

TUGAS AKHIR

ANALISIS PEMANFAATAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU (ANGIN) MENGGUNAKAN TURBIN VENTILATOR DAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA 100WP DI MESJID TAQWA DESA SEI LITUR KEC. SAWIT SEBRANG LANGKAT

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

Disusun Oleh:

DHIORA FEBRIYAN SIMATUPANG

1607220074



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2020**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Dhiora Febriyan Simatupang

NPM : 1607220074

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) Menggunakan Turbin Ventilator Dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100wp Di Masjid Taqwa Desa Sei Litur Kec. Sawit Sebrang Langkat

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, 13 November 2020

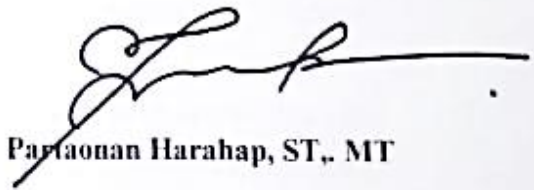
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembanding I



Faisal Irsan Pasariu, ST., MT

Dosen Pembanding II



Partaonan Harahap, ST., MT

Dosen Pembimbing



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

Program Studi Teknik Elektro

Ketua



Faisal Irsan Pasariu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Dhiora Febriyan Simatupang

Tempat /Tanggal Lahir : Padang Lancat /26 Februari 1998

NPM : 1607220074

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

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

"Analisis Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) Menggunakan Turbin Ventilator Dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 Wp Di Mesjid Taqwa Desa Sei Litur Kec. Sawit Sebrang Langkat"

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

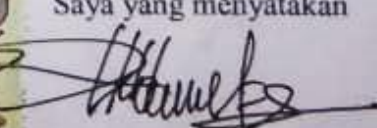
Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

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

Medan, 13 November 2020



Saya yang menyatakan


Dhiora Febriyan Simatupang

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “perancangan rooftop panel surya dalam penerapan energi alternatif untuk sistem shalat di masjid taqwa desa sei litur langkat”, 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. Orang tua penulis: Alm Bapak Darman Simatupang dan Ibu Dumasari, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
2. Bapak Dr. Agussani, M.A.P, Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Khairul Umurani, S.T, M.T, selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak faisal Irsan Pasaribu., S.T, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Bapak Partaonan Harahap., S.T, M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Ibu Noorly Evalina., S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu ketekniklistrikan kepada penulis.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Teman – teman saya yang ada di ikatan mahasiswa muhammadiyah fakultas teknik umsu.
12. Teman – teman seperjuangan Teknik Elektro A1 Pagi Stambuk 2016.
13. Sahabat-sahabat penulis: Irfan Nofri, Maula Mutaqqin, M. Nur Hidayat, Wahyudi dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

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 laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi teknik Elektro/Mesin/Sipil.

Medan, 13 November 2020



Dhiora Febriyan Simatupang

ABSTRAK

Data konsumsi energi mengalami peningkatan setiap tahunnya, peningkatan ini sejalan dengan pertumbuhan ekonomi nasional. Peningkatan konsumsi energi ini akan menjadi suatu masalah apabila kebutuhan tidak mencukupi dari yang dibutuhkan. Terkadang untuk mencukupi kebutuhan listrik, PLN terpaksa melakukan pemadaman bergilir di beberapa daerah untuk menjaga kestabilan konsumsi energi listrik. Pada desa penelitian yaitu Desa Sei Litur Kec. Sawit Sebrang Kabupaten Langkat, termasuk desa yang sering terjadi pemadaman listrik yang sangat lama sekitaran 1 sampai 5 jam, akibat dari pemadaman tersebut banyak aktifitas yang dilakukan oleh masyarakat yang berada di desa tersebut menjadi terhambat. Serta pada mesjd yang berada disana aktifitasnya juga ikut terhambat seperti padaat tiba waktu sholat suara adzan jarang terdengar akibat dari pemadaman listrik tersebut. Pada satu sisi didesa penelitian ini memiliki potensi intensitas cahaya matahari dan kecepatan angin yang memadai. Dalam hal ini peneliti bertujuan untuk memanfaatkan penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) menggunakan turbin ventilator dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100WP, untuk membebani beban yang terdapat pada mesjid tersebut. serta untuk mengetahui manakah pembangkit listrik yang lebih optimal digunakan untuk mensuplai energi pada beban Masjid Desa Sei Litur. Dimana metode yang digunakan oleh peneliti adalah metode dengan melakukan perancangan PLTB menggunakan turbin ventilator dan PLTS 100WP. Dan untuk proses pengambilan data peneliti melakukan pengukuran yang mencakup, arus dan tegangan keluaran PLTS 100WP dan PLTB. Serta Pengambilan data dilakukan setiap satu jam selama seminggu. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh hasil bahwa PLTS 100WP jauh lebih efektif digunakan untuk membebani total beban yang terpasang pada mesjid Taqwa Desa Sei Litur Kec. Sawit Sebrang Langkat dibandingkan dengan PLTB.

Kata Kunci : Krisis Enenrg, EnergiTerbarukan, PLTS, PLTB

ABSTRACT

Energy consumption data has increased every year, this increase is in line with national economic growth. This increase in energy consumption will be a problem if the need is insufficient than what is needed. Sometimes to meet electricity needs, PLN is forced to carry out rotating blackouts in several areas to maintain the stability of electricity consumption. In the research village, namely Desa Sei Litur Kec. Sawit Sebrang, Langkat Regency, is a village where there are frequent power outages for a very long time of around 1 to 5 hours. As a result of the blackout, many activities carried out by the people in the village are hampered. As well as at mesjd that is there, its activities are also hampered, such as when the prayer time arrives, the sound of the call to prayer is rarely heard due to the blackout. On the one hand, this research village has the potential for sufficient sunlight intensity and wind speed. In this case the researcher aims to take advantage of the use of the Bayu (Wind) Power Plant using a ventilator turbine and a 100WP Solar Power Plant, to overload the load contained in the mosque. and to find out which power plant is more optimal for supplying energy to the load of the Sei Litur Village Mosque. Where the method used by researchers is a method of designing a PLTB using a ventilator turbine and 100WP PLTS. And for the data retrieval process the researchers carried out measurements that included the current and voltage output of PLTS 100WP and PLTB. As well as data collection is carried out every one hour for a week. Based on the results of the research that has been done, the results show that PLTS 100WP is much more effective to use to load the total load installed on the Taqwa mosque, Sei Litur Village, Kec. Sawit Sebrang Langkat compared to PLTB.

Keywords: Energy Crisis, Renewable Energy, PLTS, PLTB

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DFTAR TABEL	ix
DAFTAR GRAFIK	x

BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Masalah.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Studi Literatur	6
2.2. LandasanTeori.....	10
2.2.1 Energi Terbarukan	10
2.2.2 Energi Listrik	10
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya.....	12
2.3.1 Sel Surya (<i>Photovolrtaic</i>)	12
2.3.2 Karakteristik Panel Surya (<i>Photovolrtaic</i>).....	12
2.3.3 Struktur Sel Surya	15
2.3.4 Inverter.....	17
2.3.4.1 Prinsip Kerja Inverter	19
2.3.5 <i>Solar Charger Controller</i>	20
2.3.6 Baterai.....	22
2.4 Energi Angin.....	24

2.5 Energi Kinetik Angin	24
2.6 Prinsip Kerja dan Kontruksi Turbin Angin	25
2.6.1 Jenis Turbin Angin.....	26
2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)	29
2.7.1 Komponen Utama PLTB (Angin)	29
2.7.1.1 Turbin Angin.....	29
2.7.1.2 Generator	31
2.7.1.3 Baterai.....	31
2.7.1.4 Inverter.....	32
2.7.1.5 Anemometer.....	33
2.7.1.6 Modul Step Up DC to DC	34
BAB III METODE PENELITIAN	35
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	35
3.1.1 Waktu.....	35
3.1.2 Tempat	35
3.2 Peralatan dan bahan Penelitian	35
3.2.1 Peralatan Penelitian	35
3.2.2 Bahan Penelitian.....	36
3.3 Tahapan Percobaan	36
3.4 Diagram Blok Alat	37
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	37
3.6 Flowchart Penelitian.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Denah Mesjid dan Pemakaian Beban Pada Mesjid.....	41
4.1.1 Denah Mesjid	41
4.1.2 Perhitungan Beban Pada Mesjid	41
4.2 Mengukur Lux Meter, Kecepatan Angin, Tegangan, dan Arus keluaran PLTS dan PLTB	42

4.2.1 Data Hari Ke-1 jum'at 25/09/2020	43
4.2.2 Data Hari Ke-2 Sabtu 26/09/2020.....	46
4.2.3 Data Hari Ke-3 Minggu 27/09/2020	49
4.2.4 Data Hari Ke-4 Senin 28/09/2020.....	52
4.2.5 Data Hari Ke-5 Selasa 29/09/2020	54
4.2.6 Data Hari Ke-6 Rabu 30/09/2020	57
4.2.7 Data Hari Ke-7 Kamis 01/10/2020	60
4.3 Rata-Rata Arus, Tegangan, dan Daya / Hari	63
4.4 Lama Waktu Pengisian Pada Baterai.....	66
4.5 Kemampuan Baterai Membebani Beban Pada Mesjid	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN	
LEMBAR ASISTENSI	
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Segitiga Daya Listrik	11
Gambar 2.2 Kurva karakteristik I-V sel surya pada STC	13
Gambar 2.3 Pengaruh Radiasi Matahari Pada Kurva I-V	13
Gambar 2.4 Pengaruh Radiasi Matahari Pada Kurva P-V	14
Gambar 2.5 Struktur Dari Sel Surya	15
Gambar 2.6 Inverter	18
Gambar 2.7 Rangkaian Inverter.....	19
Gambar 2.8 <i>solar charge controller</i>	21
Gambar 2.9 Baterai	23
Gambar 2.10 Turbin Angin	26
Gambar 2.11 Prinsip Kerja PLTB	27
Gambar 2.12 Turbin Angin Tipe Horizontal.....	27
Gambar 2.13 Turbin Angin Tipe Vertikal.....	28
Gambar 2.14 Turbin Angin Ventilator.....	29
Gambar 2.15 Generator DC.....	31
Gambar 2.16 Baterai	32
Gambar 2.17 Inverter	33
Gambar 2.18 Alat pengukur Kecepatan Angin	33
Gambar 2.17 Modul Step UP DC to DC	34
Gambar 3.1 Diagram Blok PLTS	37
Gambar 3.2 Diagram Blok PLTB	37
Gambar 3.2 Flowchart Analisa Data Penelitian	40
Gambar 4.1 Denah Mesjid	41

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Tabel Percobaan Hari ke-1.....	43
Tabel 4.2 Tabel Percobaan Hari ke-2.....	46
Tabel 4.3 Tabel Percobaan Hari ke-3.....	49
Tabel 4.4 Tabel Percobaan Hari ke-4.....	52
Tabel 4.5 Tabel Percobaan Hari ke-5.....	54
Tabel 4.6 Tabel Percobaan Hari ke-6.....	57
Tabel 4.7 Tabel Percobaan Hari ke-7.....	60
Tabel 4.8 Tabel Rata-Rata Arus, Tegangan Dan Daya	63

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1 Rata-Rata Arus keluaran PLTS dan PLTB / Hari.....	64
Grafik 4.2 Rata-Rata Tegangan keluaran PLTS dan PLTB / Hari.....	65
Grafik 4.3 Rata-Rata Daya keluaran PLTS dan PLTB / Hari.....	65
Grafik 4.4. Grafik Daya Yang Terisi Pada Baterai.....	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Krisis energi saat ini mengajarkan kepada kita, bangsa Indonesia bahwa usaha serius dan sistematis untuk mengembangkan dan menerapkan sumber energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil perlu segera dilakukan. Penggunaan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, terutama yang dapat mengurangi berbagai dampak buruk yang ditimbulkan akibat penggunaan BBM. Desakan untuk meninggalkan minyak bumi sebagai sumber pengadaan energi nasional saat ini terus digulirkan oleh berbagai pihak, termasuk dari pemerintah sendiri langkah tersebut sangat diperlukan agar Indonesia keluar dari krisis energi yang berkelanjutan.

Keterbatasan energi listrik yang ketergantungan terhadap bahan bakar fosil membuat pemerintah harus cepat tanggap untuk mencari berbagai macam solusi dari permasalahan tersebut dengan mencari sumber daya yang lain. Indonesia merupakan negara yang akan kaya dengan potensi daya alam yang sangat melimpah, baik matahari, air dan angin merupakan alternative peluang energy yang dapat dimanfaatkan sebaik mungkin oleh pemerintah.

Masyarakat sekarang sangatlah bergantung pada listrik dari bahan bakar fosil, tidak hanya sebagai penerangan juga mendukung kegiatan ekonomi. Akibat yang ditimbulkan dari besarnya pemakaian beban listrik yang besar serta penggunaan energy fosil yang sangat besar adalah sering terjadinya pemadaman bergilir dan sering mengakibatkan gangguan pada pembangkit tenaga listrik yang mengakibatkan perekonomian dapat terganggu.

Pemerintah harus tanggap untuk membuat *alternative* energi pengganti, yang sangat berpotensi, salah satunya adalah memanfaatkan energi angin sebagai sumber energy untuk pembangkit energi listrik. Menanggulangi padamnya listrik para warga menggunakan genset sebagai energi pengganti, sementara harga BBM (Bahan Bakar Minyak) yang semakin mahal membuat masyarakat harus berfikir untuk meminimalisir biaya yang akan dikeluarkan untuk pemakaian rumahan.

Pada Desa Sei Litur Kecamatan Sawit Sebrang Kabupaten Langkat, termasuk desa yang sering terjadi pemadaman listrik yang sangat lama sekitaran 1 sampai 5 jam, akibat dari pemadaman tersebut banyak aktifitas yang dilakukan oleh masyarakat yang berada di desa tersebut menjadi terhambat. Serta pada mesjid yang berada disana aktifitasnya juga ikut terhambat seperti pada saat tiba waktu sholat suara adzan jarang terdengar akibat dari pemadaman listrik tersebut.

Listrik dikenal sebagai sumber energi pembawa, energi pembawa suatu substansi atau sistem yang memindahkan energi dalam suatu bentuk dari satu tempat ke tempat yang lain. Listrik dibangkitkan oleh suatu pembangkit, dari sebuah energi primer dikonversikan dalam energi listrik. Sebagai contoh sumber energi primer adalah bahan bakar fosil (batubara, minyak bumi, dan gas alam) air, sinar matahari, angin biomassa, dan lain-lain. Penggunaan energi fosil mulai dikurangi dikarenakan dampaknya yang tidak bersahabat dengan lingkungan dan jumlah ketersediannya di alam yang semakin hari semakin berkurang. Dan digantikan dengan sumber energi yang ramah lingkungan. ketersediaan yang melimpah yang disebut dengan energi terbarukan, jenis energi terbarukan ini salah satunya adalah energi angin dan surya.

Pengubahan energi angin menjadi energi mekanik atau listrik yang bermanfaat bagi manusia dilakukan dengan menggunakan Sistem Konversi Energi Angin (SKEA), sedangkan pengubahan ke listrik disebut SKEA listrik atau turbin angin untuk pemanfaatannya, pemilihan SKEA dilakukan berdasarkan supply (potensi angin yang tersedia di suatu lokasi) dan *Demand* (penggunaan atau pemanfaatan) sesuai dengan kebutuhan actual di lokasi tersebut. Besarnya *demand* dinyatakan dalam KWH total penggunaan energi.

Keuntungan utama dari penggunaan pembangkit listrik tenaga angin secara prinsipnya adalah disebabkan karena sifatnya yang terbarukan. Hal ini berarti eksploitasi sumber energi ini tidak akan membuat sumber daya angin yang berkurang seperti halnya penggunaan bahan bakar fosil. Oleh karenanya tenaga angin juga merupakan sumber energi yang ramah lingkungan dimana penggunaannya tidak mengakibatkan emisi gas buang atau polusi yang berarti tidak dampak buruk bagi lingkungan. Pembangkit ini lebih efisien dari pada pembangkit listrik tenaga surya

didalam menghasilkan listriknya, karena dapat beroperasi siang dan malam, ketika jika ada angin (PLTS hanya digunakan pada malam hari saja).

Mengingat pada desa sei-litur kecamatan sawit sebrang sering terjadi pemadaman listrik, penelitian ini dilakukan sebab untuk mengatasi masalah yang sering terjadi pada desa tersebut maka penulis ingin mengangkat judul “Analisis Perbandingan Efektifitas Daya Keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 Wp Di Masjid Taqwa Desa Sei Litur Kec. Sawit Sebrang Langkat”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari judul yang ingin penulis ajukan adalah :

1. Bagaimana daya keluaran yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga bayu (angin) dan tenaga surya?
2. Berapakah besar daya yang dihasilkan dari dua pembangkit tersebut?
3. Bagaimana kemampuan kedua pembangkit untuk mengisi kapasitas baterai yang sama?

1.3 Tujuan Masalah

1.3.1 Tujuan Umum

Penulis bertujuan untuk mengetahui manakah pembangkit listrik yang lebih optimal digunakan untuk mensuplai energi pada beban Masjid Taqwa Muhammadiyah Desa Sei Litur.

1.3.2 Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari penelitian yang ingin penulis ajukan adalah :

1. Untuk mengetahui besar nilai daya yang dikeluarkan pembangkit listrik tenaga angin dan pembangkit tenaga surya.
2. Untuk melihat daya keluaran yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga bayu (angin) dan pembangkit listrik tenaga surya.
3. Untuk menentukan pembangkit mana yang efektif untuk mengisi baterai jika digunakan baterai yang sama.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa ruang lingkup penelitian yang diberikan yaitu :

1. Menghitung beban masjid
2. Mengambil data keluaran yang dihasilkan oleh PLTS dan PLTBayu
3. Menentukan pembangkit yang lebih efektif digunakan didesa tersebut.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini meliputi dua aspek yaitu, aspek tekno-ekonomi dan juga lingkungan. Aspek dari tekno-ekonomi yaitu penggunaan teknologi yang terbarukan dan ekonomis. Sedangkan untuk aspek lingkungan yaitu memberikan informasi pada warga desa akan penting nya energi baru terbarukan.

1.6 Sistematiks penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir inidiuraikan 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 penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasipenelitian, 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 ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

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

BAB V PENUTUP

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

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Saat ini berbagai penelitian yang terkait dengan penggunaan sel surya dan pemanfaatan energi angin telah banyak dilakukan. Hal ini disebabkan karena penggunaannya merupakan alternatif guna mengurangi penggunaan energy listrik dari PLN serta guna memanfaatkan potensi alam yang sudah ada sehingga sangat membantu dalam mengurangi penggunaan energi fosil yang saat ini semakin menipis. Berdasarkan hal ini beberapa penelitian sebelumnya yang dijadikan acuan dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

Penggunaan energi fosil semakin hari semakin meningkat, Salah satu konsumsi energi fosil digunakan sebagai pembangkitan tenaga listrik. Di sisi lain, ketersediaan energi fosil saat ini semakin hari semakin menipis. Selain itu energi fosil juga memiliki dampak lingkungan yang tidak baik sebab menghasilkan polutna yang dapat mengganggu lingkungan.

Melihat dampak negatif dari energi fosil, harus ada upaya untuk menggantikan energi konvensional ini menjadi energi baru terbarukan. Salah satunya adalah sel surya (sel surya). Secara astronomis Indonesia terletak pada 6° LU – 11° LS dan 95° BT – 145° BT . Hal ini menempatkan Indonesia di kawasan tropis dan melewati garis khatulistiwa sehingga tingkat iradiasi harian matahari rata-rata relatif tinggi yaitu sebesar $4,5\text{kWh/m}^2/\text{hari}$. dan berpotensi besar untuk pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Namun sel surya sebagai unit PLTS ini bukanlah tanpa kendala. Daya keluaran sel surya sangat kecil dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis lain. Selain itu, sel surya juga sangat terpengaruh terhadap kondisi alam seperti kondisi awan, perubahan posisi matahari meliputi perubahan gerak semu harian serta gerak semu tahunan matahari.

Oleh karena itu dibutuhkan metode untuk meningkatkan daya keluaran sel surya. Salah satu metode yang dapat diterapkan adalah dengan penggunaan cermin pemantul sinar matahari (*reflector*). Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai

pengaruh penggunaan *reflector* terhadap iradiasi, tegangan, arus serta daya keluaran sel surya. Selain itu, digunakan pula beban pengganti elektronik berupa DC-DC converter tipe buck . Dari hasil penelitian ini diharapkan adanya peningkatan daya keluaran sel surya dengan menggunakan *reflector* pada konfigurasi yang tepat (et al. 2019).

Indonesia memiliki banyak potensi energi terbarukan, seperti tenaga air (termasuk minihidro), panas bumi, biomasa, angin dan surya (matahari) yang bersih dan ramah lingkungan, tetapi pemanfaatannya belum optimal. Belum optimalnya pemanfaatan energy terbarukan disebabkan biaya pembangkitan pembangkit listrik energy terbarukan, seperti tenaga surya, tidak dapat bersaing dengan biaya pembangkit listrik berbahan bakar energi fosil (bahan bakar minyak, gas bumi, dan batubara).

Dengan berlimpahnya sumber energi surya yang belum dimanfaatkan secara optimal, sedangkan disisi lain ada sebagian wilayah Indonesia yang belum dialiri arus listrik karena tidak terjangkau oleh jaringan listrik PLN, sehingga Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dengan sistemnya yang modular dan mudah dipindahkan merupakan salah satu solusi yang dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pembangkit listrik alternatif. Sayangnya biaya pembangkitan PLTS masih lebih mahal apabila dibandingkan dengan biaya pembangkitan pembangkit listrik tenaga konvensional, karena sampai saat ini piranti utama untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik (modul fotovoltaik) masih merupakan piranti yang didatangkan dari luar negeri.

Walaupun pemanfaatan PLTS belum optimal, tetapi sudah cukup banyak dimanfaatkan pada perumahan atau sering disebut solar home sytem (SHS), pompa air, televisi, alat komunikasi dan lemari pendingin, khususnya di wilayah terpencil yang jauh dari jaringan listrik PLN. PLTS merupakan teknologi yang ramah lingkungan karena tidak melepaskan polutan seperti halnya pembangkit listrik tenaga fosil. (Notosudjono, 2017).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Indonesia, paling populer digunakan untuk listrik pedesaan (terpencil), system seperti ini populer dengan

sebutan SHS (Solar Home System). SHS umumnya berupa system berskala kecil, dengan menggunakan modul surya 50-100 Wp (Watt Peak) dan menghasilkan listrik harian sebesar 150-300 Wh. Karena skalanya yang kecil, system DC (*direct current*) lebih disukai, untuk menghindari *losses* dan *self consumption* akibat digunakannya inverter. Karena systemnya yang kecil dan dipasang secara desentralisasi (satu rumah satu pembangkit, sehingga tidak memerlukan jaringan distribusi) SHS ideal digunakan untuk listrik di pedesaan dimana jarak rumah satu dengan lainnya berjauhan, dan keperluan listriknya relatif kecil, yakni hanya untuk memenuhi kebutuhan dasar (lampu). (Karim 2019)

Sistem *Hybrid* dapat melibatkan 2 atau lebih system pembangkit listrik, umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan untuk *hybrid* adalah genset, PLTS, mikrohydro, Tenaga Angin. Sehingga system *hybrid* bisa berarti PLTS-Genset, PLTS- Mikrohydro, PLTS- Tenaga Angin dst. Tujuan dari Hybrid PV-Genset adalah mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit (dalam hal ini genset & PLTS) sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk kondisi-kondisi tertentu, sehingga secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien.(Karim 2019)

Indonesia pada saat ini sedang giatnya mengembangkan potensi energi terbarukan sebagai pengganti cadangan energi fosil yang menipis. Selain memanfaatkan energi surya, energi angin juga merupakan salah satu energi alternatif. Energi angin di Indonesia sangat berpotensi besar, tetapi masih sangat kurang dalam pemanfaatannya. Potensi energi angin di Indonesia umumnya berkecepatan lebih dari 5 meter per detik (m/ detik). Hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (Lapan) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/detik, masing-masing Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa. Adapun kecepatan angin 4 m/detik hingga 5 m/detik tergolong berskala menengah dengan potensi kapasitas 10-100 kW.

Pengubahan energi angin menjadi energi mekanik menjadi listrik yang bermanfaat bagi manusia dilakukan dengan menggunakan Sistem Konversi Energi

Angin (SKEA), sedangkan perubahan ke listrik disebut SKEA listrik atau turbin angin. Untuk pemanfaatannya, pemilihan sebuah SKEA dilakukan berdasarkan *supply* (potensi angin yang tersedia di suatu lokasi) dan demand (penggunaan atau pemanfaatan) sesuai dengan kebutuhan aktual di lokasi tersebut. Besarnya *supply* pada pembangkit listrik tenaga angin tergantung pada potensi energi angin yang tersedia di lokasi yang dapat dinyatakan dalam rapat daya (W/m^2) atau rapat energi (KWH/m^2). Sedangkan demand dinyatakan dalam KWH total. (Julisman, Sara, and Siregar 2017)

Turbin angin merupakan salah satu solusi untuk mengatasi sumber energi fosil yang semakin terbatas. Energi angin adalah udara yang bergerak yang secara tidak langsung merupakan energi yang berasal dari matahari, karena angin dipengaruhi oleh pemanasan yang dilakukan oleh matahari secara tidak merata di permukaan bumi oleh matahari. Lapisan udara yang menghangatkan mengakibatkan perbedaan tekanan udara di atmosfer (Notosudjono, 2017).

Pengembangan energi terbarukan sangat cocok untuk membantu desa dan perumahan yang mengalami kesulitan pasokan listrik PLN. Eksploitasi energi angin ini sangat baik mengingat angin tidak akan pernah habis atau berkurang, berbeda dengan bahan bakar fosil yang akan habis bila dipakai terus menerus. (Bachtiar and Hayyatul 2018)

Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin merupakan fungsi dari kecepatan angin dan luas bidang sapuan udara pada sudu- sudu angin (turbine blade). Untuk pembangkit listrik tenaga angin berskala kecil (*small wind Power*) dengan daya 20 – 500 watt, umumnya membutuhkan kecepatan angin rata-rata minimal 4,0 – 4,5 m/s. Secara umum sebagian besar turbin angin mulai menghasilkan daya listrik pada kecepatan angin 4 m/s dan akan berhenti tidak menghasilkan energi pada kecepatan angin 25 m/s.

Turbin angin sumbu tegak merupakan alternatif pembangkit tenaga listrik yang dapat diaplikasikan baik di daerah pesisir maupun perkotaan karena turbin angin jenis selalu dapat berputar walaupun di daerah yang memiliki tiupan angin berkecepatan rendah dan berubah-ubah. Tujuan penelitian ini adalah untuk

mengetahui besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh seperangkat pembangkit listrik tenaga angin dengan kincir tipe horosontal dengan memanfaatkan ketinggian gedung, mengetahui adanya keterkaitan atau hubungan antara kecepatan angin dengan daya output pada pembangkit listrik tenaga angin, dan merancang suatu sistem pembangkit listrik tenaga angin skala kecil yang mampu menghasilkan daya yang optimal. (Bachtiar and Hayyatul 2018)

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Energi Terbarukan

Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari alam disekitar kita, beberapa contoh energi terbarukan adalah angin, air, geothermal, biomas, dan matahari. Disebut energi terbarukan karena energi tersebut dapat memperbaharui energi itu sendiri dalam kurun waktu yang singkat dan sangat berbeda dengan energi fosil yang memerlukan waktu bertahun-tahun agar terbentuk energy lagi. Di Indonesia sendiri potensi energi baru terbarukan sangat besar dikarenakan iklim di Indonesia sangat bagus untuk energi terbarukan contohnya adalah matahari di indonesia cukup sering karena terbagi menjadi 2 iklim dalam setahun.

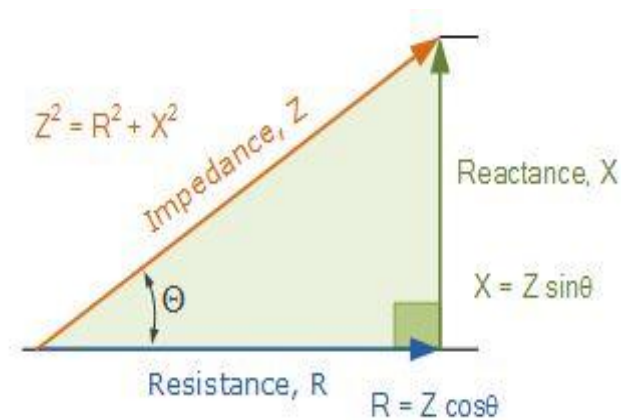
Energi terbarukan sangat ramah lingkungan Karena tidak menghasilkan emisi gas buang dan juga limbah sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan hidup, beberapa wilayah di Indonesia telah mengembangkan energi terbarukan contohnya pada pesisir pantai yang dapat menggunakan panas sinar matahari dan menggunakan angin sebagai energy alternatif disamping menggunakan energi dari *supplay* PLN.

2.2.2 Energi Listrik

Energi listrik terjadi karena beda potensial dan dua titik penghantar. Energi listrik bisa didapat dengan mengkonversi energi gerak menjadi energy listrik. Untuk memperoleh energi ini dengan cara memutar turbin yang di-*couple* dengan generator yang akan menghasilkan energy listrik. Besarnya energy atau beban yang terpakai ditentukan oleh reaktansi (R), induktansi (L), kapasitansi (C). sedangkan besarnya pemakaian energi listrik disebabkan oleh banyak dan beraneka ragamnya peralatan (beban) listrik yang digunakan.

Daya listrik didefinisikan sebagai kecepatan aliran energi listrik pada suatu titik jaringan listrik tiap satu satuan waktu. Dengan satuan watt (W) atau joule per detik dalam satuan internasional (SI), daya listrik menjadi besaran terukur adanya produksi energi listrik. Daya listrik terbagi menjadi 3, yaitu:

1. Daya semu (S)
2. Daya Reaktif (R)
3. Daya aktif (P)



Gambar 2.1 Segitiga Daya Listrik

(Jurnal Ar, Rois Gunawan, NB, Ir Chayun Sc, M, 2013)

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Surya

2.3.1 Sel Surya (*Photovoltaic*)

Industri *photovoltaic* telah berkembang sekitar 50 tahun dan bertujuan agar dapat menghasilkan energy sel surya yang ekonomis dan layak dibandingkan dengan penggunaan listrik buatan seperti hidro dan nuklir dan untuk memberikan solusi agar penghasil energi yang ramah lingkungan dan dapat mencakup seluruh dunia. Sistem yang terdapat pada *photovoltaic* adalah listrik satu arah yang bersumber dari energy matahari kemudian dikonversikan menjadi energi listrik.

Sel surya (*photovoltaic*) merupakan sebuah semi konduktor yang terdiri dari diode p-n junction, dimana ketika terkena cahaya matahari akan menciptakan energi listrik yang bisa dimanfaatkan, pengubahan energi ini disebut dengan efek *photoelectric*. Sel surya suda banyak diaplikasikan, terutama untuk wilayah atau daerah yang terpencil, yang tidak tersedia jaringan tenaga listrik dari grid, seperti satelit pengorbit (bumi), kalkulator genggam, pompa air, dan lain-lain.

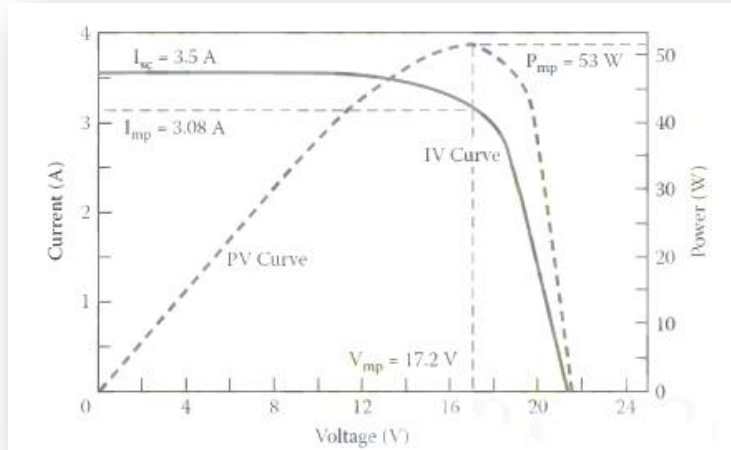
Pemasangan sel surya yang berbentuk modul/panel surya dapat dipasang diatap gedung dan juga di atap rumah, yang kemudian disambungkan di inverter untuk mengubah tegangan yang dihasilkan dari *photovoltaic* yang berbentuk DC menjadi tegangan AC untuk kebutuhan rumahan yang dapat di kombinasikan ke grid listrik PLN dalam sebuah pengaturan net metering.

2.3.2 Karakteristik Panel Surya (*Photovoltaic*)

Kapasitas daya dari sebuah sel surya atau modul surya dilambangkan dalam watt peak (Wp) dan diukur berdasarkan standar pengujian internasional yaitu *Standard Test Condition* (STC). Standar ini mengacu pada intensitas radiasi sinar matahari sebesar 1000 W/m^2 yang tegak lurus sel surya pada suhu 25°C . Modul *photovoltaic* memiliki hubungan antara arus dan tegangan yang diwakili dalam kurva I-V. Pada saat tahanan variable bernilai tak terhingga (*open circuit*) maka arus bernilai minimum (nol) dan tegangan pada sel berada pada nilai maksimum, yang dikenal sebagai tegangan open circuit (V_{oc}).

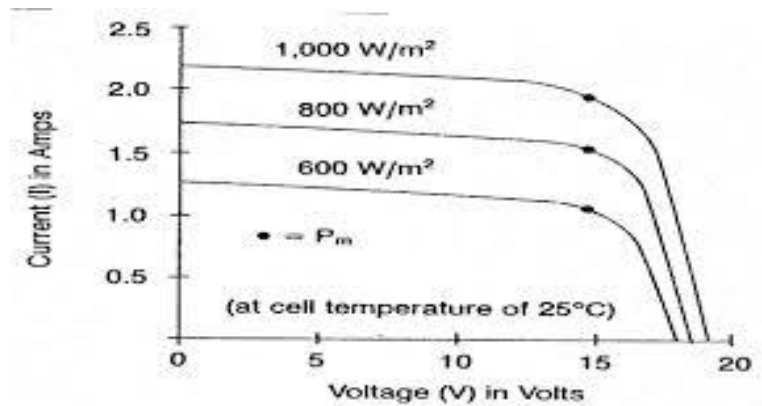
Pada keadaan yang lain, ketika tahanan variable bernilai nol (*short circuit*) maka arus bernilai maksimum, yang dikenal sebagai arus *short circuit* (I_{sc}). Jika

tahanan *variable* memiliki nilai yang bervariasi antara nol dan tak terhingga maka arus (I) dan tegangan (V) akan diperoleh nilai yang bervariasi seperti ditunjukkan pada gambar 2, dikenal sebagai kurva karakteristik I-V pada sel surya

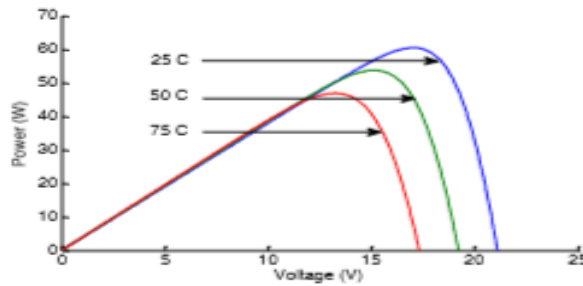


Gambar 2.2 Kurva karakteristik I-V sel surya pada STC.
(Jurnal Ar, RoisGunawan, NB, Ir ChayunSc, M)

Radiasi sinar matahari akan mempengaruhi arus yang dihasilkan oleh sel surya. Semakin tinggi radiasi dari matahari maka semakin tinggi juga arus yang dihasilkan.



Gambar 2.3 Pengaruh Radiasi Matahari Pada Kurva I-V
(Jurnal Ar, Rois Gunawan, NB, Ir Chayun Sc, M)



Gambar 2.4 Pengaruh Radiasi Matahari Pada Kurva P-V

(Jurnal Ar, Rois Gunawan, NB, Ir Chayun Sc, M)

Gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan pengaruh radiasi matahari pada modul *photovoltaic* yang berisi 36 sel *monocrystalline*. Dari kedua gambar di atas tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar intensitas radiasi matahari (mendekati 1000 W/m^2) maka daya yang dihasilkan oleh sel surya juga akan mendekati maksimal. *Photovoltaic* dapat digunakan menggunakan baterai sebagai sarana penyimpanan dan dapat juga digunakan tanpa baterai. Ada beberapa tipe panel surya yang dapat digunakan antara lain:

1. *Monocrystalline silicon* (Mono-SI)

Panel surya jenis ini menggunakan sel surya jenis *crystalline* tunggal (*single-crystal-Si*) dan memiliki efisiensi paling tinggi di kelasnya. Secara fisik, panel surya *monocrystalline* dapat diketahui dari warna sel hitam gelap dengan model terpotong pada tiap sudutnya.

Panel *monocrystalline* merupakan panel yang paling efisien dibanding dengan yang lainnya karena panel ini dapat menghasilkan energy listrik persatuan luas yang paling tinggi dengan efisiensi sampai dengan 15%-20%. Panel ini memiliki kekurangan yaitu tidak dapat digunakan di tempat yang cahaya matahari kurang serta kestabilan panel ini akan turun ketika cuaca sedang berawan.

2. *Thin Film Solar* (TFSC)

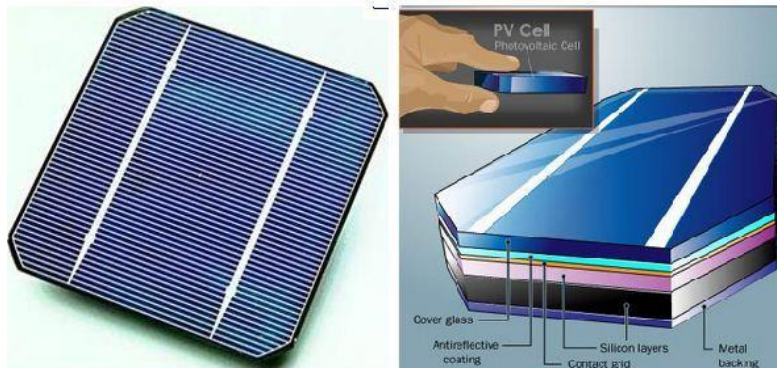
Panel surya *thin film* menggunakan banyak lapisan material sebagai bahan material penyusunnya. Panel surya ini merupakan panel generasi kedua. Ketebalan lapisan materialnya mulai dari nano meter (nm) hingga micro meter (μm). beberapa tipe panelsurya thin film yang ada dipasaran berdasarkan material penyusunnya.

3. *Polycrystalline*

Panel surya jenis ini terbuat dari beberapa batang Kristal silikon kemudian dicetak menjadi persegi. Tipe sel surya ini memiliki tingkat efisiensi sekitar 13%-16% karena tidak kristal silikon yang digunakan tidak sempurna pada tipe mono Kristal dan sel surya jenis ini paling banyak digunakan karena harga yang lebih ekonomis dan pembuatannya lebih murah. Agar sel surya *Polycrystalline* menghasilkan energi yang sama dengan tipe monokristal, dibutuhkan wilayah yang luas.

2.3.3 Struktur Sel Surya

Sesuai dengan perkembangan sains & 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 (Jenis-jenis teknologi surya akan dibahas di tulisan “Sel Surya : Jenis-jenis teknologi).



Gambar 2.5 Struktur dari sel surya komersial yang menggunakan material silikon sebagai semikonduktor.

Gambar diatas menunjukkan ilustrasi sel surya dan juga bagian-bagiannya. Secara umum terdiri dari :

1. *Substrat/Metal backing*

Substrat adalah material yang menopang 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 molybdenum. Untuk sel surya dye-sensitized (DSSC) dan sel surya organik, substrat juga berfungsi sebagai tempat masuknya cahaya sehingga material yang digunakan yaitu material yang konduktif tapi juga transparan seperti indium tin oxide (ITO) dan flourine doped tin oxide (FTO).

2. Material semikonduktor

Material semikonduktor merupakan bagian inti dari sel surya yang biasanya mempunyai tebal sampai beberapa ratus mikrometer untuk sel surya generasi pertama (silikon), dan 1-3 mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor inilah yang berfungsi menyerap cahaya dari sinar matahari. Untuk kasus gambar diatas, semikonduktor yang digunakan adalah material silikon, yang umum diaplikasikan di industri elektronik. Sedangkan untuk sel surya lapisan tipis, material semikonduktor yang umum digunakan dan telah masuk pasaran yaitu contohnya material Cu(In,Ga)(S,Se)_2 (CIGS), CdTe (kadmium telluride), dan amorphous silikon, disamping material-material semikonduktor potensial lain yang dalam sedang dalam penelitian intensif seperti $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S,Se)}_4$ (CZTS) dan Cu_2O (copper oxide).

Bagian semikonduktor tersebut terdiri dari junction atau gabungan dari dua material semikonduktor yaitu semikonduktor tipe-p (material-material yang disebutkan diatas) dan tipe-n (silikon tipe-n, CdS,dll) yang membentuk p-n junction. P-n junction ini menjadi kunci dari prinsip kerja sel surya. Pengertian semikonduktor tipe-p, tipe-n, dan juga prinsip p-n junction dan sel surya akan dibahas dibagian “cara kerja sel surya”.

3. Kontak metal / contact grid

Selain substrat sebagai kontak positif, diatas sebagian material semikonduktor biasanya dilapiskan material metal atau material konduktif transparan sebagai kontak negatif.

4. Lapisan antireflektif

Refleksi cahaya harus diminimalisir agar mengoptimalkan cahaya yang terserap oleh semikonduktor. Oleh karena itu biasanya sel surya dilapisi oleh

lapisan anti-refleksi. Material anti-refleksi ini adalah lapisan tipis material dengan besar indeks refraktif optik antara semikonduktor dan udara yang menyebabkan cahaya dibelokkan ke arah semikonduktor sehingga meminimumkan cahaya yang dipantulkan kembali.

5. Enkapsulasi / cover glass

Bagian ini berfungsi sebagai enkapsulasi untuk melindungi modul surya dari hujan atau kotoran.

Sel surya merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaic, oleh karenanya dinamakan juga sel fotovoltaic (*Photovoltaic cell* – disingkat PV). Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sebuah sel surya sangat kecil, sekitar 0,6V tanpa beban atau 0,45V dengan beban. Untuk mendapatkan tegangan listrik yang besar sesuai keinginan diperlukan beberapa sel surya yang tersusun secara seri. Jika 36 keping sel surya tersusun seri, akan menghasilkan tegangan sekitar 16V.

Tegangan ini cukup untuk digunakan mensuplai aki 12V. Untuk mendapatkan tegangan keluaran yang lebih besar lagi, maka diperlukan lebih banyak lagi sel surya. Gabungan dari beberapa sel surya ini disebut Panel Surya atau modul surya. Susunan sekitar 10 - 20 atau lebih Panel Surya akan dapat menghasilkan arus dan tegangan tinggi yang cukup untuk kebutuhan sehari hari .

2.3.4 Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari *Power Inverter* tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (*Solar Cell*). Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya Power Inverter, kita dapat menggunakan Aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti Televisi, Kipas Angin, Komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V ataupun 110V.



Gambar 2.6 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 (Harahap 2019).

Menurut jenis gelombang keluarannya *Inverter* dibedakan menjadi dua yaitu :

1. *Inverter* Sumber Arus (*Current Source Inverter*)

Ciri-ciri *inverter* sumber arus (ISA) :

- a. ISA didesain hanya untuk mengontrol frekuensi, oleh karena itu diperlukan suatu rangkaian *chopper* untuk mengatur tegangan keluar.
- b. *Output* yang dihasilkan adalah *black modulation* sehingga dibutuhkan solusi tambahan untuk menekan harmonik dan pulsating torque, yaitu dengan memperbesar induktansi motor.
- c. Kontrol traksi yang diaplikasikan relatif sederhana sehingga dapat direalisasikan dengan menggunakan teknik TTL (*Transistor-Transistor Logic*) atau *analog*.

2. *Inverter* Sumber Tegangan (*Voltage Source Inverter*)

Ciri-ciri *Inverter* sumber tegangan (IST) :

- IST mengontrol baik frekuensi maupun tegangan output dengan mempergunakan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*) oleh sebab itu diperlukan sistem kontrol yang kompleks (*Microprocessor*).
- PWM menghasilkan *output* yang mensekati sinus sehingga harmonik dan pulsating torque dapat ditekan, yaitu dengan melakukan pengaturan *software* untuk menghasilkan patron-patron pulsa yang diinginkan.
- Kontrol traksi yang diaplikasikan sangat kompleks sehingga diperlukan teknik kontrol digital dengan mikrokomputer atau mikroprosesor dan *software programming* yang memerlukan kualifikasi personil yang secara khusus mendalami bidang tersebut.

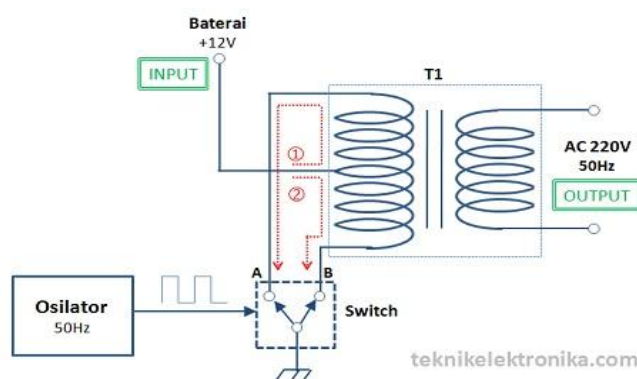
Inverter sumber tegangan (*Voltage Source Inverter*) dibedakan menjadi dua yaitu :

- Inverter* sumber tegangan dengan frekuensi dan tegangan keluaran konstan.
- Inverter* sumber tegangan dengan frekuensi dan tegangan keluaran berubah.

Keluaran *inverter* inilah yang menjadi masukkan bagi motor AC yang banyak digunakan diperusahaan ini, terutama motor induksi (AC) untuk mesin-mesin agar diperoleh hasil produksi yang sesuai dengan keinginan perusahaan.

2.3.4.1 Prinsip kerja Inverter

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



Gambar 2.7 rangkaian inverter

(Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro)

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 dapat dilihat pada gambar 2.6.

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.

2.3.5 Solar Charge Controller

Solar charge controller adalah salah satu komponen didalam system pembangkit listrik tenaga surya, yang berfungsi sebagai pengatur arus listrik baik terhadap arus yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar yang digunakan. *Solar charge controller* ini bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan dan mengatur tegangan serta arus dari panel surya ke baterai.

Sebagian besar panel surya 12 volt menghasilkan tegangan keluaran sekitar 16 sampai 20 volt DC, jadi jika tidak ada pengaturan, baterai akan cepat rusak dari

pengisian tegangan yang berlebihan. Pada umumnya baterai 12 volt membutuhkan tegangan pengisian sekitar 13-14,8 volt (tergantung tipe baterai) untuk dapat terisi penuh.



Gambar 2.8 *solar charge controller*

Teknologi *Solar Charge Controller*

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh solar charge controller:

1. PWM (Pulse Wide Modulation), seperti namanya menggunakan 'lebar' pulse dari on dan off elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan sine wave electrical form.
2. MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), yang lebih efisien konversi DC to DC (*Direct Current*). MPPT dapat mengambil *maximum* daya dari PV. MPPT charge controller dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai.

Fungsi dan fitur *solar charge controller*

1. Saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka *controller* akan menghentikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah pengisian yang berlebihan.

2. Saat tegangan di baterai dalam keadaan hampir kosong, maka controller berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban / peralatan listrik. Dalam kondisi tegangan tertentu (umumnya sekitar 10% sisa tegangan di baterai) , 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.
3. Mengatur arus yang dibebaskan atau diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge* dan *overloading*.

2.3.6 Baterai

Baterai adalah perangkat yang tidak dapat dipisahkan dalam system satelit. System ini akan menyediakan daya listrik untuk misi yang pendek atau sebagai *back-up* untuk misi yang panjang. Satelit menggunakan solar panel sebagai sumber energy utama dan menyimpan energy ke dalam baterai. Baterai tersebut akan digunakan untuk kebutuhan daya listrik yang sangat tinggi atau pada saat terjadi (Harahap 2019).

Dalam mempertimbangkan posisi peletakannya maka aki kering tidak mempunyai kendala, lain halnya dengan aki basah. Aki konvensional kandungan timbalnya (Pb) juga masih tinggi sekitar 2,5% untuk masing-masing sel positif dan negatif. Sedangkan jenis hybrid kandungan timbalnya sudah dikurangi menjadi masing-masing 1,7%, hanya saja sel negatifnya sudah ditambahkan unsur calcium.

Terdapat 2 jenis baterai berdasarkan pada proses yang terjadi, yaitu:

1. *Primary battery*

Baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja dan dibuang. Material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan.

2. *Secondary battery*

Baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali, proses kimia yang terjadi di dalam baterai ada reversibel, dan baha aktif dapat kembali ke kondisi semula dengan pengisian sel.

Secara garis besar, baterai dapat dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan aplikasi maka baterai dibedakan untuk automotif, marine, dan deep cycle. Deep cycle meliputi baterai yang biasa digunakan untuk PV (*photo voltaic*) dan *back up power*, sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi type basah, gel dan AGM (*Absorbed Glass Mat*). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dengan VRLA (*valve Regulated Lead Acid*).

Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini

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

Dimana :

N = kapasitas baterai aki

I = kuat arus (ampere)

t = waktu (jam/second)

komponen-komponen baterai terdiri atas:

- a. Kotak baterai
- b. Elektrolit baterai
- c. Sumbat ventilasi
- d. Plat positif dan plat negative
- e. Separator
- f. Lapisan serat gelas (fiber glass)
- g. Sel batara



Gambar 2.9 Baterai

2.4 Energi Angin

Secara sederhana energi potensial yang terdapat pada angin dapat memutar blade-blade yang terdapat pada kincir angin, dimana blade-blade ini terhubung dengan poros dan memutar poros yang telah terhubung dengan generator dan menimbulkan arus listrik. Model sederhana dari turbin angin mengambil dasar teori dari momentum, angin dengan kecepatan tertentu menabrak rotor yang memiliki performa sayap atau propeller.

Dalam model sederhana, dimana memungkinkan newtonian mechanics digunakan, aliran diasumsikan steady dan mendatar, udara diasumsikan incompressible dan inviscid, dan aliran downstream (aliran setelah melalui rotor) diasumsikan konstan disekeliling bagian streamtube dengan tidak ada diskontinuitas tekanan (et al. 2019).

2.5 Energi Kinetik Angin

Energi angin merupakan energi alternatif yang mempunyai prospek baik karena selalu tersedia di alam, dan merupakan sumber energi yang bersih dan terbarukan kembali. Proses pemanfaatan energi melalui dua tahapan konversi yaitu :

1. Aliran angin akan menggerakkan rotor (balok-balok) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin bertiup.
2. Putaran rotor dihubungkan dengan generator sehingga dapat dihasilkan listrik.

Dengan demikian energi angin merupakan energi kinetik atau energi yang disebabkan oleh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar sudu-sudu kincir angin. Untuk memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung energi angin dengan rumus :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- E : energy kinetic (joule)
- M : Masa udara (Kg)
- V : Kecepatan Angin (m/det)

Untuk mendapatkan massa udara dimisalkan satu blok udara mempunyai penampang dengan luas A (m^2), dan bergerak dengan kecepatan v (m/det), maka massa udara adalah yang melewati suatu tempat adalah :

$$m = A.v.\rho \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

- m : massa udara yang mengaalir (kg/det)
- A : luas penampang (m^2)
- V : kecepatan angin (m/det)
- ρ : kerapatan udara (kg/m^3)

Dengan persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dihitung besar daya yang dihasilkan energy angin yaitu :

$$p = -A.v^3.\rho \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

- p : daya yaitu energy persatuan waktu (watt)
- A : luas penampang (m^2)
- V : kecepatan angin (m/det)
- ρ : kerapatan udara (kg/m^3)
- C_p : Power constant
- A : Jari-jari (m)

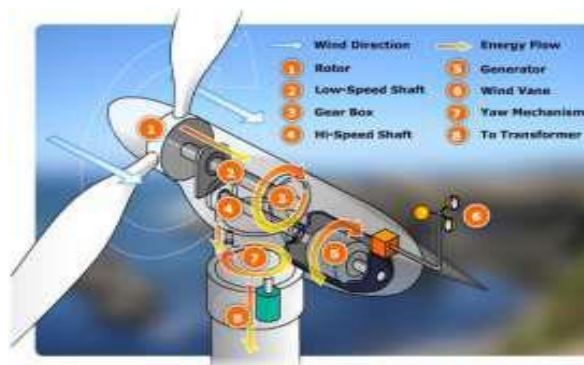
C_p (Power Constant) merupakan besaran yang dimiliki oleh motor dan berbeda-beda setiap tipe yang berbeda. C_p merupakan keahlian suatu motor untuk mengkonversi dari energi gerak menjadi energi listrik atau sebaliknya dengan memperhitungkan nilai setiap rugi-rugi yang dimilikinya (et al. 2019).

2.6 Prinsip Kerja dan Kontruksi Turbin Angin

Sistem pembangkit listrik tenaga angin ini merupakan pembangkit listrik yang menggunakan turbin angin (wind turbine) sebagai peralatan utamanya. Dalam skala utility memiliki berbagai ukuran, dari 100 kilowatt sampai dengan beberapa megawatt. Turbin besar dikelompokkan bersama-sama ke arah angin, yang memberikan kekuatan massal ke jaringan listrik. turbin kecil tunggal, di bawah 100

kilowatt dan digunakan pada rumah, telekomunikasi, atau pemompaan air. Turbin kecil kadang-kadang digunakan dalam kaitannya dengan generator diesel, baterai dan sistem fotovoltaik.

Sistem ini disebut sistem angin hibrid dan sering digunakan di lokasi terpencil di luar jaringan, di mana tidak tersedia koneksi ke jaringan utilitas. Tenaga angin modern dihasilkan dalam bentuk listrik dengan merubah rotasi pisau turbin menjadi arus listrik menggunakan generator listrik. Kincir dengan energi angin digunakan untuk memutar peralatan mekanik dalam melakukan kerja fisik, seperti memompa air atau menyalakan lampu. Daya yang dihasilkan oleh turbin angin tergantung pada diameter pada sudu. Semakin besar diameter, maka daya yang dihasilkan semakin besar.



Gambar 2.10 Turbin Angin

(Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro)

Turbin angin sekarang ini banyak digunakan untuk mengakomodasi listrik masyarakat dengan menggunakan konversi energi dengan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui yaitu angin. Cara kerja pembangkit listrik tenaga bayu/angin cukup sederhana. Energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibelakang bagian turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini biasanya akan disimpan dalam baterai sebelum dimanfaatkan. Banyaknya baterai disesuaikan dengan jumlah daya yang dibutuhkan dalam instalasi listrik rumah tangga atau instansi.



Gambar 2.11 Prinsip Kerja PLTB(Angin)

(Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro)

2.6.1 Jenis Turbin Angin

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 2.12 Turbin Angin Tipe Horizontal

(Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang merubah potensi angin menjadi energi listrik. Angin adalah udara yang bergerak/mengalir, sehingga memiliki kecepatan, tenaga dan arah. Penyebab dari pergerakan ini adalah pemanasan bumi oleh radiasi matahari. Daya yang dihasilkan energi angin dirumuskan sebagai berikut:

$$P = k.F.A.E. v^3 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan P = daya (kw)

$K = \text{konstanta} = 1,37.10^{-5}$

$F = \text{faktor} = 0,5926$

$E = \text{efisiensi rotor dan peralatan lain}$

$v = \text{kecepatan angin (m/det)}$

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.



Gambar 2.13 Turbin Angin Vertikal

(RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro)

2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)

2.7.1 Komponen Utama PLTB (Angin)

2.7.1.1 Turbin Angin

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill.

Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Contoh: PLTD, PLTU, dll), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (Contoh: batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik. (et al. 2019)

a. Turbin Ventilator

Turbin ventilator merupakan alat yang berfungsi mensirkulasikan udara di dalam ruangan seperti roof fan. Berbeda halnya dengan kipas angin seperti exhaust fan yang memerlukan daya listrik sedangkan turbin ventilator digerakkan oleh hembusan angin.



Gambar 2.14 Turbin Angin Ventilator

b. Fungsi Turbin Ventilator

Salah satu aplikasi sistem konversi energi angin dipakai pada turbine ventilator. Pada dasarnya turbine ventilator berfungsi menyalurkan udara panas dari sebuah ruangan ke lingkungan sekitar. Turbine ventilator biasanya terdiri dari beberapa sudut vertikal yang tersusun pada frame silinder dan sebuah kubah digunakan sebagai penutup.

Sebagai sistem transmisi digunakan poros dan bantalan yang dipasang pada saluran ventilasi utama. Ketika turbin tertiup oleh angin, gaya angkat ke atas dan gaya hambat mengakibatkan turbine ventilator berotasi, perputaran ini akan mengakibatkan tekanan dibawah turbine ventilator menjadi rendah sehingga udara yang terperangkap dalam gedung akan mengalir keluar.

c. Prinsip Kerja Turbin Ventilator

Hembusan angin yang lemah sekalipun atau angin kecepatan tinggi dapat memutar sirip sehingga udara dalam ruangan dapat keluar. Hal ini terlihat pada Gambar 2.4 Turbin ventilator yang terpasang dengan hembusan angin di lingkungannya mampu mengeluarkan udara panas dari dalam ruangan serta mampu mengalir naik dan menekan keluar melalui sirip-sirip.

2.7.1.2 Generator DC

Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC / arus searah. Generator DC dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker)

Energi kinetik angin yang berhembus dalam satuan waktu adalah:

$$P_w = - A v^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- P_w : Daya angin (W)
- v : kecepatan angin (m/s)
- A : luas penampang (m^2)
- : kerapatan udara (1.1726 kg/m^3)



Gambar 2.15 Generator DC

(Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro)

2.7.1.3 Baterai

Baterai adalah alat penyimpanan tenaga listrik arus searah (DC). Ada beberapa jenis baterai atau aki dipasaran yaitu jenis aki basah/konvensional. Hybrid dan MF (maintenance free). Aki basah/konvensional berarti masih menggunakan asam sulfat (H_2SO_4) dalam bentuk cair.

Dalam mempertimbangkan posisi peletakannya maka aki kering tidak mempunyai kendala, lain halnya dengan aki basah. Aki konvensional kandungan timbalnya (Pb) juga masih tinggi sekitar 2,5% untuk masing-masing sel positif dan negatif. Sedangkan jenis hybrid kandungan timbalnya sudah dikurangi menjadi masing-masing 1,7%, hanya saja sel negatifnya sudah ditambahkan unsur calcium.



Gambar 2.16 Baterai

2.7.1.4 Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari *Power Inverter* tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (*Solar Cell*).

Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya *Power Inverter*, kita dapat menggunakan Aki ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti Televisi, Kipas Angin, Komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V ataupun 110V.

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.



Gambar 2.17 Inverter

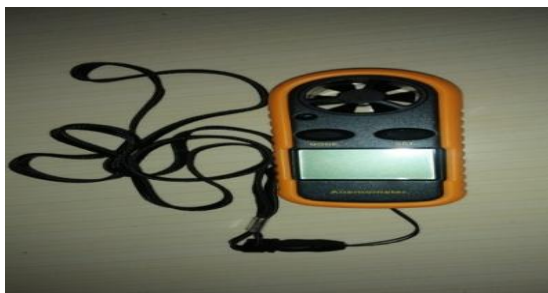
(Jurnal Teknik Mesin Univ. Muhammadiyah Metro)

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

2.7.1.5 Anemometer

Anemometer adalah sebuah alat pengukur kecepatan angin yang paling banyak dipakai dalam bidang Meteorologi dan Geofisika atau stasiun prakiraan cuaca, alat ini masih diyakini alat yang paling akurat untuk mengukur kecepatan angin. Nama alat ini berasal dari kata Yunani *anemos* yang berarti angin.

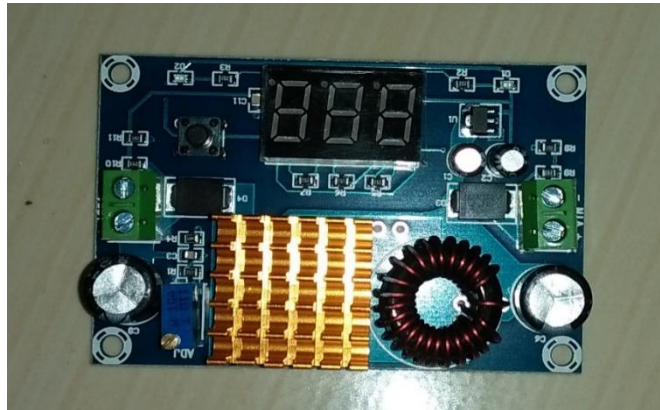
Fungsi yang paling utama dari Anemometer ialah mengukur kecepatan angin, juga dapat digunakan untuk mengukur gas. Fungsi Anemometer ultrasonik dapat digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan juga dapat menentukan arah mata angin, pengamatan cuaca dan meteorologi, tidak sedikit yang menggunakan Anemometer ultrasonik ini untuk kegiatannya.



Gambar 2.18 Alat Pengukur Kecepatan Angin

2.7.1.6 Modul Step Up DC To DC

Modul step up DC to DC merupakan sebuah modul yang digunakan untuk menaikkan tegangan yang dipasang pada output generator untuk menaikkan tegangan generator dan kemudian dihubungkan pada rangkaian *charging*, dan lampu DC berfungsi sebagai beban.



Gambar 2.19 Modul Step UP DC To DC

BAB III

METODE PENELITIAN

Bab ini meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan. Pada prosedur penelitian akan dilakukan beberapa langkah pengujian untuk pengambilan data Intensitas cahaya matahari, kecepatan arah mata angin, penyamaan skala alat ukur, pengujian PLTS 100WP dan PLTB, keluaran dayanya, penjelasan lebih rinci tentang metodologi penelitian akan dipaparkan sebagai berikut :

3.1 Waktu dan tempat penelitian

3.1.1 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam waktu 8 bulan terhitung dari tanggal 3 maret 2020 sampai 8 oktober 2020. Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian.

3.1.2 Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di mesjid taqwa muhammadiyah desa sei litur kecamatan sawit sebrang kabupaten langkat.

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Peralatan Penelitian

Adapun peralatan penelitian yang digunakan oleh penulisan didalam penelitian ini, yaitu:

1. Anemometer berfungsi sebagai alat yang digunakan dalam mengukur kecepatan angin dan suhu udara.
2. Luxmeter berfungsi sebagai alat yang digunakan dalam mengukur intensitas cahaya matahari.
3. Multi meter berfungsi sebagai alat yang akan digunakan dalam mengukur tegangan, arus serta hambatan.
4. Tool kit berisikan alat-alat pendukung seperti : tang kmbinasi, tang pemotong, tang buaya, obeng plus minus dan lain sebagainya.

3.2.2 Bahan penelitian

1. PLTB dengan baling-baling berbentuk vertical berfungsi untuk menangkap datangnya laju angin dan mengubah hembusan angin menjadi energi mekanik yang akan memutar generator.
2. Generator DC berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang berbentuk tegangan DC yang akan disuplai untuk kebutuhan listrik.
3. Panel surya (solar cell) yang berfungsi sebagai alat yang akan mengubah energy cahaya matahari menjadi energy listrik dengan menggunakan prinsip efek photovoltaic.
4. Solar charge controller berfungsi sebagai alat yang akan mengontrol arus untuk pengisian daya ke baterai sehingga tidak terjadi overcharging (kelebihan pengisian daya karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari generator dan panel surya.
5. Baterai berfungsi sebagai alat untuk menyimpan energy listrik dalam bentuk energy kimia
6. Inverter berfungsi sebagai alat yang akan mengubah tengangan DC menjadi tengangan AC yang akan disuplai ke beban.
7. Kabel listrik berfungsi untk menghantarkan aliran listrik dari sumber menuju komponen dan beban.
8. Voltaig regulator berfungsi untuk menaikkan tegangan keluaran menuju ke baterai.

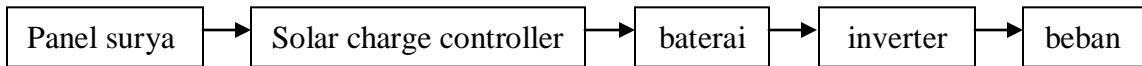
3.3 Tahapan percobaan

Tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah studi literature, menganalisa tengangan dan arus pada keluaran PLTA (pembangkit listrik tenaga angin) dan pada PLTS (pembangkit listrik tenaga surya 100WP).

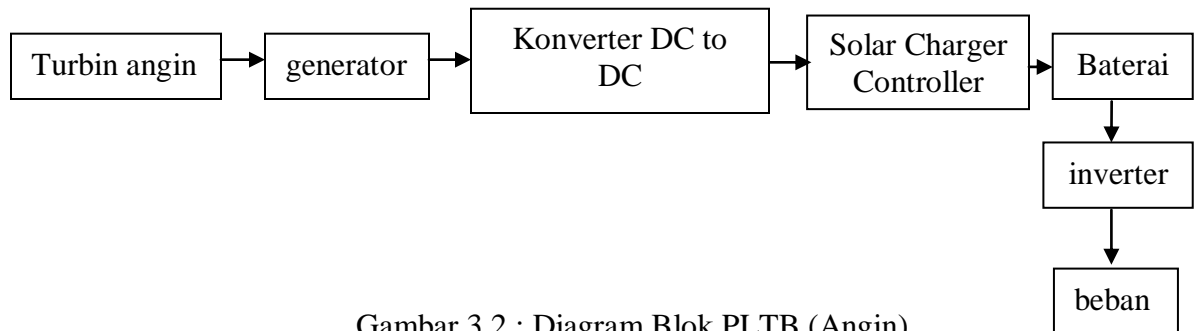
Studi literature dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau berbagai teori dari jurnal penelitian sbelumnya yang berkaitan dengan menganalisa perbandingan daya keluaran pada PLTS (Pembangkit listrik Tenaga Surya) dan PLTA (pembangkit listrik tenaga angin).

3.4. Diagram Blok Alat

Diagram blok dari pembangkit tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga angin dapat dilihat pada gambar 3.1 dan 3.2 berikut :



Gambar 3.1 : Diagram Blok PLTS



Gambar 3.2 : Diagram Blok PLTB (Angin)

3.5 Diagram Alir Penelitian

a. Tinjauan Pustaka

Dalam studi literature ini dilakukan pencarian informasi atau bahan berupa materi baik dari jurnal maupun dari internet dan sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Materi tersebut diantaranya mengenai penelitian tentang turbin angin sebagai penggerak mula dan generator DC yang menghasilkan listrik serta pembangkit listrik tenaga surya.

b. Persiapan peralatan penelitian

Setelah melakukan studi literature, kemudian memepersiapkan segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa persiapan yang akan dilakukan adalah seperti turbin angin, generator DC, solar cell, soalr charge controller, baterai, inverter dan menghitung beban yang akan di pakai pada mesjid taqwa desa sei litur.

c. Perancangan alat

Setelah melakukan persiapan peralatan dan bahan-bahan yang akan digunakan maka selanjutnya melakukan perancangan pembangkit listrik tenaga surya dan pembangkit listrik tenaga angin.

d. Pengukuran daya keluaran (tegangan, arus, daya, dan waktu pengisian daya pada baterai) pada masing-masing pembangkit listrik.

Pengukuran daya keluaran pada pembangkit listrik tenaga surya dilakukan pada pagi hari sampai sore hari dimulai dari jam 08.00 wib – 18.00 wib. Tahap pengambilan data dilakukan secara berturut selama 7 hari sehingga dapat diambil nilai dari pengukuran tersebut. Pengukuran daya keluaran pada pembangkit listrik tenaga angin dilakukan mulai dari pagi hari sampai sore hari dimulai dari jam 08.00 wib – 17.00 wib. Tahap pengambilan data dilakukan setiap satu jam sekali, untuk menentukan kecepatan angin dan suhu rata-rata, sehingga dapat diambil nilai pengukuran tersebut.

e. Analisa Data

Setelah dilakukan perancangan alat dan pengukuran tegangan, arus dan daya pada keluaran tiap masing-masing pembangkit energi listrik, kemudian dilakukan analisa data sehingga dapat diketahui berapa besar tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh kedua pembangkit energi listrik serta untuk mengetahui pembangkit mana yang lebih efektif dalam menghasilkan energi listrik.

f. Hasil percobaan

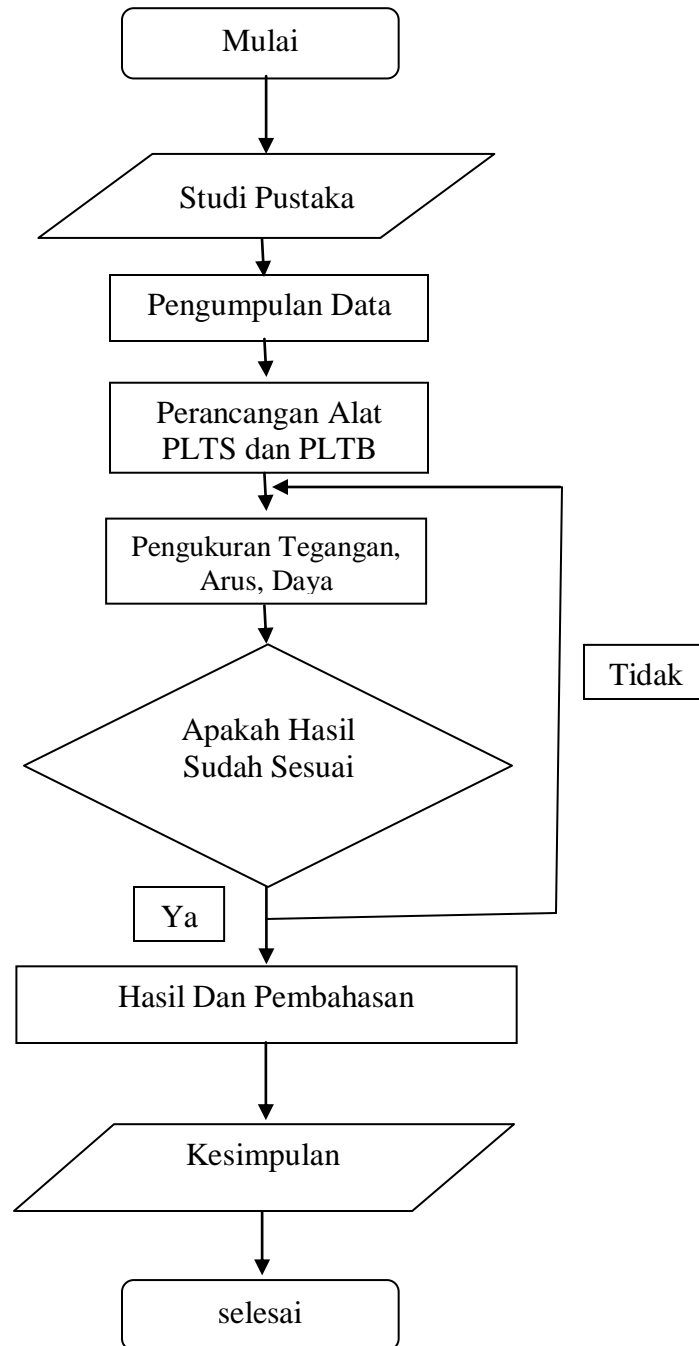
Setelah mendapatkan hasil dari analisa data tersebut kemudian dimasukkan kedalam lembar kerja berupa table data dan grafik sehingga memudahkan dalam membuat suatu kesimpulan.

g. Kesimpulan

Dari data yang sudah diperoleh dan diolah dalam bentuk table dapat diambil beberapa kesimpulan. Seperti berapa tegangan, arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya dan berapa tegangan dan arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh turbin angin yang di peroleh dilokasi percobaan tersebut. Maka dari hasil tersebut dapat diketahui pembangkit listrik mana yang lebih optimal digunakan.

3.6 Flowchart analisa data penelitian

Adapun proses berlangsungnya analisa data ini akan dijelaskan dalam bentuk alur diagram berikut ini :



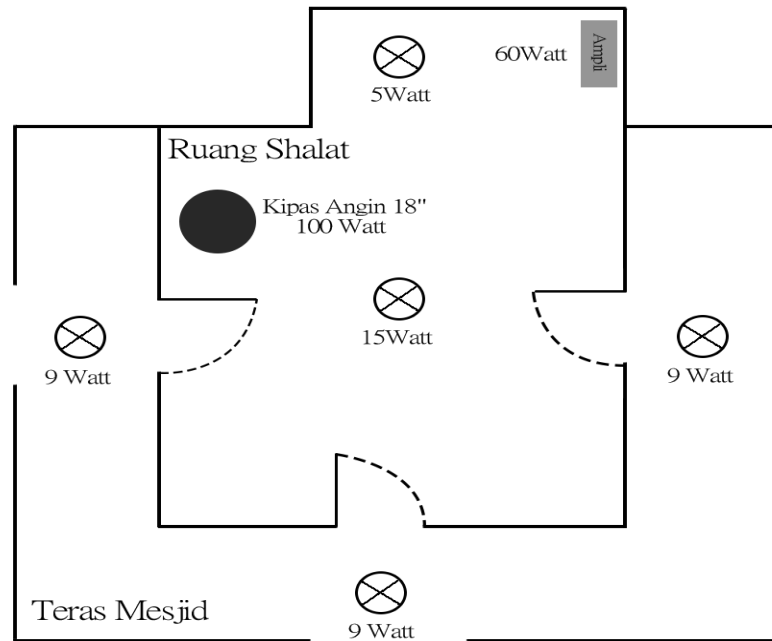
Gambar 3.2 Diagram alir analisa data penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Denah Mesjid Dan Pemakaian Beban Pada Mesjid

Adapun denah Mesjid dan beban terpasang yang akan di hitung pada mesjid tersebut adalah sebagai berikut :

4.1.1 Denah Mesjid



Gambar 4.1 Denah Mesjid

Mesjid yang terletak Pada Desa Sei Litur Kecamatan Sawit Sebrang Kabupaten Langkat Dusun 8 adalah bangunan yang berukuran relative kecil. Bangunan ini memiliki sekitar 5 unit lampu, 1 unit kipas angin dan 1 unit amply yang hanya digunakan saat adzan akan dikumandang.

4.1.2 Perhitungan Beban Pada Mesjid

Adapun total beban (daya) yang digunakan pada mesjid tersebut adalah sebagai berikut :

Diketahui : 1 unit lampu 5 Watt

1 unit lampu 15 Watt

- 3 Unit lampu 9 Watt
- 1 unit kipas angin 100 Watt
- 1 unit Ampli 60 Watt

- Dimana : 1 Unit lampu LED DC 5 Watt menyala selama 3 Jam / Hari
- : 1 Unit lampu LED DC 15 Watt menyala selama 3 Jam / Hari
- : 3 Unit lampu LED DC 9 Watt menyala selama 12 Jam / Hari
- : 1 unit kipas angin 100 Watt menyala selama 3 jam / Hari
- : 1 unit ampli 60 Watt menyala selama 1 Jam / Hari

Maka total beban yang digunakan pada masjid Taqwa Desa Sei Litur Kecamatan Sawit Sebrang adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_{\text{total}} &= (1.5.3) + (1.15.3) + (3.9.12) + (1.3.100) + (1.1.60) \\
 &= 15 + 45 + 324 + 300 + 60 \\
 &= 744 \text{ Watt / Hari atau } 31 \text{ Watt / Jam}
 \end{aligned}$$

Total beban (daya) yang digunakan pada mesjid tersebut adalah sebesar 744 Watt / Hari.

4.2 Pengukuran Lux, kecepatan Angin, Tegangan, dan Arus Pada keluaran solar panel dan PLTB

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data Lux, kecepatan angin, Tegangan dan Arus dilakukan selama 7 hari berturut-turut. Adapun yang parameter yang akan diukur meliputi Lux (Intensitas Cahaya), kecepatan angin, Tegangan dan Arus yang dihasilkan oleh panel surya 100 WP dan yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) selama 7 hari. Untuk mengukur intensitas cahaya matahari, menggunakan alat yaitu Lux Meter, dan untuk pengukuran kecepatan angin menggunakan alat yaitu Anemometer, sedangkan untuk pengukuran tegangan dan Arus menggunakan alat yaitu Multitester.

Setelah memperoleh data yang diinginkan (Lux, Tegangan dan Arus) maka akan ditentukanlah nilai daya keluaran dari masing-masing pembangkit dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana :

P = Daya (Watt)

I = Arus (Ampere)

V = Tegangan (Volt)

Kemudian untuk menentukan tegangan dan arus rata-rata pada setiap hari pengambilan data dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_{\text{rata-rata}} = I_{\text{total}} / 11 \text{ (Jumlah pengambilan data/hari)}$$

$$V_{\text{rata-rata}} = V_{\text{total}} / 11 \text{ (Jumlah pengambilan data/hari)}$$

Dari hasil daya keluaran, tegangan dan arus yang dihasilkan oleh masing-masing pembangkit (PLTS dan PLTB) akan dapat dibandingkan dengan menggunakan grafik perbandingan.

4.2.1 Data Hari ke-1, Jum'at 25/09/2020

Pengambilan data dilakukan pada hari jum'at 26/09/2020 cuaca pada desa lokasi pengambilan data terlihat mendung mulai dari pagi hari sampai sore hari. Hal itu dapat mempengaruhi dan dapat mengakibatkan arus dan tegangan yang dikeluarkan oleh kedua pembangkit tersebut relatif kecil yang dikarenakan Lux, (Intensitas Cahaya) dan kecepatan angin yang dihasilkan pada hari itu sangatlah sedikit.

Adapun tabel data yang diambil pada hari tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel Data 4.2.1 Percobaan Hari ke-1

Jumat, 25/9/2020 (Mendung)				
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100WP)				
Waktu	Suhu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Panel Surya (I)
07:00 - 08:00	25°C	11060	11,24	0,37
08:00 - 09:00	25°C	12250	11,47	0,41
09:00 - 10:00	29°C	18520	13,19	1,15
10:00 - 11:00	27°C	16020	11,8	0,56

11:00 - 12:00	29°C	18330	13,17	0,85
12:00 - 13:00	28°C	17830	13,14	0,82
13:00 - 14:00	29°C	17960	13,16	0,83
14:00 - 15:00	30°C	21850	13,52	1,16
15:00 - 16:00	26°C	15210	11,73	0,48
16:00 - 17:00	24°C	10250	11,02	0,34
17:00 - 18:00	22°C	5872	10,12	0,22

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Waktu	Suhu	Kecepatan Angin	Tegangan Keluaran (V)	Step up Dc to DC	Arus PLTB (I) mA
08:00 - 09:00	25°C	3,7	2,01	-	30
09:00 - 10:00	29°C	4,4	2,54	-	40
10:00 - 11:00	27°C	6,1	3,17	13,7	60
11:00 - 12:00	29°C	5,6	3,15	13,7	50
12:00 - 13:00	28°C	5,4	3,01	13,7	50
13:00 - 14:00	29°C	6,6	3,30	13,7	60
14:00 - 15:00	30°C	5,5	3,05	13,7	50
15:00 - 16:00	26°C	7,3	3,69	13,7	70
16:00 - 17:00	24°C	7,4	3,71	13,7	70

Maka dari tabel diatas dapat dihitung rata-rata arus, tegangan dan daya keluaran yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP dan Pembangkit Listrik tenaga Bayu pada tiap jam nya adalah sebagai berikut :

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100 WP)

a. Rata – Rata Arus

$$\begin{aligned}
 I_{\text{rata-rata}} &= \frac{\text{Total Arus}}{\text{Total Waktu}} \\
 &= \frac{632 \text{ mA}}{960 \text{ menit}} \\
 &= 0,653 \text{ A}
 \end{aligned}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{\quad}{\quad}$$

=

$$\frac{\quad}{\quad}$$

$$= 12,14 \text{ V}$$

c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$P_{\text{rata-rata}} = V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}}$$

$$= 12,14 \cdot 0,653$$

$$= 8,26 \text{ Watt}$$

B. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (angin)

a. Rata – Rata Arus

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$= \frac{\quad}{\quad}$$

$$= 0,053 \text{ A}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$= \frac{\quad}{\quad}$$

$$= 13,7 \text{ V}$$

c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$P_{\text{rata-rata}} = V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}}$$

$$= 13,7 \cdot 0,053$$

$$= 0,726 \text{ Watt}$$

Maka dari analisa diatas didapatkan arus, tegangan dan daya keluaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100WP ($I_{rata-rata} = 0,653$ A, $V_{rata-rata} = 12,14$ V dan $P_{rata-rata} = 8,26$ Watt) dan pada Pembangkit Listrik Tenaga Bayu ($I_{rata-rata} = 0,053$ A, $V_{rata-rata} = 13,7$ V dan $P_{rata-rata} = 0,726$ Watt)

4.2.2 Data Hari Ke-2 Sabtu 26/09/2020

Pengambilan data pada hari kedua yaitu pada hari Sabtu 26/09/2020 keadaan cuaca pada desa lokasi pengambilan data tidak berbeda jauh dengan keadaan cuaca pada hari pertama yaitu mendung dari pagi sampai sore hari. Hal itu mengakibatkan tegangan dan arus yang dikeluarkan oleh kedua pembangkit tersebut relatif kecil yang dikarenakan lux (intensitas cahaya) dan kecepatan angin yang dihasilkan pada hari itu sangatlah kecil.

Adapun tabel data yang diambil pada hari Sabtu 26/09/2020 adalah sebagai berikut :

Tabel Data 4.2.2 Percobaan Hari ke-2

Sabtu, 26/9/2020 (Mendung)				
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100WP)				
Waktu	Suhu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Panel Surya (I)
07:00 - 08:00	31°C	33460	13,73	1,47
08:00 - 09:00	33°C	45070	14,07	1,72
09:00 - 10:00	36°C	51850	14,15	1,87
10:00 - 11:00	34°C	48900	14,11	1,79
11:00 - 12:00	32°C	35120	13,87	1,51
12:00 - 13:00	30°C	23540	13,65	1,34
13:00 - 14:00	29°C	18340	13,21	0,87
14:00 - 15:00	26°C	15810	11,84	0,5
15:00 - 16:00	27°C	13510	11,56	0,49
16:00 - 17:00	25°C	11150	11,36	0,43
17:00 - 18:00	23°C	5243	10,04	0,18

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu(Angin)

Waktu	Suhu	Rata-Rata Kecepatan angin	Tegangan Keluaran (V)	Step up Dc to DC	Arus PLTB (I)
08:00 - 09:00	33°C	3,8	2,05	-	30
09:00 - 10:00	36°C	5,3	3,00	13,7	50
10:00 - 11:00	34°C	4,7	2,63	-	40
11:00 - 12:00	32°C	4,3	2,40	-	40
12:00 - 13:00	30°C	5,5	3,06	13,7	50
13:00 - 14:00	29°C	6,5	3,30	13,7	60
14:00 - 15:00	26°C	7,2	3,55	13,7	70
15:00 - 16:00	27°C	6,3	3,25	13,7	60
16:00 - 17:00	25°C	8,4	4,72	13,7	80

Maka dari tabel diatas dapat dihitung rata-rata arus, tegangan dan daya keluaran yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu pada tiap jam nya adalah sebagai berikut :

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100WP)

a. Rata – Rata Arus

$$I_{rata-rata} = \frac{30 + 50 + 40 + 40 + 50 + 60 + 70 + 60 + 80}{9}$$

$$= 56,67$$

$$= 1,106 \text{ A}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$V_{rata-rata} = \frac{2,05 + 3,00 + 2,63 + 2,40 + 3,06 + 3,30 + 3,55 + 3,25 + 4,72}{9}$$

$$= 3,10$$

$$= 12,87 \text{ V}$$

c. Rata – Rata Daya

$$\begin{aligned}P_{\text{rata-rata}} &= V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}} \\ &= 12,87 \cdot 1,106 \\ &= 14,23 \text{ Watt}\end{aligned}$$

B. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (angin)

a. Rata – Rata Arus

$$\begin{aligned}I_{\text{rata-rata}} &= \text{—————} \\ &= \text{—————} \\ &= 0,053 \text{ A}\end{aligned}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$\begin{aligned}V_{\text{rata-rata}} &= \text{—————} \\ &= \text{—————} \\ &= 13,7 \text{ V}\end{aligned}$$

c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$\begin{aligned}P_{\text{rata-rata}} &= V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}} \\ &= 13,7 \cdot 0,053 \\ &= 0,726 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Maka dari analisa diatas didapatkan arus, tegangan dan daya keluaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP ($I_{\text{rata-rata}} = 1,106 \text{ A}$, $V_{\text{rata-rata}} = 12,87 \text{ V}$ dan $P_{\text{rata-rata}} = 14,23 \text{ Watt}$) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu ($I_{\text{rata-rata}} = 0,053 \text{ A}$, $V_{\text{rata-rata}} = 13,7 \text{ V}$ dan $P_{\text{rata-rata}} = 0,726 \text{ Watt}$).

4.2.3. Data Hari Ke-3 Minggu 27/09/2020

Pengambilan data pada hari ke-tiga yaitu pada hari Minggu 27/09/2020. percobaan pada hari ke tiga cuaca tampak cerah dan matahari terik menyinari. Sehingga intensitas cahaya matahari serta kecepatan angin yang dihasilkan relatif

besar yang mempengaruhi arus dan tegangan keluaran. Dimana arus dan tegangan pada percobaan hari ke tiga jauh lebih besar dibanding hari – hari sebelum nya.

Adapun tabel data yang diambil pada hari Minggu 27/09/2020 adalah sebagai berikut :

Tabel Data 4.2.3 Percobaan Hari ke-3

Minggu, 27/9/2020 (Cerah)				
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100WP)				
Waktu	Suhu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Panel Surya (I)
07:00 - 08:00	34°C	51120	13,82	1,63
08:00 - 09:00	35°C	67340	14,36	2,31
09:00 - 10:00	37°C	100700	15,9	3,58
10:00 - 11:00	38°C	112300	16,1	4,18
11:00 - 12:00	40°C	148800	17,17	5,47
12:00 - 13:00	44°C	156900	17,2	5,85
13:00 - 14:00	39°C	127400	16,5	5,32
14:00 - 15:00	36°C	90020	16,3	3,80
15:00 - 16:00	30°C	41040	14,6	2,74
16:00 - 17:00	26°C	22340	13,05	0,46
17:00 - 18:00	23°C	15090	12,92	0,21

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Waktu	Suhu	Rata-Rata Kecepatan angin	Tegangan Keluaran (V)	Step up Dc to DC	Arus PLTB (I)
08:00 - 09:00	35°C	3,5	1,93	-	30
09:00 - 10:00	37°C	3,8	2,04	-	30
10:00 - 11:00	38°C	4,8	2,70	-	40
11:00 - 12:00	40°C	5,8	3,18	13,7	50

12:00 - 13:00	44°C	5,6	3,15	13,7	50
13:00 - 14:00	39°C	6,7	3,32	13,7	60
14:00 - 15:00	36°C	6,5	3,30	13,7	60
15:00 - 16:00	30°C	7,3	3,69	13,7	70
16:00 - 17:00	26°C	7,5	3,84	13,7	70

Maka dari tabel diatas dapat dihitung rata-rata arus, tegangan dan daya keluaran yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu pada tiap jam nya adalah sebagai berikut :

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100WP)

a. Rata – Rata Arus

$$\begin{aligned}
 I_{\text{rata-rata}} &= \frac{3,15 + 3,32 + 3,30 + 3,69 + 3,84}{5} \\
 &= 3,23 \text{ A}
 \end{aligned}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$\begin{aligned}
 V_{\text{rata-rata}} &= \frac{13,7 + 13,7 + 13,7 + 13,7 + 13,7}{5} \\
 &= 13,7 \text{ V}
 \end{aligned}$$

c. Rata – Rata Daya

$$\begin{aligned}
 P_{\text{rata-rata}} &= V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}} \\
 &= 13,7 \cdot 3,23 \\
 &= 44,251 \text{ Watt.}
 \end{aligned}$$

B. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (angin)

a. Rata – Rata Arus

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$= \text{_____}$$

$$= 0,051 \text{ A}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$V_{\text{rata-rata}} = \text{_____}$$

$$= \text{_____}$$

$$= 13,7 \text{ V}$$

c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$P_{\text{rata-rata}} = V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}}$$

$$= 13,7 \cdot 0,051$$

$$= 0,698 \text{ Watt}$$

Maka dari analisa diatas didapatkan arus, tegangan dan daya keluaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP ($I_{\text{rata-rata}} = 3,23 \text{ A}$, $V_{\text{rata-rata}} = 15,256 \text{ V}$ dan $P_{\text{rata-rata}} = 49,27 \text{ Watt}$). Dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu ($I_{\text{rata-rata}} = 0,051 \text{ A}$, $V_{\text{rata-rata}} = 13,7 \text{ V}$ dan $P_{\text{rata-rata}} = 0,698 \text{ Watt}$)

4.2.4. Data Hari Ke-4 Senin 28/09/2020

Pengambilan data pada hari ke-Empat yaitu pada hari Senin 28/09/2020. percobaan pada hari ke-empat cuaca tampak cerah. Pada hari ke-4 intensitas cahaya yang dihasilkan relatif tinggi dan rata-rata kecepatan angin pada hari itu relative lebih kecil dari hari sebelumnya. Pada hari ini arus dan tegangan keluaran pada panel surya yang dihasilkan juga relatif tinggi.

Adapun tabel data yang diambil pada hari Senin 28/09/2020 adalah sebagai berikut :

Tabel Data 4.2.4 Percobaan Hari ke-4

Senin, 28/9/2020 (Cerah)				
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100WP)				
Waktu	Suhu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Panel Surya (I)
07:00 - 08:00	33°C	68430	17,21	2,33
08:00 - 09:00	35°C	87610	17,73	2,78
09:00 - 10:00	38°C	98320	18,6	3,61
10:00 - 11:00	39°C	104900	19,7	4,38
11:00 - 12:00	37°C	82830	18,6	3,71
12:00 - 13:00	36°C	78290	17,7	3,71
13:00 - 14:00	42°C	135000	20,2	5,17
14:00 - 15:00	40°C	128000	19,86	5,02
15:00 - 16:00	26°C	85250	17,88	2,63
16:00 - 17:00	25°C	26280	12,93	0,28
17:00 - 18:00	23°C	10120	12,87	0,28

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)

Waktu	Suhu	Rata-rata Kecepatan Angin	Tegangan Keluaran (V)	Step up Dc to DC	Arus PLTB (I)
08:00 - 09:00	35°C	2,7	1,43	-	20
09:00 - 10:00	38°C	5,4	3,01	13,7	50
10:00 - 11:00	39°C	3,8	2,04	-	30
11:00 - 12:00	37°C	6,2	3,23	13,7	60
12:00 - 13:00	36°C	5,7	3,17	13,7	50
13:00 - 14:00	42°C	7,2	3,55	13,7	70
14:00 - 15:00	40°C	5,5	3,05	13,7	50
15:00 - 16:00	26°C	8,2	4,51	13,7	80

16:00 - 17:00	25°C	7,5	3,84	13,7	70
---------------	------	-----	------	------	----

Maka dari tabel diatas dapat dihitung rata-rata arus, tegangan dan daya keluaran yang dihasilkan panel surya 100 WP dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu pada tiap jam nya adalah sebagai berikut :

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100WP)

- a. Rata – Rata Arus

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{7,5 + 3,84 + 13,7}{3}$$

$$= 7,0133$$

$$= 3,08 \text{ A}$$

- b. Rata – Rata Tegangan

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{13,7 + 13,7 + 13,7}{3}$$

$$= 13,7$$

$$= 15,02 \text{ V}$$

- c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$P_{\text{rata-rata}} = V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}}$$

$$= 15,02 \cdot 3,08$$

$$= 46,26 \text{ Watt}$$

B. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (angin)

- a. Rata – Rata Arus

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{0,053 + 0,053 + 0,053}{3}$$

$$= 0,053$$

$$= 0,053 \text{ A}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{\text{---}}{\text{---}}$$

$$= 13,7 \text{ V}$$

c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$P_{\text{rata-rata}} = V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}}$$

$$= 13,7 \cdot 0,053$$

$$= 0,726 \text{ Watt}$$

Maka dari analisa diatas didapatkan arus, tegangan dan daya keluaran pada panel surya 100WP ($I_{\text{rata-rata}} = 3,08 \text{ A}$, $V_{\text{rata-rata}} = 15,02 \text{ V}$ dan $P_{\text{rata-rata}} = 46,26 \text{ Watt}$) Pembangkit Listrik Tenaga Bayu ($I_{\text{rata-rata}} = 0,053 \text{ A}$, $V_{\text{rata-rata}} = 13,7 \text{ V}$ dan $P_{\text{rata-rata}} = 0,726 \text{ Watt}$).

4.2.5. Data Hari Ke-5 Selasa 29/09/2020

Pengambilan data pada hari ke-lima yaitu pada hari selasa 29/09/2020. percobaan pada hari ke-lima cuaca tidak bersahabat dan keadaan cuaca saat itu hujan. Pada hari ke-5 mulai pukul 07:00 sampai dengan pukul 11:00 keadaan cuaca hujan. Hal ini menyebabkan intensitas cahaya pada hari ini sangatlah kecil, akan tetapi untuk rata-rata kecepatan anginnya relatif tinggi.

Adapun tabel data yang diambil pada hari Selasa 29/09/2020 adalah sebagai berikut :

Tabel Data 4.2.5 Percobaan Hari ke-5

Selasa, 29/9/2020 (Hujan)				
Pembangkitw Listrik Tenaga Surya (100WP)				
Waktu	Suhu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran	Arus Panel Surya (I)
07:00 - 08:00	16°C	438	10,03	0,27
08:00 - 09:00	17°C	447	10,17	0,31

09:00 - 10:00	19°C	562	10,21	0,37
10:00 - 11:00	20°C	659	10,75	0,41
11:00 - 12:00	21°C	1491	11,56	0,45
12:00 - 13:00	23°C	5716	11,69	0,51
13:00 - 14:00	25°C	6401	11,51	0,43
14:00 - 15:00	26°C	5813	11,23	0,38
15:00 - 16:00	22°C	4286	10,86	0,32
16:00 - 17:00	22°C	4165	10,84	0,32
17:00 - 18:00	21°C	3490	10,61	0,19

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)

Waktu	Suhu	Rata-rata Kecepatan Angin	Tegangan Keluaran (V)	Step up Dc to DC	Arus PLTB (I)
08:00 - 09:00	16°C	5,7	3,17	13,7	50
09:00 - 10:00	17°C	5,5	3,05	13,7	50
10:00 - 11:00	19°C	5,6	3,15	13,7	50
11:00 - 12:00	20°C	6,1	3,17	13,7	60
12:00 - 13:00	21°C	5,4	3,01	13,7	50
13:00 - 14:00	23°C	6,4	3,30	13,7	60
14:00 - 15:00	25°C	7,8	3,93	13,7	70
15:00 - 16:00	26°C	6,4	3,30	13,7	60
16:00 - 17:00	22°C	7,2	3,55	13,7	70

Maka dari tabel diatas dapat dihitung rata-rata arus, tegangan dan daya keluaran yang dihasilkan panel surya 100 WP dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu pada tiap jam nya adalah sebagai berikut :

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100WP)

- a. Rata – Rata Arus

$$I_{rata-rata} = \text{—————}$$

$$= \text{_____}$$

$$= 0,31 \text{ A}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$V_{\text{rata-rata}} = \text{_____}$$

$$= \text{_____}$$

$$= 9,24 \text{ V}$$

c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$P_{\text{rata-rata}} = V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}}$$

$$= 9,24 \cdot 0,31$$

$$= 2,86 \text{ Watt}$$

B. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (angin)

a. Rata – Rata Arus

$$I_{\text{rata-rata}} = \text{_____}$$

$$= \text{_____}$$

$$= 0,057 \text{ A}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$V_{\text{rata-rata}} = \text{_____}$$

$$= \text{_____}$$

$$= 13,7 \text{ V}$$

c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$P_{\text{rata-rata}} = V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}}$$

$$= 13,7 \cdot 0,057$$

$$= 0,780 \text{ Watt}$$

Maka dari analisa diatas didapatlah arus, tegangan dan daya keluaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP ($I_{\text{rata-rata}} = 0,31 \text{ A}$, $V_{\text{rata-rata}} = 9,24 \text{ V}$ dan $P_{\text{rata-rata}} = 2,86 \text{ Watt}$) dan Pemangki Listrik Tenaga Bayu ($I_{\text{rata-rata}} = 0,057 \text{ A}$, $V_{\text{rata-rata}} = 13,7 \text{ V}$ dan $P_{\text{rata-rata}} = 0,780 \text{ Watt}$).

4.2.6. Data Hari Ke-6 Rabu 30/09/2020

Pada pengambilan data hari ke-6 yaitu pada hari Selasa 30/09/2020 cuaca tampak mendung. Dan hal ini menyebabkan matahari tidak bersinar secara maksimal, sehingga intensitas cahaya yang diserap oleh panel surya tidak terlalu besar. Arus dan tegangan keluaran panel surya yang dihasilkan juga tidak terlalu besar. Diakrenakan arus dan tegangan yang dihasilkan tidak terlalu besar, berdampak pada daya keluaran yang dihasilkan juga tidak terlalu besar.

Adapun tabel data yang diambil pada hari Rabu 30/09/2020 adalah sebagai berikut :

Tabel Data 4.2.6 Percobaan Hari ke-6

Rabu, 30/9/2020 (Mendung)				
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100WP)				
Waktu	Suhu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Panel Surya (I)
07:00 - 08:00	31°C	7623	10,03	0,27
08:00 - 09:00	32°C	8091	10,17	0,31
09:00 - 10:00	35°C	9234	10,21	0,37
10:00 - 11:00	36°C	10430	10,75	0,41
11:00 - 12:00	37°C	13870	11,56	0,45
12:00 - 13:00	39°C	14310	11,69	0,51
13:00 - 14:00	37°C	13110	11,51	0,43
14:00 - 15:00	28°C	11760	11,23	0,38
15:00 - 16:00	26°C	9431	10,86	0,32
16:00 - 17:00	25°C	9110	10,84	0,32

17:00 - 18:00	23°C	5082	10,61	0,19
---------------	------	------	-------	------

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)

Waktu	Suhu	Rata-Rata kecepatan angin	Tegangan Keluaran (V)	Step Up DC to DC	Arus PLTB (I)
08:00 - 09:00	32°C	5,8	3,20	13,7	50
09:00 - 10:00	35°C	5,5	3,05	13,7	50
10:00 - 11:00	36°C	6,1	3,17	13,7	60
11:00 - 12:00	37°C	5,4	3,01	13,7	50
12:00 - 13:00	39°C	7,2	3,55	13,7	70
13:00 - 14:00	37°C	6,5	3,30	13,7	60
14:00 - 15:00	28°C	6,3	3,25	13,7	60
15:00 - 16:00	26°C	7,8	3,93	13,7	70
16:00 - 17:00	25°C	7,2	3,55	13,7	70

Maka dari tabel diatas dapat dihitung rata-rata arus, tegangan dan daya keluaran yang dihasilkan panel surya 100 WP dan PLTBayu pada tiap jam nya adalah sebagai berikut :

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100WP)

a. Rata – Rata Arus

$$I_{rata-rata} = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8 + I_9 + I_{10}}{10}$$

$$= \frac{50 + 50 + 60 + 50 + 70 + 60 + 60 + 70 + 70 + 70}{10}$$

$$= 0,36 \text{ A}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$V_{rata-rata} = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8 + V_9 + V_{10}}{10}$$

$$= \frac{3,20 + 3,05 + 3,17 + 3,01 + 3,55 + 3,30 + 3,25 + 3,93 + 3,55 + 3,55}{10}$$

$$= 9,24 \text{ V}$$

c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$\begin{aligned}P_{\text{rata-rata}} &= V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}} \\ &= 9,24 \cdot 0,36 \\ &= 3,32 \text{ Watt}\end{aligned}$$

B. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (angin)

a. Rata – Rata Arus

$$\begin{aligned}I_{\text{rata-rata}} &= \text{—————} \\ &= \text{—————} \\ &= 0,06 \text{ A}\end{aligned}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$\begin{aligned}V_{\text{rata-rata}} &= \text{—————} \\ &= \text{—————} \\ &= 13,7 \text{ V}\end{aligned}$$

c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$\begin{aligned}P_{\text{rata-rata}} &= V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}} \\ &= 13,7 \cdot 0,06 \\ &= 0,822 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Maka dari analisa diatas didapatlah arus, tegangan dan daya keluaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP ($I_{\text{rata-rata}} = 0,36 \text{ A}$, $V_{\text{rata-rata}} = 9,24 \text{ V}$ dan $P_{\text{rata-rata}} = 3,32 \text{ Watt}$) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu ($I_{\text{rata-rata}} = 0,06 \text{ A}$, $V_{\text{rata-rata}} = 13,7 \text{ V}$ dan $P_{\text{rata-rata}} = 0,822 \text{ Watt}$).

4.2.7. Data Hari Ke-7 Kamis 1/10/2020

Pada pengambilan data hari ke-7 yaitu pada hari kamis 1/10/2020 cuaca masih tampak mendung. Hal ini menyebabkan matahari tidak bersinar secara maksimal, sehingga intensitas cahaya yang diserap oleh panel surya relatif kecil. Arus dan tegangan keluaran panel surya yang dihasilkan juga tidak terlalu besar. Diakrenakan arus dan tegangan yang dihasilkan tidak terlalu besar, berdampak pada daya keluaran yang dihasilkan juga kecil

Adapun tabel data yang diambil pada hari kamis 1/10/2020 adalah sebagai berikut :

Tabel Data 4.2.7 Percobaan Hari ke-7

Kamis, 1/10/2020 (Hujan)				
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (100WP)				
Waktu	Suhu	Intensitas Cahaya Matahari (Lux)	Tegangan Keluaran (V)	Arus Panel Surya (I)
07:00 - 08:00	22°C	4815	11,63	0,18
08:00 - 09:00	23°C	5172	11,71	0,27
09:00 - 10:00	24°C	11870	12,59	0,92
10:00 - 11:00	26°C	42230	13,8	1,29
11:00 - 12:00	30°C	45090	14,23	1,37
12:00 - 13:00	32°C	49780	16,9	2,61
13:00 - 14:00	25°C	12700	12,5	0,44
14:00 - 15:00	24°C	7206	11,7	0,29
15:00 - 16:00	32°C	18350	13,5	0,72
16:00 - 17:00	24°C	11470	13,1	0,43
17:00 - 18:00	23°C	5691	12,45	0,28

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)

Waktu	Suhu	Rata-rata Kecepatan Angin	Tegangan Keluaran (V)	Step up Dc to DC	Arus PLTB (I)
08:00 - 09:00	23°C	4,4	2,54	-	40
09:00 - 10:00	24°C	5,6	3,15	13,7	50
10:00 - 11:00	26°C	5,4	3,01	13,7	50
11:00 - 12:00	30°C	5,8	3,20	13,7	60
12:00 - 13:00	32°C	6,2	3,23	13,7	60
13:00 - 14:00	25°C	5,7	3,17	13,7	50
14:00 - 15:00	24°C	7,9	4,15	13,7	70
15:00 - 16:00	32°C	8,2	4,51	13,7	80
16:00 - 17:00	24°C	7,3	3,69	13,7	70

Maka dari tabel diatas dapat dihitung rata-rata arus, tegangan dan daya keluaran yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu pada tiap jam nya adalah sebagai berikut :

A. Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP

a. Rata – Rata Arus

$$I_{\text{rata-rata}} = \frac{40 + 50 + 50 + 60 + 60 + 50 + 70 + 80 + 70}{9}$$

$$= 60,8 \text{ A}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$V_{\text{rata-rata}} = \frac{2,54 + 3,15 + 3,01 + 3,20 + 3,23 + 3,17 + 4,15 + 4,51 + 3,69}{9}$$

$$= 3,45 \text{ V}$$

c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$\begin{aligned}P_{\text{rata-rata}} &= V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}} \\ &= 13,1 \cdot 0,8 \\ &= 10,48 \text{ Watt.}\end{aligned}$$

B. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (angin)

a. Rata – Rata Arus

$$\begin{aligned}I_{\text{rata-rata}} &= \text{—————} \\ &= \text{—————} \\ &= 0,058 \text{ A}\end{aligned}$$

b. Rata – Rata Tegangan

$$\begin{aligned}V_{\text{rata-rata}} &= \text{—————} \\ &= \text{—————} \\ &= 13,7 \text{ V}\end{aligned}$$

c. Rata – Rata Daya Keluaran

$$\begin{aligned}P_{\text{rata-rata}} &= V_{\text{rata-rata}} \cdot I_{\text{rata-rata}} \\ &= 13,7 \cdot 0,058 \\ &= 0,794 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Maka dari analisa diatas didapatlah arus, tegangan dan daya keluaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100WP ($I_{\text{rerata}} = 0,8 \text{ A}$, $V_{\text{rerata}} = 13,1 \text{ V}$ dan $P_{\text{rerata}} = 10,48 \text{ Watt}$) dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu ($I_{\text{rata-rata}} = 0,058 \text{ A}$, $V_{\text{rata-rata}} = 13,7 \text{ V}$ dan $P_{\text{rata-rata}} = 0,794 \text{ Watt}$).

4.3 Rata – Rata Arus, Tegangan dan Daya / Hari

Setelah melakukan perhitungan nilai rata – rata arus, tegangan dan daya keluaran yang dihasilkan oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu setiap hari-nya, maka didapatkan data rata – rata arus, tegangan dan daya keluaran PLTS 100WP dan PLTB pada tabel berikut :

Tabel Data 4.3.1 Tabel Data Rata-Rata Arus, Tegangan, dan Daya.

Hari/ Tanggal	Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP		
	Arus (Ampere)	Tegangan (volt)	Daya (watt)
Jum'at, 25/09/2020	0,65	12,14	8,25
Sabtu 26/09/2020	1,1	12,87	15
Minggu 27/09/2020	3,23	15,25	52,07
Senin 28/09/2020	3,08	15,02	49,85
Selasa 29/09/2020	0,31	9,24	3,12
Rabu 30/9/2020	0,36	10,86	3,94
Kamis 1/10/2020	0,8	13,1	11,45

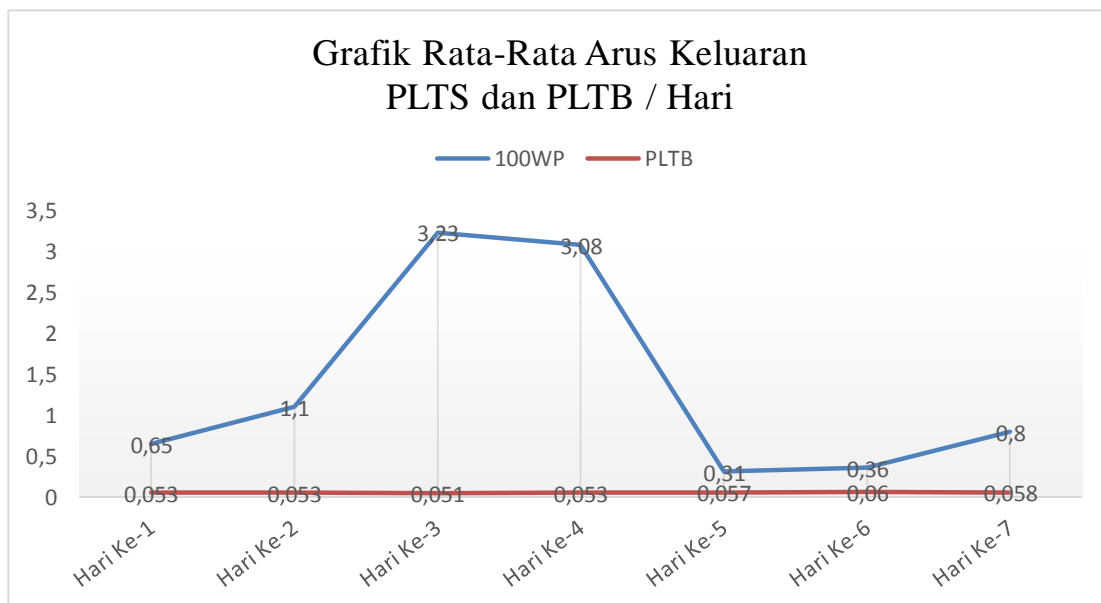
Hari/ Tanggal	Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)		
	Arus (Ampere)	Tegangan (volt)	Daya (watt)
Jum'at, 25/09/2020	0,053	13,7	0,726
Sabtu 26/09/2020	0,053	13,7	0,726
Minggu 27/09/2020	0,051	13,7	0,698
Senin 28/09/2020	0,053	13,7	0,726
Selasa 29/09/2020	0,057	13,7	0,780

Rabu 30/9/2020	0,06	13,7	0,822
Kamis 1/10/2020	0,058	13,7	0,794

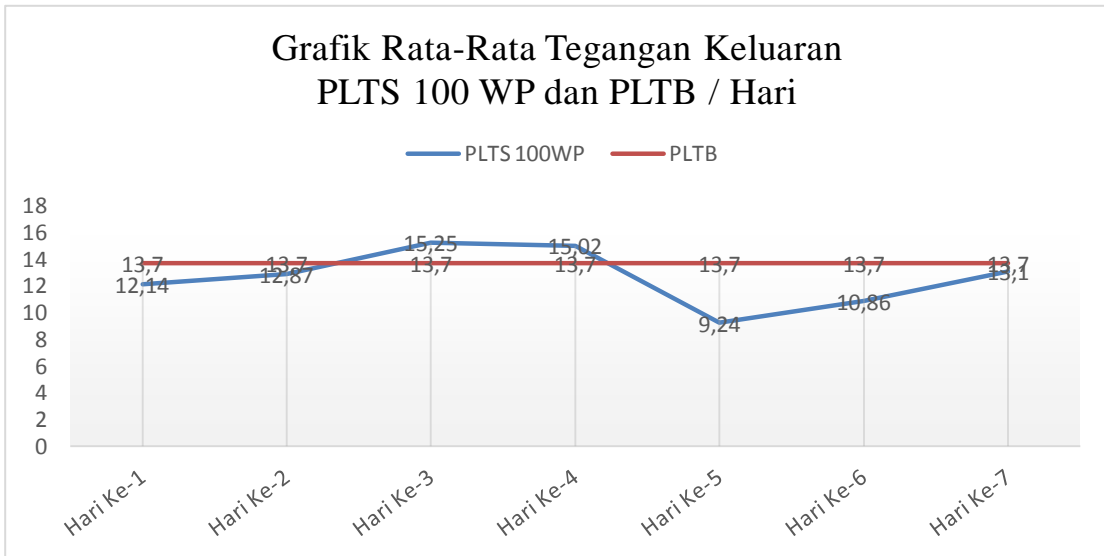
■ : Hasil Keluaran Tertinggi
 ■ : Hasil Keluaran Terendah

Pada tabel diatas, dapat dilihat bahwa pengambilan data hari ke-3 menghasilkan daya keluaran Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu pada hari ke-7 yang paling besar. Sedangkan pengambilan data pada hari ke-6 merupakan hasil dari daya keluaran yang paling kecil pada Pembangkit listrik tenaga surya dan hari ke-1 pada pembangkit listrik tenaga .

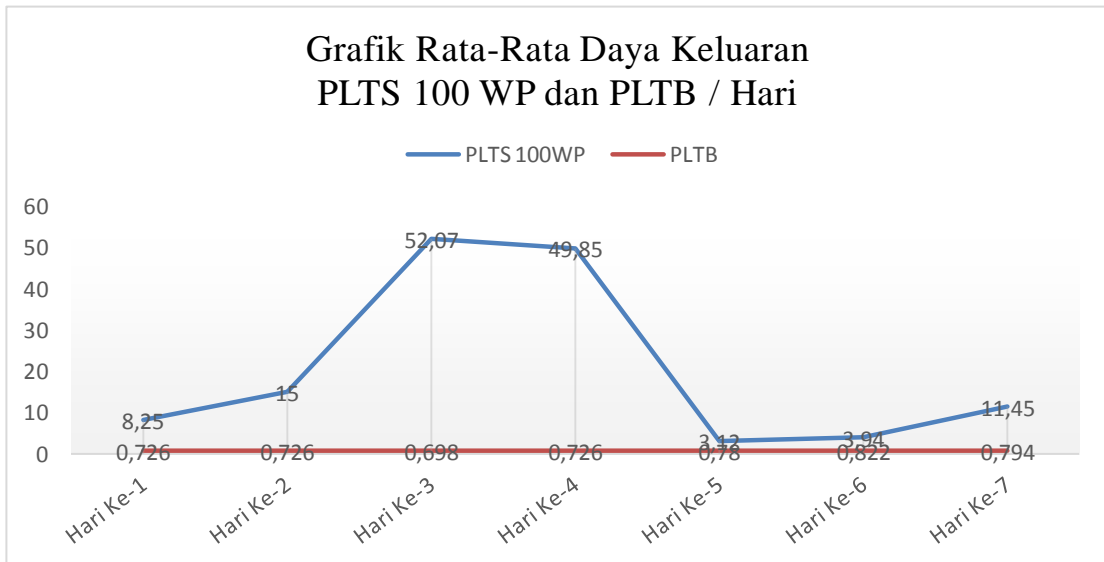
Adapun grafik perbandingan arus, tegangan dan daya antara pembangkit listrik tenaga surya 100 WP dan pembangkit listrik tenaga bayu per hari nya adalah sebagai berikut :



Grafik 4.1 Grafik Rata-Rata Arus Keluaran PLTS 100 WP Dan PLTB /Hari



Grafik 4.2 Grafik Rata-Rata Tegangan Keluaran PLTS 100 WP Dan PLTB /Hari



Grafik 4.3 Grafik Rata-Rata Daya Keluaran PLTS 100 WP Dan PLTB /Hari

4.4. Lama Waktu Pengisian Baterai

Kemampuan Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100WP dan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu untuk mengisi penuh baterai, dimana untuk mencari waktu pengisian baterai dapat digunakan persamaan :

$$I = \text{Kapasitas Baterai} / \text{Waktu}$$

Diambil dari data panel surya yang tertinggi dan terendah, maka :

Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100 WP

a. Data Panel Surya Tertinggi

Diketahui : $I = 3,23$

Kapasitas Baterai = 100 Ah

Ditanya : Berapakah lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dengan kapasitas 100 Ah?

Jawab : $I = \text{Kapasitas Baterai} / \text{Waktu}$

$$3,23 = 100 \text{ Ah} / \text{Waktu}$$

$$\text{Waktu} = 100 \text{ Ah} / 3,23$$

$$= 30,5 \text{ Jam (Penuh)}$$

Pengambilan data pada percobaan adalah selama 11 Jam (Matahari Bersinar). Jika waktu pengisian baterai (Penuh) dengan arus 3,23 A harus memakan waktu selama 30,5 Jam, Maka panel surya 100WP dengan data tertinggi mampu mengisi kapasitas baterai perhari adalah :

Diketahui : $Wh = 100 \text{ Ah} \cdot 12 \text{ V} = 1200 \text{ Wh}$

Waktu Pengisian Penuh = 30,5 Jam

Waktu pengambilan data = 11 Jam

Ditanya : Berapakah kapasitas baterai yang terisi pada 11 Jam?

Jawab : $\text{Presentase} = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100$

$$= 0,36 \times 100$$

$$= 36\%$$

Maka dalam 11 jam (data tertinggi) panel surya 100WP mampu mengisi baterai dengan kapasitas 100Ah sebesar 36 % dari 100 % kapasitas baterai.

b. Data Panel Surya Terendah

Diketahui : $I = 3,23$
Kapasitas Baterai = 100 Ah

Ditanya : Berapakah lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dengan kapasitas 100 Ah?

Jawab : $I = \text{Kapasitas Baterai} / \text{Waktu}$
 $0,36 = 100 \text{ Ah} / \text{Waktu}$
 $\text{Waktu} = 100 \text{ Ah} / 0,36$
 $= 277 \text{ Jam}$

Pengambilan data pada percobaan adalah selama 11 Jam (Matahari Bersinar). Jika waktu pengisian baterai (Penuh) dengan arus 0,36 A harus memakan waktu selama 277 Jam, Maka panel surya 100WP dengan data tertinggi mampu mengisi kapasitas baterai perhari adalah :

Diketahui : $Wh = 100 \text{ Ah} \cdot 12 \text{ V} = 1200 \text{ Wh}$
Waktu Pengisian Penuh = 277 Jam
Waktu pengambilan data = 11 Jam

Ditanya : Berapakah kapasitas baterai yang terisi pada 11 Jam?

Jawab : $\text{Presentase} = \frac{\text{Waktu pengambilan data}}{\text{Waktu Pengisian Penuh}} \times 100$
 $= \frac{11}{277} \times 100$
 $= 3,97 \%$

Maka dalam 11 jam (Data terendah) panel surya 100WP mampu mengisi baterai dengan kapasitas 100Ah sebesar 3,97 % dari 100% kapasitas baterai.

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)

a. Data PLTB Tertinggi

Diketahui : $I = 0,06$
Kapasitas Baterai = 100 Ah

Ditanya : Berapakah lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dengan kapasitas 100 Ah?

Jawab : $I = \text{Kapasitas Baterai} / \text{Waktu}$
 $0,06 = 100 \text{ Ah} / \text{Waktu}$

$$\begin{aligned}\text{Waktu} &= 100 \text{ Ah} / 0,06 \\ &= 1666 \text{ Jam (Penuh)}\end{aligned}$$

Pengambilan data pada percobaan adalah selama 9 Jam (Angin Berhembus). Jika waktu pengisian baterai (Penuh) dengan arus 0,06 A harus memakan waktu selama 1666 Jam, Maka pembangkit listrik tenaga bayu dengan data tertinggi mampu mengisi kapasitas baterai perhari adalah :

Diketahui : $Wh = 100 \text{ Ah} \cdot 12 \text{ V} = 1200 \text{ Wh}$
Waktu Pengisian Penuh = 1666 Jam
Waktu pengambilan data = 9 Jam

Ditanya : Berapakah kapasitas baterai yang terisi pada 9 Jam?

Jawab : $\text{Presentase} = \frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100$
 $= 0,0054 \times 100$
 $= 0,54 \%$

Maka dalam 9 jam (data tertinggi) pada Pembangkit Tenaga bayu mampu mengisi baterai dengan kapasitas 100Ah sebesar 0,54% dari 100% kapasitas baterai.

b. Data PLTB Terendah

Diketahui : $I = 0,051$
Kapasitas Baterai = 100 Ah

Ditanya : Berapakah lama waktu yang dibutuhkan untuk mengisi baterai dengan kapasitas 100 Ah?

Jawab : $I = \text{Kapasitas Baterai} / \text{Waktu}$
 $0,051 = 100 \text{ Ah} / \text{Waktu}$
 $\text{Waktu} = 100 \text{ Ah} / 0,051$
 $= 1960 \text{ Jam}$

Pengambilan data pada percobaan adalah selama 9 Jam (Angin Berhembus). Jika waktu pengisian baterai (Penuh) dengan arus 0,051 A harus memakan waktu selama 1960 Jam, Maka pembangkit listrik tenaga bayu dengan data terendah mampu mengisi kapasitas baterai perhari adalah :

Diketahui : $Wh = 100 \text{ Ah} \cdot 12 \text{ V} = 1200 \text{ Wh}$

Waktu Pengisian Penuh = 1960 Jam

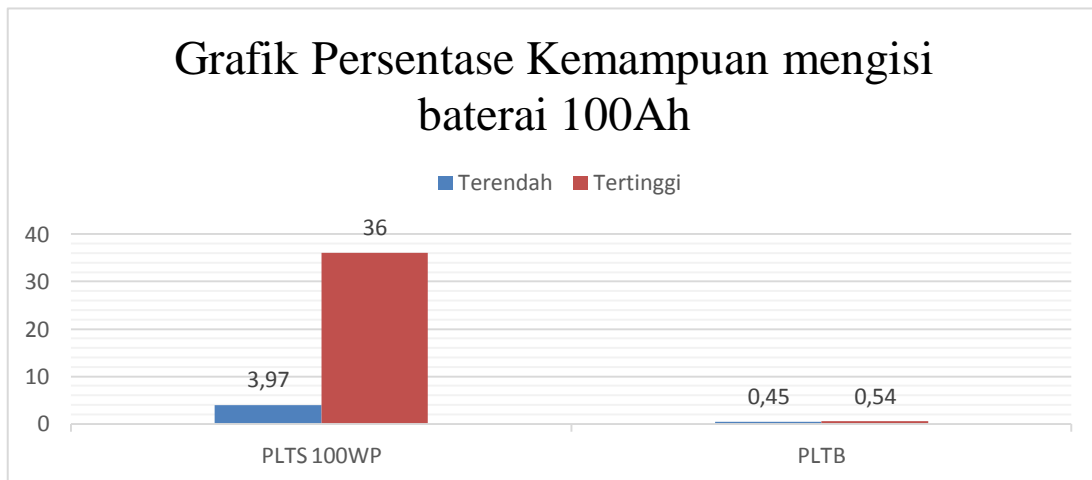
Waktu pengambilan data = 9 Jam

Ditanya : Berapakah kapasitas baterai yang terisi pada 9 Jam?

Jawab : Presentase = $\frac{\text{---}}{\text{---}} \times 100$
 $= 0,0045 \times 100$
 $= 0,45 \%$

Maka dalam 9 jam (data tertinggi) pada Pembangkit Tenaga bayu mampu mengisi baterai dengan kapasitas 100Ah sebesar 0,45% dari 100% kapasitas baterai.

Adapun grafik presentase kemampuan pembangkit listrik tenaga surya 100WP dan pembangkit listrik tenaga bayu (angin) mengisi baterai 100Ah adalah sebagai berikut :



Grafik 4.4. Grafik Daya Yang Terisi Pada Baterai

4.5. Kemampuan Baterai Membebani Beban Total Pada Masjid

Dari analisa data yang telah didapat, bahwa pembangkit listrik tenaga surya 100WP dan pembangkit listrik tenaga bayu tidak mampu mengisi penuh baterai dengan kapasitas 100Ah selama satu hari. Panel surya 100WP hanya sanggup mengisi baterai hingga 36% setiap harinya (apabila hari cerah) dan pembangkit listrik tenaga bayu mampu mengisi baterai sebesar 0,45% setiap hari nya (apabila hari cerah dan angin berhembus kencang).

Namun, dari beberapa persen kapasitas baterai yang telah diisi akan dikaitkan dengan beban total yang digunakan masjid. Apakah dengan 36% kapasitas baterai mampu membebani beban total pada masjid ataupun 0,54% untuk membebani masjid. Adapun kapasitas baterai apabila terisi penuh adalah :

$$\begin{aligned}
 P &= V \cdot I \\
 &= 12 \times 100\text{Ah} \\
 &= 1200 \text{ VA}
 \end{aligned}$$

Artinya, dalam 1 jam baterai dapat mensuplai daya sebesar 1200VA atau apabila baterai diberi beban sebesar 1200 Watt maka baterai hanya mampu bertahan selama 1 jam saja.

Adapun analisa data kemampuan baterai yang telah diisi oleh pembangkit listrik tenaga surya 100WP dan pembangkit listrik tenaga bayu untuk membebani beban pada masjid adalah sebagai berikut :

Pembangkit Listrik Tenaga Surya 100WP

Diketahui : Beban total masjid 31 Watt / Jam
Kemampuan mengisi baterai 100Ah = 36%/Hari (hari cerah)
Kapasitas baterai 1200Watt / Jam
Ditanya : Berapa Lama ketahanan 36% baterai dengan kapasitas 100 Ah untuk membebani beban 31 Watt ?

Jawab :

$$\begin{aligned}
 36\% \text{ Kapasitas baterai} &= \frac{31}{1200} \times 1200 \\
 &= 31 \times 0,36 \\
 &= 11,16 \text{ Watt / Jam} \\
 \text{Ketahanan Baterai} &= \frac{1200}{11,16} \\
 &= 107,52 \text{ Jam}
 \end{aligned}$$

Maka panel surya 100WP dalam keadaan cerah mampu mengisi baterai sebesar 36% dan mampu membebani beban selama 107,52 Jam (4,48 Hari)

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

Jawab :

Diketahui : Beban total masjid 31 Watt / Jam

Kemampuan mengisi baterai 100Ah = 0,54% / Hari (Angin berhembus)

Kapasitas baterai 1200Watt / Jam

Ditanya : Berapa Lama ketahanan 0,54 % baterai dengan kapasitas 100 Ah untuk membebani beban 31 Watt ?

$$\begin{aligned} 0,54\% \text{ Kapasitas baterai} &= \frac{31}{100} \times 1200 \\ &= 3,72 \times 100 \\ &= 372 \text{ Watt / Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ketahanan Baterai} &= \frac{100}{372} \\ &= 0,2688 \text{ Jam} \end{aligned}$$

Maka pembangkit listrik tenaga bayu dalam keadaan rata-rata kecepatan angin tinggi mampu mengisi baterai sebesar 0,54% dan mampu membebani beban selama

Jadi, intensitas cahaya pada Masjid Taqwa Desa Sei Litur Kecamatan Sawit Sebrang Kabupaten Langkat untuk panel surya 100 WP dapat membebani beban total pada masjid selama 13,395 Jam. Sedangkan pada pembangkit listrik tenaga bayu hanya dapat membebani beban total pada masjid selama 0,2 Jam tidak lebih dari 1 hari.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan data pengujian yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat dilihat kesimpulan sebagai berikut :

1. Total daya yang digunakan pada mesjid taqwa desa sei litur kec. Sawit sebrang langkat adalah 744 Watt / hari.
2. Daya keluaran yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya 100 Wp jauh lebih besar dari pada pembangkit listrik tenaga bayu (Angin).
3. Pembangkit listrik tenaga surya 100 WP dapat mengisi baterai 100Ah sebesar 36% / hari jauh lebih besar dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga bayu (angin) hanya mampu mengisi baterai 100Ah hanya 0,54%.
4. Pembangkit listrik tenaga surya 100WP jauh lebih efektif dapat digunakan untuk membebani total beban yang terpasang pada mesjid Taqwa Desa Sei Litur Kecamatan Sawit Sebrang Langkat dibanding dengan pembangkit listrik tenaga bayu.

5.2. SARAN

1. Pada tiap-tiap mesjid ataupun musholla agar kiranya dapat menggunakan energi baru terbarukan yaitu PLTS ataupun PLTB untuk menjamin kelancaran beribadah.
2. Sebaiknya masyarakat yang berada di Desa Si Litur Kecamatan Sawit Sebrang Langkat agar dapat menggunakan PLTS dan PLTB sebagai sumber energy cadangan, dan dapat menjaganya dengan sebaik-baiknya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ananta, Henry Purbawanto, Sugeng, “*Model Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dan Surya Skala Kecil Untuk Daerah Perbukitan*”, Vol. 12, No. 1, 2014 Hal 16-22
- Anto, Budhi Hamdani, Edy, Abdullah, Rizki, “*Portable Battery Charger Berbasis Sel Surya*”, Jurnal Rekayasa Elektrika, Vol. 11, No. 1, April 2014 Hal 1434-1440
- Bachtiar, Antonov Hayyatul, Wahyudi, “*Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras*”, Jurnal Teknik Elektro ITP, vol. 7, No.1, Januari 2018 Hal 34-45
- Edwards, C. W. Nyholm, E. Chapman, J., “*Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Kecil Pada Bangunan Bertingkat*”, Jurnal Thorax, Vol 32, No. 4, 1982 Hal 311-312
- Harahap, Partaonan, “*Implementasi Karakteristik Arus Dan Tegangan Plts Terhadap Peralatan Trainer Energi Baru Terbarukan*”, Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU, Vol 2, No.1, 2019 Hal 152-157
- Hidayatullah, Nur Asyik Ningrum, Hanifah Nur Kumala, “*Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Turbin Sumbu Horizontal dengan Menggunakan Metode Maximum Power Point Tracker*”, JEECAE (*Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering*), Vol 1, No. 1, 2017 Hal 7-12
- Kd Surya Negara, I Wayan Arta Wijaya, A A Gd Maharta Pelayun, “*Analisis Perbandingan Output Daya Listrik Panel Surya Sistem Tracking Dengan Solar Reflector*”, Jurnal Ilmiah Spektrum, Vol 3, No. 1, juni 2016 Hal 7-13
- Karim, Saiful, “*Analisa Penggunaan Solar Cell Pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan dan Beban Kecil*”, Vol 2, No.1, No. 1, 2019 Hal 22-32
- Nugroho, Rismanto Arif Facta, Mochammad Yuningtyastuti, Yuningtyastuti, “*Memaksimalkan Daya Keluaran Sel Surya Dengan Menggunakan Cermin Pemantul Sinar Matahari (Reflector)*”, Jurnal Transient, Vol 3, No. 3, September 2014 Hal 408-414
- Adam, Muhammad, Harahap, Partaonan, Nasution, M. Ridho, “*Analisa Pengaruh Perubahan Kecepatan Angin Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) Terhadap Daya Yang Dihasilkan Generator Dc*”, RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro, Vol 2, No.1, 2019 Hal 30-36

- Pranatasari, Dian, “*Eksistensi Taman Agrowisata dan Kewirausahaan Sosial Studi Kasus melalui penyuluhan bagi kelompok wirausaha sosial di Desa Argosari Kecamatan Senduro Kabupaten Lumajang*”, jurnal J+Plus Unesa, Vol 5, No. 2, 2016
- Purwoto, Bambang Hari, “Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif”, Jurnal Emitor, Vol 18, No.1, 2018 Hal 10-14
- Rahardjo, Irawan Fitriana, Ira, “*Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Indonesia*”, Tahun 2005 Hal 43-52
- Rif’an, M Pramono, Sholeh Hadi Shidiq, Mahfudz Yuwono, Rudy Suyono, Hadi Suhartati, Fitriana, “*Optimasi Pemanfaatan Energi Listrik Tenaga Matahari Di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya*”, Jurnal EECCIS, Vol 6, No.1, Juni 2012 Hal 44-48
- Saputra, D. Iriana, R. Sebayang, M., “*Analisis Ketersediaan Sistem Pembangkit Berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Pltb) Dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts)*”, Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau, Vol 5, No.1, April 2018 Hal 1-8
- Saputro, Saldi Eko Dwi, “*Analisis Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbantuan Program System Sizing Estimator*”, jurnal Universitas Tanjung Pura, Tahun 2017 Hal 1-10
- Syamsul Bahari, “*Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Desa Sungai Nibung Kecamatan Teluk Pakedai Kabupaten Kubu Raya*”, Tahun 2015
- Syukri, Mahdi, “*Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Terpadu Menggunakan Software PVSYST Pada Komplek Perumahan di Banda Aceh*”, Vol 9, NO. 2, Oktober 2010 Hal 77-80.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Dhiora Febriyan Simatupang
Alamat : Desa Padang Lancat Sisoma Kec. Batang Toru Kab.
Tap-sel
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Umur : 22 Tahun
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tempat, Tgl.Lahir : Padang Lancat, 26 Februari 1998
Tinggi/Berat Badan : 165 cm/90 Kg
Kewarganegaraan : Indonesia
No.Hp : 081361288687
Email : dhiorafebri26@gmail.com

Orang tua
Nama Ayah : Alm. Darman Simatupang
Agama : Islam
Nama Ibu : Dumasari
Agama : Islam
Alamat : Desa Padang Lancat Sisoma Kec. Batang Toru Kab.
Tap-sel

LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2004-2010 : SDN 101300 Siloung
2010-2013 : SMP Negeri 1 Batang Toru
2013-2016 : SMK Negeri 2 Batang Toru
2016-2020 : Tercatat Sebagai Mahasiswa Program Studi Teknik
Elektro Fakultas Teknik Universitas
Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)

PENGALAMAN ORGANISASI

2017-2018

: Sekretaris Bidang LH PK IMM FATEK UMSU

2018-2019

: Ketua Bidang LH PK IMM FATEK UMSU