1–12.

LAMPIRAN



