

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN PENGGUNAAN MOTOR DC DENGAN MOTOR AC SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR YANG DISUPLAI OLEH SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)

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

Disusun Oleh:

GUNTUR AMANDA
1507220116



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2019**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan oleh :

Nama : Guntur Amanda
NPM : 1507220116
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Perbandingan Penggunaan Motor DC dengan Motor AC
Sebagai Penggerak Pompa Air yang Disuplai Oleh Sistem
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)
Bidang Ilmu : Sistem Tenaga Listrik

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, 25 September 2019

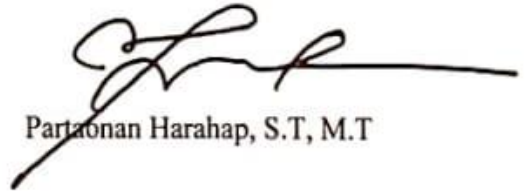
Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Pembimbing I



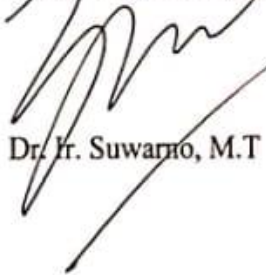
Rimbawati, S.T, M.T

Dosen Pembimbing II



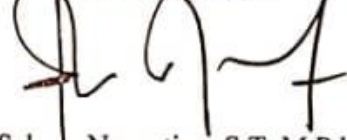
Partaonan Harahap, S.T, M.T

Dosen Pembanding I



Dr. Ir. Suwarno, M.T

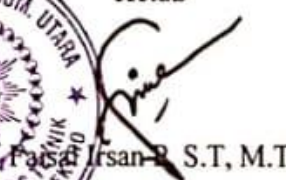
Dosen Pembanding II



Elvy Sahnur Nnasution, S.T, M.Pd

Program Studi Teknik Elektro

Ketua



Irsan R. S.T, M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Guntur Amanda
Tempat/Tanggal Lahir : Medan / 24 Januari 1998
NPM : 1507220116
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Perbandingan Penggunaan Motor DC dengan Motor AC sebagai Penggerak Pompa Air yang Disulai Oleh Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)”,

Dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di salah satu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Medan, 25 September 2019

Saya yang menyatakan,


Guntur Amanda

ABSTRAK

PERBANDINGAN PENGGUNAAN MOTOR DC DENGAN MOTOR AC SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR YANG DISUPLAI OLEH SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)

Guntur Amanda
1507220116
Rimbawati, S.TM.T
Partaonan Harahap, S.T.MT

Indonesia memiliki kapasitas energi surya di atas rata-rata, namun terdapat beberapa kondisi pada daerah yang sulit dijangkau untuk pemasangan listrik sehingga mempengaruhi sistem pengangkatan air bagi pemukiman dengan sumber mata air berada lebih rendah dari tanah pemukiman. Terdapat 2 sistem pengangkatan yaitu pengangkatan air menggunakan penggerak pompa DC dan penggerak pompa AC. Penelitian ini bertujuan memperoleh perbandingan kinerja sistem pengangkatan air yang digerakkan oleh pompa DC dan AC dengan sumber daya pembangkit listrik tenaga surya. Rancang bangun pompa DC menggunakan dua buah panel surya dengan total kapasitas 100 Wp sebagai sumber energi listrik, sebuah penstabil tegangan/*Solar Charger Controller* 12 volt/20 ampere, dan sebuah pompa DC berkapasitas daya 60 watt 5.4 ampere, serta sebuah pompa AC berkapasitas 220 volt ; 60 watt untuk menaikkan air. Hasil dari perbandingan tersebut diketahui kedua pompa dalam keadaan hidup sehingga dalam sehari dapat beroperasi selama satu jam saat penyinaran matahari, untuk pompa DC 12 Volt ; 60 Watt, dapat menghasilkan 847 liter/hari sedangkan Pompa AC 220 Volt ; 60 Watt, dapat menghasilkan 360 liter/hari. Efisiensi pengangkatan air dengan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya dari hasil penelitian didapati pompa AC lebih efisien untuk digunakan dengan nilai efisiensi sebesar 86,96 % dibandingkan dengan pompa DC dengan nilai efisiensi 50,35 % .

Kata Kunci : Panel Surya, Fotovoltaik, Inverter, Pompa air

ABSTRACT

Guntur Amanda
1507220116
Rimbawati, S.TM.T
Partaonan Harahap, S.T.MT

COMPARISON OF USE OF DC MOTOR AND AC MOTOR AS A WATER PUMP MOVEMENT SUPPLIED BY A SOLAR POWER PLANT SYSTEM (SOLAR POWER PLANT)

Indonesia has above average solar energy capacity, but there are some conditions in areas that are difficult to reach for electricity installations that affect the water removal system for settlements with springs that are lower than residential land. There are 2 lifting systems, namely lifting water using a DC pump drive and an AC pump drive. This study aims to obtain a comparison of the performance of the water lifting system driven by DC and AC pumps with solar power generation resources. The design of a DC pump uses two solar panels with a total capacity of 100 Wp as a source of electrical energy, a voltage stabilizer / Solar Charger Controller 12 volts / 20 amperes, and a DC pump with a capacity of 60 watts of power 5.4 amperes amperes, and an AC pump with a capacity of 220 volts; 60 watts to raise water. The results of the comparison are known to the two pumps in a state of life so that it is estimated that it can operate for one hours during solar irradiation, for a 12 Volt DC pump; 60 Watts, can produce 847 liters / day while the 220 Volt AC Pump; 60 Watts, can produce 360 liters / day. The efficiency of lifting water with a solar power plant system from the research results found that AC pumps are more efficient to use with an efficiency value of 86.96% compared to DC pumps with an efficiency value of 50.35%.

Keywords: *Solar Cell, Photovoltaics, Inverters, Water pumps.*

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 **“PERBANDINGAN PENGGUNAAN MOTOR DC DENGAN MOTOR AC SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR YANG DISUPLAI OLEH SISTEM PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)”** 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. Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dan studi di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Kedua orangtua penulis Ayahanda (Anwar) dan Ibunda (Sutriwati), yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
3. Bapak Dr. Agussani, M.AP. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
5. Ibu Rimbawati, S.T.M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Partaonan Harahap, S.T.M.T selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Dr. Ir. Suwarno, M.T selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T. M.Pd. selaku Dosen Pembanding II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh Bapak/Ibu Dosen diprogram Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektro kepada penulis.
10. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Keluarga besar PK IMM FATEK UMSU yang telah memberikan do'a dan dukungannya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
12. Rekan-rekan Stambuk 2015 : Trisia Rani, Kiki Utama Putra, Indra Gunawan, Ahmad Zaky Khadafi, M. Malka Fitrah Rishanda, Ahmad Khirul Pulungan, Pika Aprillia Caniago dan lainnya yang tidak mungkin nama nya disebut satu persatu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia Elektro.

Medan, September 2019

Penulis

GUNTUR AMANDA

1507220116

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix

BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang.....	1
1.2	Rumusan Masalah.....	4
1.3	Batasan Masalah.....	4
1.4	Tujuan Penelitian.....	5
1.5	Manfaat Penelitian.....	5
1.6	Tinjauan Pustaka.....	6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Tinjauan Pustaka Relevan.....	8
2.2	Energi Matahari.....	12
2.2	Radiasi Matahari.....	13
2.3	Potensi Energi Matahari di Indonesia.....	14
2.4	Sejarah Sel Surya.....	15
2.5	Dasar Sel Surya.....	17
2.6	Perkembangan Sel Surya.....	17
2.7	Perhitungan Efisiensi Panel Surya.....	18
2.7	Energi Listrik.....	19
2.8	<i>Solar Charge Controller</i>	20
2.9	Inverter.....	21

2.10	Baterai	23
2.11	Pompa	24
2.12	Motor DC.....	25
2.13	Motor AC.....	27
2.13.1	Jenis-Jenis Motor AC	28

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

3.1	Lokasi Penelitian	30
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	30
3.3	Jenis Data Penelitian	32
3.4	Sumber Data.....	32
3.5	Jalannya Penelitian.....	33
3.6	Pengujian dan Pengukuran	35
3.7	Diagram Alir	39

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengujian dan Perhitungan.....	40
4.1.1	Pengujian Panel Surya Tanpa Beban	40
4.1.1.1	Perhitungan Tegangan Rata-rata Pada Panel Surya	42
4.1.2	Pengujian dan Pengukuran Panel Surya Dengan Beban 1 Ohm	43
4.1.2.1	Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Panel Surya	45
4.1.3	Pengujian dan Pengukuran <i>Solar Charger Controler</i> Dengan Beban Pompa DC.....	48
4.1.3.1	Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada <i>Solar Charger Controler</i>	50
4.1.3.2	Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Motor DC	53
4.1.3.3	Pengujian Lama Pengisian Air Ke Tandon Penampungan.....	56
4.1.4	Pengujian dan Pengukuran Inverter Dengan Beban Pompa AC	58
4.1.4.1	Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Inverter	60
4.1.4.2	Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Motor AC	64
4.1.3.3	Pengujian Lama Pengisian Air Ke Tandon Penampungan.....	67
4.2	Pembahasan dan Perbandingan	68
4.2.1	Kinerja Sistem Pengangkat Air Yang Digerakkan Oleh Motor DC Dan AC	68
4.2.2	Efisiensi Sistem Pompa Air DC dan AC	70

4.2.3	Perhitungan Efisiensi Sistem Pompa Air DC.....	71
4.2.4	Perhitungan Efisiensi Sistem Pompa Air AC.....	73

BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran	77

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 : Hasil Pengukuran Panel Surya tanpa beban.....	41
Tabel 4.2 : Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Beban Penuh.....	43
Tabel 4.3 : Pengujian <i>Solar Charger Controller</i> Dengan Beban Pompa DC.....	49
Tabel 4.4 : Pengujian Lama Pengisian air ke Tandon Menggunakan Ppomapa DC.	57
Tabel 4.5 : Pengujian Inverter Dengan Beban Pompa AC.....	60
Tabel 4.6 : Pengujian Lama Pengisian air ke Tandon Menggunakan Pompa AC.	68
Tabel 4.7 : Pengujian Pengisian air ke Tandon Menggunakan Pompa DC.	69
Tabel 4.8 : Pengujian Pengisian air ke Tandon Menggunakan Pompa AC.	69
Tabel 4.9 : Nilai efisiensi yang diperoleh Pompa DC dan AC.	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Kurva Karakteristik V-I	14
Gambar 2.2 : Diagram dari sebuah potongan Sel Surya (PV sel)	17
Gambar 2.3 : Solar Charge Controller	21
Gambar 2.4 : Inverter	22
Gambar 2.5 : Baterai	23
Gambar 2.6 : Motor DC	26
Gambar 2.7 : Motor AC	27
Gambar 3.1 : Skematik Sitem PLTS Sebagai Perbandingan Kinerja Sistem Pangkatan Air oleh pompa air DC dan pompa air AC.....	34
Gambar 3.2 : Rangkaian Pengukuran Tegangan Panel Surya Tanpa Beban	35
Gambar 3.3 : Rangkaian Pengukuran Tegangan Panel Surya Dengan Beban 1 ohm	36
Gambar 3.4 : Rangkaian Pengukuran Tegangan Panel Surya Dengan Beban Pompa DC 60 Watt.....	36
Gambar 3.5 : Rangkaian Pengukuran Tegangan Panel Surya Dengan Beban Pompa Inverter 12 Volt DC-220 Volt AC	37
Gambar 3.6 : Rangkaian Pengukuran Tegangan Dan Arus Inverter 12 Volt DC- 220 Volt AC Dengan Beban Motor AC 220 Volt, 60 Watt.....	38
Gambar 3.7 : Desain PLTS.....	<u>38</u>
Gambar 3.8 : Diagram alir Penelitian	<u>39</u>
Gambar 4.1 : Grafik hubungan tegangan terhadap waktu.....	42

Gambar_4.2 : Grafik hubungan tegangan arus dan daya terhadap waktu.....	44
Gambar_4.3 : Grafik hubungan tegangan, arus, dan daya terhadap waktu.....	50
Gambar_4.4 : Grafik hubungan tegangan, arus, dan daya terhadap waktu.....	61
Gambar_4.5 : Perbandingan pengangkatan air oleh pompa DC dan AC.....	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan suatu kebutuhan dasar manusia yang sangat penting, baik itu untuk keperluan hidup sehari-hari maupun untuk kebutuhan yang menunjang proses produksi, misalnya kebutuhan masyarakat akan air (air tanah), dalam jumlah banyak misalnya untuk minum, memasak, mencuci, dan lain-lain. Umumnya sumber air terletak lebih rendah dari tempat air tersebut digunakan sehingga diperlukan pompa air untuk mengalirkan air ke tempat yang lebih tinggi. Dengan kondisi pada daerah yang memiliki sumber mata air yang berada lebih rendah dari permukaan tanah, dimana proses untuk membawa air dari tenaga dan waktu yang cukup banyak jika menggunakan cara yang konvensional. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu teknologi pompanisasi yang baik untuk memudahkan pengangkatan air tersebut. Dengan kondisi di daerah yang tidak dijangkau aliran listrik PLN, seiring dengan kemajuan teknologi pompanisasi untuk menaikkan air dari sumber mata air yang berada lebih rendah dari permukaan tanah, maka dapat memanfaatkan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Surya, sebagai sumber energi untuk mengatasi permasalahan tersebut (Gede, Partha, Wijaya, & Setiawan, 2014).

Negara Indonesia dengan letak geografis yang strategis memiliki banyak kekayaan alam yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi yang diperbaharui contohnya energi angin, air, panas bumi maupun biomassa dan energi matahari. Potensi pemanfaatan energi sinar matahari atau sinar surya di Indonesia sangatlah besar dengan keadaan iklimnya yang tropis. Saat ini pemanfaatan energi surya mer-

upakan salah satu hal yang sedang dikembangkan oleh pemerintah Indonesia. Indonesia merupakan daerah sekitar katulistiwa dan daerah tropis dengan luas daratan hampir 2 km^2 , dikaruniai penyinaran matahari lebih dari 6 jam sehari atau 2.400 jam dalam setahun. Pada keadaan cuaca cerah permukaan bumi menerima sekitar 1000 Wh/m^2 . Pemanfaatan energi surya sebagai sumber energi listrik di Indonesia akan mencapai 25 MW pada tahun 2020 (Gede et al., 2014).

Dengan intensitas sinar matahari di Indonesia yang sangat baik maka energi matahari sangat tepat dimanfaatkan sebagai energi alternatif. Kelebihan di energi matahari adalah energi yang diperbaharui, tidak menyebabkan polusi udara, tersedia hampir dimana-mana dan sepanjang tahun (Teja, Tjok, & Wijaya, 2013).

Tenaga surya dapat digunakan sebagai sumber energi listrik yang dapat menjamin ketersediaan *supply* listrik untuk menggerakkan pompa air (Iqtimal & Devi, 2018). Melalui sebuah panel surya yang didalamnya terdapat beberapa sel surya berupa elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum 0,3 mm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan kutub negatif. Prinsip dasar pembuatan sel surya adalah memanfaatkan efek *fotovoltaik*, yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Prinsip ini pertama kali ditemukan oleh Becquerel, seorang ahli fisika kebangsaan Perancis tahun 1839. Apabila sebuah logam dikenai suatu cahaya dalam bentuk foton dengan frekuensi tertentu, maka energi kinetik dari foton akan menembak ke atom-atom logam tersebut. Atom logam yang iradiasi akan melepaskan elektron-elektronnya. Elektron-elektron bebas inilah yang mengalirkan arus dengan jumlah tertentu

sehingga mempunyai peluang dimanfaatkan masyarakat untuk memompa air (Hani, 2015).

Ada dua jenis pompa yang dapat digunakan untuk memompa air menggunakan tenaga surya, yakni pompa dengan penggerak motor DC dan pompa dengan penggerak motor AC. Hal mendasar yang membedakan antara pompa dengan penggerak motor AC dan pompa dengan penggerak motor DC adalah sumber arusnya, sumber arus motor AC berasal dari arus AC dan sumber arus motor DC berasal dari arus AC dan DC.

Motor DC adalah motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC adalah motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.

Motor AC adalah motor arus bolak-balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki dua buah bagian dasar listrik: stator dan rotor. Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor (Programme, 2004).

Berdasarkan analisa diatas maka tugas akhir ini akan membahas tentang kinerja sistem pengangkat air yang digerakkan oleh motor DC dan motor AC dengan sumber daya pembangkit listrik tenaga surya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perbandingan karakteristik tegangan, arus, dan daya pada motor DC dan motor AC yang disuplai oleh sistem pembangkit listrik tenaga surya.
2. Bagaimana pengaruh cuaca terhadap efisiensi dari sistem pompa DC dan pompa AC dengan sumber energi tenaga surya.

1.3 Batasan Masalah

Pada penulisan tugas akhir ini ada beberapa batasan masalah yang akan dibatasi mengingat bahwa penggunaan panel surya (solar cell) dan pompa serta rumus yang berkaitan dengan penulisan tugas akhir ini maka beberapa batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Menjelaskan karakteristik tegangan, arus, dan daya pada Motor DC dan motor AC
2. Menjelaskan kinerja Panel Surya (*Solar Cell*) terhadap pompa air berdasarkan intensitas cahaya matahari.
3. Panel surya yang digunakan pada penelitian ini adalah dua modul berkapasitas 50 Wp.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik tegangan, arus, dan daya pada motor DC dan motor AC yang disuplai oleh sistem pembangkit listrik tenaga surya.
2. Untuk mengetahui pengaruh cuaca pada saat cuaca cerah, mendung & berawan terhadap efisiensi dari sistem pompa DC dan pompa AC dengan sumber energi tenaga surya.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat yang diperoleh dari beberapa pihak dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagi penulis, dengan melakukan kegiatan penelitian ini penulis mendapatkan ilmu dan pengalaman baru tentang penggunaan motor DC dengan AC dan penggunaan panel surya.
2. Bagi mahasiswa, dapat dijadikan sebagai referensi untuk mengetahui kajian tentang perbedaan penggunaan motor AC dan motor DC dengan sumber energi tenaga surya.
3. Untuk umum, dapat dijadikan bahan acuan bagi yang sedang ingin berencana memanfaatkan energi matahari sebagai sumber utama menggerakkan pompa air, baik pompa air DC maupun pompa air AC.

1.6 Tinjauan Pustaka

Tugas akhir ini disusun menggunakan sistematika penulisan sebagai Berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang dan rumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, manfaat dari hasil penelitian, serta sistematika penulisan skripsi yang digunakan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan secara singkat teori yang melandasi penelitian, termasuk pembahasan tentang pengertian dan perbedaan motor DC dan motor AC. Pembahasan berikutnya adalah mengenai teori potensi matahari dan peralatan yang digunakan dalam proses penelitian.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dikemukakan tentang kerangka penelitian, metode analisa data, sumber dan jenis data serta teknik pengumpulan data yang penulis lakukan, dan teknik analisis data.

BAB IV ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan gambaran umum analisis data, dan pembahasan hasil analisis data.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini penulis akan menyimpulkan permasalahan yang dibahas berdasarkan analisa yang telah dilakukan, disertai saran-saran sebagai masukan demi kelanjutan dan perkembangan ilmu pengetahuan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Pompa adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengalirkan, memindahkan dan mensirkulasikan zat cair dengan cara menaikkan tekanan dan kecepatan dari suatu tempat ke tempat lain, atau dengan kata lain pompa adalah alat yang merubah energi mekanik dari suatu alat penggerak (*driver*) menjadi energi potensial yang berupa *head*, sehingga zat cair tersebut memiliki tekanan sesuai dengan *head* yang dimilikinya.

Beberapa kajian tentang pengangkatan air menggunakan pompa air dengan memanfaatkan tenaga surya yang menjadi referensi untuk mengkaji lebih dalam mengenai perbedaan pengangkatan air menggunakan motor AC dan motor DC.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan model sistem kontrol pengangkatan air menggunakan motor AC dengan sistem pembangkit listrik tenaga surya menggunakan empat panel surya sebagai sumber energi listrik dan sebuah penstabil tegangan/regulator 12 Volt dan menggunakan sebuah inverter untuk merubah arus DC menjadi AC, serta menggunakan sebuah pompa AC berkapasitas 220 volt ; 60 Watt. Hasil dari rancang bangun sistem pengangkatan air dengan sumber energi listrik tenaga surya, pada kondisi cuaca cerah dapat menaikkan air selama tujuh jam/hari, yaitu dari pukul 09.00-15.00 dan menghasilkan debit air 2100 liter/hari (5,0 liter/menit) dengan total head 2,6 meter (Gede et al., 2014).

Pada penelitian berikutnya dilakukan penelitian pompa air menggunakan empat bagian utama, bagian pertama yaitu solar panel 100 wp untuk sumber utama dari energi matahari menjadi tegangan awal DC, bagian kedua yaitu *control charger* sebagai *switcher* pada baterai atau penyimpanan daya dan ke beban yang dihasilkan dari solar panel tersebut, bagian ketiga yaitu inverter salah satu pengubah tegangan DC 12 volt dari baterai ke AC 220 volt berkapasitas 2000 watt, serta bagian keempat yaitu beban (pompa air akuarium, pompa oksigen (*aerator*) dan pemberi makan otomatis). Penelitian yang dilakukan adalah memanfaatkan panel surya sebagai pembangkit listrik alternatif yang digunakan untuk menjalankan pompa air dan beban lainnya. Pengamatan yang dilakukan adalah pengambilan data terkait variasi intensitas cahaya dan ketahanan baterai (accu) untuk dapat menyuplai beban dalam waktu 24 jam setiap hari. Kapasitas Accu 70 A dan 12 V mampu menggantikan panel sebagai sumber listrik selama 19 jam hingga 20 jam pemakaian untuk 1 set akuarium dengan total daya sebesar 8.4 watt. Ditinjau dari segi teknis, beban dengan daya yang tidak besar ini dan ukuran panel 100 wp, accu 70 ampere 12 volt bisa untuk 2-3 set akuarium lengkap dengan beban seperti penelitian diatas (Dasilas, 2011).

Kemudian telah dilakukan penelitian berskala besar dengan menggunakan tenaga panel surya sebagai sumber energi listrik untuk pompanisasi irigasi. Menggunakan daya pompa sebesar 6,2731 kW dan kecepatan aliran debit 39 m^3 /jam untuk memenuhi tanki 9 m^3 membutuhkan waktu selama 69 menit dengan debit 9,4 liter/detik dengan daya yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 7.680 Wattpeak (Wp) (Effendi & Raynaldi, 2018).

Adapula penelitian yang dilakukan memanfaatkan tenaga surya sebagai penggerak pompa air DC pada tanaman hidroponik dengan menggunakan *fotovoltaik* sebesar 10 Wp berjenis *polycrystalline* dan *monocrystalline*, DC *stepdown* LM 7812, serta pompa air DC 12 V. Penelitian ini dilakukan di lantai 2 koridor program studi keteknikan pertanian fakultas pertanian universitas sumatera utara, medan dengan ketinggian 12 mdpl dan terletak 3°55' lintang utara 98°65' bujur timur. kebutuhan daya listrik untuk menggerakkan pompa air dc dengan daya 3,6 watt mulai jam 09.00 s/d 15.00 wib sebesar 25,2 watt per hari. pompa air dc dapat berfungsi secara optimal pada pukul 11.00 - 15.00 wib dengan intensitas cahaya matahari rata-rata 373,71 - 310,65 w/m² pada suhu rata-rata 300-330 C. Fotovoltaik dapat menghasilkan energi listrik harian untuk jenis *monocrystalline* sebesar 224,75 Wh dengan efisiensi 8,14% dan jenis *polycrystalline* dapat menghasilkan listrik 194,81 Wh dengan efisiensi 7,57%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PV *monocrystalline* lebih baik daripada PV *polycrystalline* (Sigalingging, 2018).

Kemudian telah dilakukan pula penelitian dengan rancangan sistem tenaga surya ini menggunakan panel surya ST.50-PG, baterai GS Astra 10 Ah dan pompa air DC YRK-BP2512 12 Volt. Perancangan dimulai dari mencari data radiasi matahari setempat selama satu tahun sehingga dapat ditentukan jumlah panel surya yang diperlukan serta kapasitas peralatan lainnya. Listrik yang dihasilkan disimpan ke dalam baterai dan dapat langsung digunakan untuk sumber listrik pompa air 60W yang bekerja selama 32 menit untuk mengisi tandon air sebesar 1.750 liter sesuai kebutuhan rata-rata perhari dalam satu rumah hunian (Iqtimal & Devi, 2018).

Selanjutnya terdapat penelitian yang membahas tentang aplikasi solar cell (sel surya) sebagai pembangkit listrik dengan sumber energi matahari, pengujian dilaksanakan di lapangan pemasangan dengan parameter pengujian berupa tegangan dan arus listrik. Baterai diisi oleh solar cell sebagai hasil konversi energi matahari menjadi energi listrik. Tegangan yang dihasilkan solar cell berkisar 14,8 – 17,5 volt DC. Solar cell yang digunakan berupa panel jenis Polikristal (*Poly-crystalline*) dengan daya 50 wp. Pada distribusi arus dan tegangan dari sumber solar cell, walaupun tegangan yang dihasilkan solar cell ± 17 V, tetapi ketika mengisi baterai sangat stabil dengan tegangan rata-rata 13,5V karena diatur oleh solar charger controller. Tegangan dan arus akan mulai meningkat pada pagi hari pukul 07.00WIB, kemudian akan mencapai level yang maksimum pada siang hari pukul 10.00-13.00 WIB, dan mulai turun di sore hari (Hani, 2015).

Pada penelitian berikutnya telah dilakukan pula penelitian yang bertujuan untuk mengukur seberapa besar kinerja pompa DC menggunakan bantuan sumber energi surya dan membandingkan penggunaan pompa DC dengan sumber energi PLN yang dilihat dari segi kestabilan daya listrik, *dissolved oxygen*, *oxygen transfer rate*, efektivitas pompa DC, kelangsungan hidup, serta laju pertumbuhan spesifik. Penelitian tersebut dilaksanakan dari tanggal 09 November s.d. 28 November 2011, bertempat di laboratorium lingkungan 2, Fakultas Perikanan dan ilmu kelautan, Institut Pertanian Bogor. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan penggunaan pompa DC dengan sumber energi surya dan penggunaan pompa DC dengan sumber energi PLN. Masing-masing pompa DC dilengkapi selang *aerasi* sebanyak 10 selang pada wadah dengan volume 400 liter dan dialiri listrik dengan tegangan 12 Volt. Hasil penelitian

menunjukkan nilai DO pada perlakuan dengan listrik tenaga surya yaitu berkisar 1,6-11,8 mg/l, sedangkan pada PLN berkisar 5,0-11,7 mg/l. Pengukuran nilai OTR dan efektivitas pompa DC tertinggi pada perlakuan tenaga surya yaitu $1,65 \times 10^3$ kg O₂/jam dan 6,1 %. Penggunaan pompa DC dengan sistem tenaga surya dan PLN tidak berpengaruh secara signifikan terhadap tingkat kelangsungan hidup dan laju pertumbuhan spesifik *postlarva udang vaname Litopenaeus vannamei*.

Lalu telah dilakukan sebuah penelitian untuk mempermudah para petani dalam mengelola tanaman mereka dengan memanfaatkan teknologi pompa yang di suplai oleh tenaga surya. Selain itu diharapkan biaya yang harus dikeluarkan para petani untuk memanfaatkan teknologi pompa lebih sedikit. Kemudian dengan adanya teknologi pompa air tenaga surya ini para petani dapat mengelola lahan pertanian mereka dengan skala yang lebih besar. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengukur radiasi matahari, tegangan, arus dan mengukur debit air yang dihasilkan pompa. Pada saat pengujian daya rata-rata yang keluar dari panel surya yaitu 44,34 W. Pompa air bekerja mulai jam 9.00 pagi hingga jam 22.00 malam volume air yang diperoleh yaitu 10710 L (*Electronic Thesis and Dissertation Unsyiah*, 2014).

2.2 Energi Matahari

Matahari adalah sumber energi utama yang memancarkan energi yang luar biasa besarnya ke permukaan bumi. Pada keadaan cuaca cerah, permukaan bumi menerima sekitar 1000 watt energi matahari per-meter persegi. Kurang dari 30 % energi tersebut dipantulkan kembali ke angkasa, 47% dikonversikan menjadi panas, 23 % digunakan untuk seluruh sirkulasi kerja yang terdapat di atas permukaan

bumi, sebagian kecil 0,25 % ditampung angin, gelombang dan arus dan masih ada bagian yang sangat kecil 0,025 % disimpan melalui proses fotosintesis di dalam tumbuh-tumbuhan yang akhirnya digunakan dalam proses pembentukan batu bara dan minyak bumi (bahan bakar fosil, proses fotosintesis yang memakan jutaan tahun) yang saat ini digunakan secara ekstensif dan eksploratif bukan hanya untuk bahan bakar tetapi juga untuk bahan pembuat plastik, formika, bahan sintesis lainnya. Energi Matahari adalah energi yang sangat luar biasa karena tidak bersifat polutif, tidak dapat habis, dapat dipercaya dan tidak perlu membeli (Widayana, 2012).

2.2 Radiasi Matahari

Radiasi matahari adalah proses perambatan energi (panas) dalam bentuk gelombang elektromagnetik yang tanpa memerlukan zat perantara. Energi matahari bisa sampai ke permukaan Bumi adalah dengan cara radiasi (pancaran) karena diantara Bumi dan Matahari terdapat ruang hampa (tidak ada zat perantara) sedangkan gelombang yang dirambatkan dalam bentuk komponen medan listrik dan medan magnet, sehingga dapat merambat dengan kecepatan yang sangat tinggi dan tanpa memerlukan zat atau medium perantara (Widayana, 2012). Ada dua macam cara radiasi matahari sampai ke permukaan bumi, yaitu:

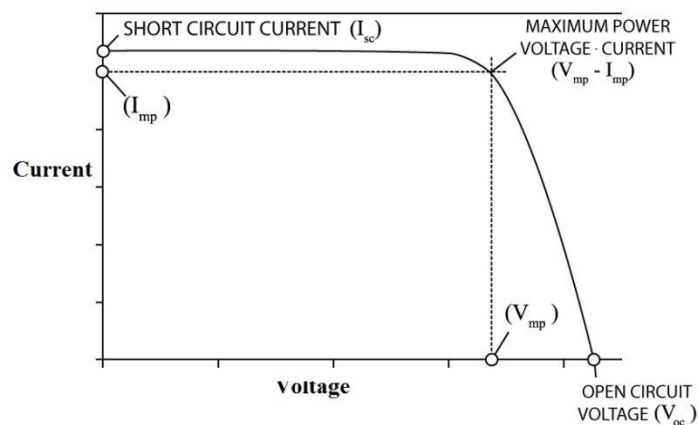
- a. Radiasi langsung (*Beam / Direct Radiation*).
- b. Radiasi Hambur (*Diffuse Radiation*).
- c. Radiasi Total (*Global Radiation*)

2.3 Potensi Energi Matahari di Indonesia

Berdasarkan data penyinaran matahari yang dihimpun dari 18 lokasi di Indonesia, radiasi surya di Indonesia dapat diklasifikasikan berturut-turut sebagai berikut: untuk kawasan barat dan timur Indonesia dengan distribusi penyinaran di Kawasan Barat Indonesia (KBI) sekitar 4,5 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 10%; dan di Kawasan Timur Indonesia (KTI) sekitar 5,1 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9%. Dengan demikian, potensi penyinaran matahari rata-rata Indonesia sekitar 4,8 kWh/m²/hari dengan variasi bulanan sekitar 9% (Widayana, 2012).

Sejauh ini pemanfaatan energi matahari di Indonesia telah diarahkan ke penyediaan listrik di pedesaan atau daerah-daerah yang letaknya sulit untuk dijangkau oleh PLN.

Semakin besar intensitas cahaya matahari secara proposional akan menghasilkan arus yang besar. Seperti gambar 2.1, tingkatan cahaya matahari menurun, bentuk dari kurva I-V menunjukkan hal yang sama, tetapi bergerak ke bawah yang mengindikasikan menurunnya arus dan daya. Voltase adalah tidak berubah oleh bermacam- macam intensitas cahaya matahari.



Gambar 2.1 Kurva Karakteristik V-I

Gambar kurva V-I diatas dapat dilihat pada sumbu horizontal adalah tegangan dan pada sumbu vertikal adalah arus. Kurva diatas pada saat sinar matahari maksimal atau pada suhu yang menyinari panel surya 25 derajat celcius.

Keterangan :

1. Tegangan Maksimum (V_{mp}) dan Arus Maksimum (I_{mp}) P_{max}
2. Tegangan Tanpa Beban (V_{oc})
3. Arus Hubung Singkat (I_{sc})

Energi matahari dirubah menjadi energi listrik dengan menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) atau disebut juga teknologi *photovoltaic* yang terbuat dari bahan semi konduktor yang disebut *solar cell*. Teknologi dari sumber energi yang tidak terbatas (cahaya matahari) juga terkenal ramah lingkungan sehingga memiliki daya guna yang tinggi. Hanya saja teknologi ini membutuhkan area instalasi yang luas untuk dapat menyerap sinar matahari. Untuk mendapatkan daya listrik sebesar 100 mW akan membutuhkan luas tanah 60-70 hektar (Saputra, 2019).

2.4 Sejarah Sel Surya

Aliran listrik matahari (surya) pertama kali ditemukan oleh Alexander Edmond Beequerel yang merupakan seorang ahli fisika yang berasal dari Jerman pada abad ke-19. Ia menangkap peristiwa dimana secara kebetulan berkas sinar matahari mengenai larutan elektro kimia yang mengakibatkan peningkatan muatan elektron. Setelah satu abad berlalu yakni pada awal abad ke-20, Albert Einstein mulai mengembangkan penemuan tersebut. Einstein menamai penemuan Alexander Edmond Beequerel dengan nama "*Photoelectric effect*" yang menjadi dasar pengertian "*Photovoltaic effect*". Einstein melakukan pengamatan pada

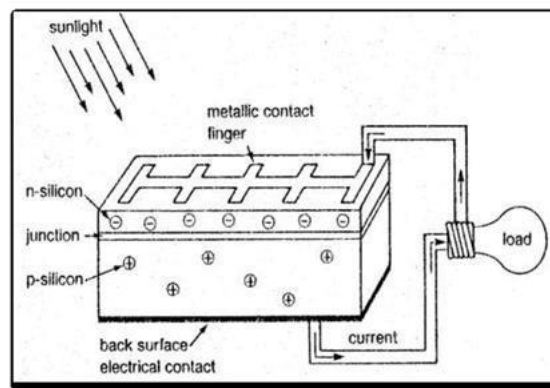
sebuah lempeng metal yang melepaskan foton partikel energi cahaya ketika energi matahari mengenainya. Foton-foton tersebut secara terus-menerus mendesak atom metal, sehingga terjadi partikel energi foton bersifat gelombang energi cahaya.

Sinar yang memiliki energi foton tinggi dan gelombangnya pendek dinamakan dengan sinar ultraviolet, sebaliknya sinar yang memiliki energi foton rendah dan memiliki gelombang panjang dinamakan sinar infrared. Dari hasil pengamatan Einstein tersebut, maka sekitar tahun 1930, ditemukan konsep baru *Quantum Mechanics* yang digunakan untuk menciptakan teknologi *solid state*. Teknologi tersebut dimanfaatkan oleh *Bell Telephone Research Laboratories* untuk membuat sel surya padat pertama.

Semakin berkembangnya zaman pemanfaatan dan desain sel surya semakin berkembang. Hal ini terjadi pada tahun 1950-1960 dimana sel surya siap diaplikasikan ke pesawat ruang angkasa. Perkembangan sel surya semakin pesat pada tahun 1970-an, sel surya diperkenalkan secara besar-besaran di seluruh dunia sebagai energi alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, PV mulai diaplikasikan pada *Low Power Warning System* dan *Offshore Buoys*. Perkembangan tersebut tak lepas dari kendala masih belum bisanya produksi secara masal karena pembuatan PV masih secara manual. Tahun 1980-an, perusahaan-perusahaan pembuat PV menjalin kerjasama dengan pemerintah agar produksi PV bisa semakin banyak, sehingga dengan kuantitas yang banyak mampu menekan biaya produksi yang berbanding lurus dengan harga satuan sel surya yang dapat terjangkau (Pahlevi, 2014).

2.5 Dasar Sel Surya

Sel Surya diproduksi dari bahan semikon- duktur yaitu silikon—berperan sebagai insulator pada temperatur rendah dan sebagai konduktor bila ada energi dan panas. Sebuah Silikon Sel Surya adalah sebuah diode yang terbentuk dari lapisan atas silikon tipe n (*silicon doping³ of “phosphorous”*), dan lapisan bawah silikon tipe p (*silicon doping of “boron”*).



Sumber : *Steven J.Strong, The Solar Electric House, p.18*

Gambar 2.2 Diagram dari sebuah potongan Sel Surya (PV sel)

Elektron-elektron bebas terbentuk dari milion photon atau benturan atom padalapisan penghubung (*junction = 0.2-0.5 micron⁴*) menyebabkan terjadinya aliran listrik.

2.6 Perkembangan Sel Surya

Perkembangannya, sel surya semakin banyak memanfaatkan silikon dan bahan semikonduktor yang bervariasi sebagai bahan bakunya. Sel surya memiliki beberapa jenis, diantaranya adalah:

a. *Mono-crystalline* (Si)

Dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentuk bujur. Sekarang Mono-crystalline dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24%.

b. *Poly-crystalline/Multi-crystalline* (Si)

Dibuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik, kemudian pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul diatas lapisan silikon. Sel ini kurang efektif dibanding dengan sel Poly-crystalline (efektivitas 18%), tetapi biaya lebih murah.

c. *Gallium Arsenide* (GaAs)

Sel Surya III-V semikonduktor yang sangat efisien sekitar 25%.

2.7 Perhitungan Efisiensi Panel Surya

Nilai efisiensi panel surya akan diperoleh dengan melakukan pengukuran kurva V-I dan akan didapat parameter lain seperti I_{sc} (arus hubung singkat), V_{oc} (tegangan tanpa beban), fill factor (FF), dan efisiensi (η). Karakteristik output panel surya (kurva V-I) menunjukkan hubungan antara arus dan tegangan, dapat dilihat pada Gambar 2.1.

a. Nilai Fill Factor

Nilai fill factor berkisar 0,7 – 0,85. Panel surya akan bekerja semakin baik apabila semakin besar nilai FF suatu panel surya, dan akan memiliki efisiensi yang semakin tinggi. Perhitungan nilai FF dapat dilihat pada persamaan 2.1 :

$$FF = \frac{I_{mp} \times V_{mp}}{I_{sc} \times V_{OC}} \dots\dots\dots(2.1)$$

b. Daya Output

Perhitungan daya output dapat dilihat pada persamaan 2.2 :

$$P_{Max} = V_{OC} \times FF \times I_{SC} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

Voc = Tegangan Rangkaian Terbuka (Volt)

Isc = Arus Rangkaian Terbuka (Ampere)

FF = Fill Factor

c. Efisiensi Panel Surya

Perhitungan Perhitungan efisiensi panel surya dapat dilihat pada persamaan 2.3

$$\eta = \frac{P_{out}}{G \times A} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

P = Daya (Watt)

G = Intensitas Cahaya Matahari (watt/m^2)

A = Luas Penampang Panel Surya (m^2)

2.7 Energi Listrik

Sinar matahari dapat menghasilkan energi listrik (energi sinar matahari menjadi foton) sebuah sel surya tidak tergantung pada besaran luas bidang silikon, dan secara konstan akan menghasilkan energi berkisar antara $\pm 0,5$ volt maksimum 600 mV pada 2 ampere, dengan kekuatan radiasi solar matahari $1000 \text{ W}/\text{m}^2 = "1$

Sun” akan menghasilkan arus listrik (I) sekitar $30\text{mA}/\text{cm}^2$ per sel surya (Pahlevi, 2014).

2.8 *Solar Charge Controller*

Control Charging panel surya merupakan rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian baterai atau rangkaian aki (*Battery Bank*) dari panel surya. Tegangan DC yang dihasilkan oleh panel sel surya umumnya bervariasi 12 volt ke-atas. Kontroler ini berfungsi sebagai alat pengatur tegangan baterai agar tidak melampaui batas. Disamping itu, alat pengontrol ini juga mencegah pengaliran arus dari baterai mengalir balik ke panel sel surya ketika proses pengisian sedang tidak berlangsung (misalnya pada malam hari) sehingga baterai yang sudah diisi tidak terkuras tenaganya. Apabila baterai atau rangkaian aki sudah penuh terisi, maka aliran DC dari panel surya akan diputuskan agar baterai itu tidak lagi menjalani pengisian sehingga pengerusakan terhadap baterai bisa dicegah dan usia aki bisa diperpanjang. Pengendalian proses pengisian baterai dengan membuka dan menutup aliran arus DC dari panel surya ke baterai adalah fungsi yang paling dasar sebuah *charge controller*.

Pengembangan alat *control charging* panel surya dirancang dengan perkembangan teknologi saat ini untuk memaksimalkan daya listrik yang dihasilkan dari panel surya dengan mencari nilai titik maksimum. Pengembangan lain adalah pembacaan parameter pengukuran kontrol pengisian energi listrik dari panel surya menuju baterai. Pembacaan parameter pengukuran biasanya dilakukan dengan cara manual dapat dibuat lebih praktis dengan menampilkan parameter pengukuran daya, tegangan, arus saat pengisian energi listrik, sehingga parameter pengukuran

dapat ditampilkan dalam LCD (Kurnifan Adhi Prasetyo, Nurhening Yuniarti, 2018).



Gambar 2.3 Solar Charge Controller

2.9 Inverter

Inverter adalah merubah tegangan DC dari akumulator menjadi tegangan AC yang berupa sinyal sinus setelah melalui pembentukan gelombang dan rangkaian filter. Tegangan output yang dihasilkan harus stabil baik amplitudo tegangan maupun frekuensi tegangan yang dihasilkan, distorsi yang rendah, tidak terdapat tegangan dapat di interupsi oleh suatu keadaan.

Inverter merupakan suatu rangkaian yang digunakan untuk mengubah sumber tegangan DC tetap menjadi sumber tegangan AC dengan frekuensi tertentu. Komponen semikonduktor daya yang digunakan dapat berupa SCR, transistor dan MOSFET yang beroperasi sebagai sakelar dan pengubah. Inverter dapat diklasifikasikan dalam dua jenis, yaitu: *inverter* satu fasa dan *inverter* tiga fasa. Setiap jenis inverter tersebut dapat dikelompokkan dalam empat kategori ditinjau dari jenis rangkaian komutasi pada SCR, yaitu: (1) modulasi lebar pulsa, (2)

inverter resonansi, (3) *inverter* komutasi bantu dan (4) *inverter* komutasi komplemen (Hutagalung, Panjaitan, & Pendahuluan, 2017).

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan Inverter:

- a. Kapasitas beban dalam Watt, usahakan memilih Inverter yang beban kerjanya mendekati dengan beban yang hendak kita gunakan agar efisiensi kerjanya maksimal.
- b. Input DC 12 V atau 24 V.
- c. *Sineawave* ataupun *saquere wave* output AC.

True sine wave inverter diperlukan terutama untuk beban-beban yang masih menggunakan motor agar bekerja lebih mudah, lancar dan tidak panas. Oleh karena itu dari sisi harga *true sine wave inverter* adalah yang mahal diantara yang lainnya karena dialah yang paling mendekati bentuk gelombang asli dari jaringan PLN. Sedangkan pada *squere wave inverter* beban-beban listrik yang menggunakan kumparan/motor tidak dapat bekerja sama sekali. Rugi-rugi (*loss*) yang terjadi pada *inverter* biasanya berupa dissipasi dalam bentuk panas. Pada umumnya efisiensi *inverter* adalah berkisar 50-90% tergantung dari beban outputnya. Bila beban outputnya semakin mendekati beban kerja *inverter* yang tertera maka efisiensinya semakin besar.



Gambar 2.4 Inverter

2.10 Baterai

Baterai Aki adalah media penyimpan muatan listrik. Secara garis besar aki dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksi. Dengan demikian aki ini bisa menyuplai arus listrik yang besar pada saat awal untuk menghidupkan mesin. Aki *deep cycle* biasanya digunakan untuk sistem fotovoltaik (*solar cell*) dan *back up power*, dimana aki mampu mengalami *discharge* hingga muatan listriknya tinggal sedikit.

Secara konstruksi aki dibedakan menjadi tipe basah (konvensional, *flooded lead acid*), *sealed lead acid* (SLA), *valve regulated lead acid* (VRLA), gel, dan AGM (*absorbed glass mat*); dimana semuanya merupakan aki yang berbasis asam timbal (*lead acid*), baterai terlihat pada Gambar 2.4 (Nurharsanto & Prayitno, n.d.)



Gambar 2.5 Baterai

Menurut Syam Hardi akumulator ini berasal dari bahasa asing yaitu: *accumulator* = *baterij* (Belanda), *accumulator* = *storage battery* (Inggris), *akkumulator* = *bleibatterie* (Jerman). Pada umumnya semua bahasa-bahasa itu mempunyai satu arti yang dituju, yaitu “*accumulate*” atau “*accumuleren*”. Ini semua berarti menimbun, mengumpulkan atau menyimpan. Menurut Daryanto

akumulator adalah baterai yang merupakan suatu sumber aliran yang paling populer yang dapat digunakan diman-mana untuk keperluan yang beranekaragam.

Menurut Rudolf Michael, akumulator dapat diartikan sebagai sel listrik yang berlangsung proses elektrokimia secara bolak-balik (reversible) dengan nilai efisiensi yang tinggi. Disini terjadi proses pengubahan tenaga kimia menjadi tenaga listrik, dan sebaliknya tenaga listrik menjadi tenaga kimia dengan cara regenerasi dari elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dengan arah yang berlawanan di dalam sel-sel yang ada dalam akumulator. Saat pengisian tenaga listrik dari luar di ubah menjadi tenaga listrik dalam akumulator dan disimpan di dalamnya. Sedangkan saat pengosongan tenaga di dalam akumulator di ubah lagi menjadi tenaga listrik yang digunakan untuk mencatu energi dari suatu peralatan listrik. Dengan adanya proses tersebut akumulator sering dikenal dengan elemen primer dan sekunder.

2.11 Pompa

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk menaikkan tekanan cairan dari cairan bertekanan rendah ke cairan yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpindahan. Hal Ini dicapai dengan membuat suatu tekanan yang rendah pada sisi masuk atau *suction* dan tekanan yang tinggi pada sisi keluar atau *discharge* dari pompa (Yana, Dantes, & Wigraha, 2017).

2.12 Motor DC

Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arah langsung yang tidak langsung/*direct-unidirectional*. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalaan *torque* tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.

- a. *Kutub Medan*, secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan dinamo yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan. Motor DC sederhana memiliki dua kutub medan: kutub utara dan kutub selatan. Garis magnetik energi membesar melintasi bukaan diantara kutub kutub dari utara ke selatan. Untuk motor yang lebih besar atau lebih kompleks terdapat satu atau lebih elektromagnet. Elektromagnet menerima listrik dari sumber daya dari luar sebagai penyedia struktur medan.
- b. *Dinamo*, Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder, dihubungkan ke *as* penggerak untuk menggerakkan beban. Motor DC yang kecil, dinamo berputar dalam medan magnet yang dibentuk oleh kutub-kutub, sampai kutub utara dan selatan magnet berganti lokasi. Jika hal ini terjadi, arusnya berbalik merubah kutub-kutub utara dan selatan dinamo.
- c. *Commutator*, Komponen ini terutama ditemukan dalam motor DC. Kegunaannya adalah untuk membalikkan arus listrik dalam dinamo.

Commutator juga membantu dalam transmisi arus antara dinamo dan sumber daya.



Gambar 2.6 Motor DC

Keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan, yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur ; meningkatkan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan , menurunkan arus medan akan meningkatkan kecepatan.

Motor DC tersedia dalam banyak ukuran, namun penggunaannya pada umumnya dibatasi untuk beberapa penggunaan berkecepatan rendah, penggunaan daya rendah hingga sedang seperti peralatan mesin dan rolling mills, sebab sering terjadi masalah dengan perubahan arah arus listrik mekanis pada ukuran yang lebih besar. Juga, motor tersebut dibatasi hanya untuk penggunaan di area yang bersih dan tidak berbahaya sebab resiko percikan api pada sikatnya. Motor DC juga relatif mahal dibanding motor AC.

2.13 Motor AC

Motor AC menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik AC memiliki dua buah bagian dasar listrik: *stator* dan *rotor*.

Stator merupakan komponen listrik statis. Rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor, motor AC dapat mengatasi kerugian dengan dilengkapi penggerak frekuensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya. Motor induksi merupakan motor yang paling populer di industri karena kehandalannya dan lebih mudah perawatannya. Motor induksi AC cukup murah (harganya setengah atau kurang dari harga, sebuah motor DC) dan juga memberikan rasio daya terhadap berat yang cukup tinggi (sekitar dua kali motor DC).



Gambar 2.7 Motor AC

2.13.1 Jenis-Jenis Motor AC

a. Motor Sinkron

Motor Sinkron adalah motor AC yang bekerja pada kecepatan tetap pada sistem frekuensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya memiliki *torque* awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekuensi dengan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistem yang menggunakan banyak listrik.

b. Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor yang paling umum digunakan pada berbagai peralatan industri. Popularitasnya karena rancangannya yang sederhana, murah dan mudah didapat, dan dapat langsung disambungkan ke sumber daya AC. Komponen motor induksi memiliki dua komponen listrik utama yaitu; rotor dan stator (Sembodo & Rochman, n.d.).

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

$$n_s = \frac{120 \cdot F}{P} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

n_s = Kecepatan sinkron motor

F = Frekuensi (hz)

P = Jumlah kutup motor

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

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi \dots\dots\dots(2.5)$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \phi} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

$\cos \phi$ = Faktor Daya

Menghitung Efisiensi daya

$$\eta = \frac{P_{Out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

η = Efisiensi

P_{out} = Daya keluar

P_{in} = Daya Masuk

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada Bab ini akan dijelaskan tempat dan lokasi penelitian serta langkah-langkah pemecahan masalah yang akan di bahas, meliputi langkah-langkah pengumpulan data , langkah-langkah percobaan dan cara-cara pengolahan data.

3.1 Lokasi Penelitian

Adapun lokasi penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Muktar Basri no. 3 Medan Sumatera Utara.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan pada penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Mesin trafo las inverter 900 Watt, untuk mengelas konstruksi bangun PLTS.
- b. Mesin gerinda 4', untuk memotong besi bahan yang digunakan.
- c. Mesin bor listrik, untuk melubangi bagian PLTS.
- d. Meteran, untuk mengukur panjang bahan yang digunakan.
- e. Multi tester, untuk mengukur dan mengetahui tegangan dan arus yang dihasilkan.
- f. Tang kombinasi, sebagai media jepit.
- g. Tang potong, untuk memotong kabel.
- h. Obeng plus (+) minus (-), untuk mengunci skrup

- i. Kunci ring dan pas, untuk mengunci baut.
- j. 2 unit tandon penampungan air
- k. 1 unit Saklar sebagai pemutus dan penyambung Tegangan
- l. Pipa air $\frac{3}{4}$ " secukupnya sebagai penerus aliran air oleh pompa.
- m. Pompa air celup berkapasitas 220 volt dan 60 watt AC/ 2600 RPM sebagai alat untuk melakukan perbandingan.
- n. Pompa air celup berkapasitas 12 volt dan 60 watt DC/5800 RPM sebagai alat untuk melakukan perbandingan.

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan dalam penelitian perbandingan penggunaan motor DC dengan motor AC sebagai penggerak pompa air yang disuplai oleh sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah sebagai berikut:

- a. Panel surya 100 WP berfungsi sebagai alat untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik.
- b. Solar charger controller berfungsi pengatur tegangan dan arus listrik keluaran dari sel surya menuju baterai.
- c. Baterai berfungsi sebagai media penyimpan arus listrik.
- d. Kabel berfungsi sebagai media penghubung komponen ke komponen lainnya.
- e. Besi siku 25 mm, sebagai rangka untuk dudukan panel surya dan komponen-komponen pada PLTS.
- f. Baut + mur 6 mm, sebagai pengikat sel surya dengan rangka.
- g. Baut + mur 4 mm, sebagai pengikat komponen elektrikal pada papan alat penelitian.
- h. Inverter 500 Watt berfungsi sebagai mengubah arus DC ke AC.

- i. Cable Duct atau jalur kabel, sebagai jalur kabel untuk menghubungkan ke komponen.
- j. Cat pilox untuk mewarnai kerangka dudukan PLTS

3.3 Jenis Data Penelitian

Jenis data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

- a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari peninjauan dan pengukuran di lapangan atau survey langsung dilapangan.

- b. Data Sekunder

Merupakan penunjang dari hasil penelitian yang diperoleh dari lapangan. Pengumpulan data sekunder diambil dari kantor-kantor instansi pemerintahan, lembaga penelitian dan studi yang telah ada sebelumnya. Data tersebut berupa buku-buku, jurnal atau laporan.

3.4 Sumber Data

Dalam menyusun suatu penelitian diperlukan langkah-langkah yang benar sesuai dengan tujuan penelitian. Adapun beberapa metode yang digunakan dalam penelitian ini. Data-data dalam melakukan penelitian ini yang diperlukan dalam proses pembuatan laporan ini diperoleh dari :

- a. Observasi

Pengambilan data yang sesuai dengan lokasi penelitian untuk selanjutnya dianalisis.

b. Studi Pustaka

Metode ini dilakukan dengan membaca buku-buku dan jurnal terkini sesuai dengan penelitian yang dilakukan serta mencari data yang diperlukan mengenai hal-hal atau materi yang dianalisa.

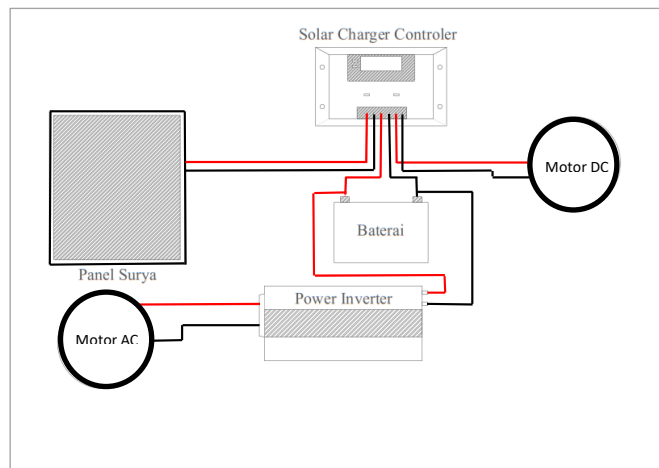
c. Bimbingan

Metode ini dilakukan dengan cara meminta bimbingan untuk hal yang berkaitan dengan analisa dari penelitian ini dari pembimbing, baik dosen maupun dilapangan.

3.5 Jalannya Penelitian

Langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah :

- a. Perumusan masalah dan tinjauan pustaka yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan.
- b. Persiapan peralatan dan proses pengujian serta pengukuran meliputi :
 1. Menentukan jumlah panel surya PV yang akan digunakan pada sistem pengangkat yang digerakkan oleh motor DC dan motor AC dengan sumber daya pembangkit listrik tenaga surya.
 2. Menentukan jenis motor DC dan AC berdasarkan debit air yang mampu diangkat dengan menggunakan sumber daya pembangkit listrik tenaga surya.
- c. Perencanaan perancangan sistem yang dibuat dalam bentuk blok diagram. Dapat dilihat pada Gambar 3.1.



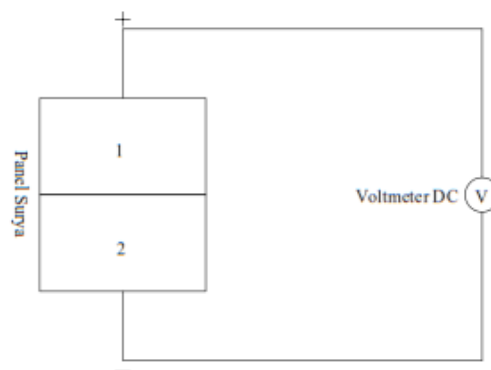
Gambar 3.1 Skematik Sitem PLTS Sebagai Perbandingan Kinerja Sistem Pengangkatan Air oleh pompa air DC dan pompa air AC

- d. Membandingkan kinerja sistem pengangkat air yang digerakkan oleh motor DC dan motor AC dengan sumber daya pembangkit listrik tenaga surya.
- e. Pengukuran berapa besar debit air yang bisa diangkat oleh pompa yang digerakkan oleh motor DC dan motor AC dengan sumber daya pembangkit listrik tenaga surya.
- f. Menghitung efisiensi dari pompa air menggunakan penggerak motor DC dan motor AC untuk menaikkan air dengan sumber daya pembangkit listrik tenaga surya.
- g. pengolahan data dilakukan dengan menggunakan editing, table dan grafik.
- h. Penarikan kesimpulan dan saran-saran dari hasil penelitian.

3.6 Pengujian dan Pengukuran

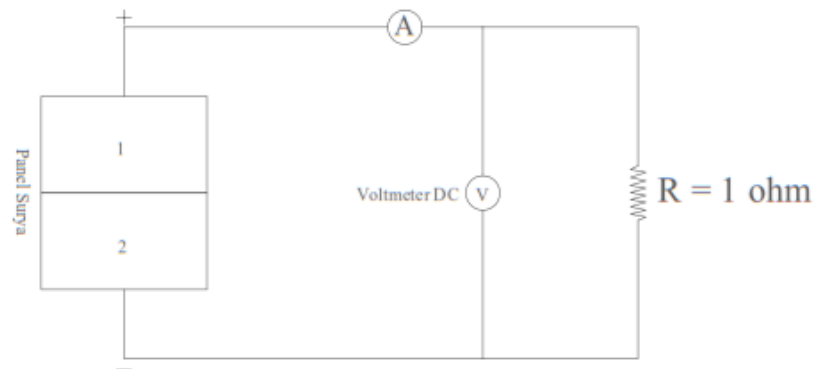
Berikut cara merakit rangkaian untuk membandingkan kinerja sistem pengangkat air yang digerakkan oleh motor DC dengan motor AC dengan sumber daya pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) :

- a. Menghubungkan output dari panel surya dibebani dengan regulator 12 volt yang berfungsi sebagai penstabil tegangan agar tetap dapat menghasilkan tegangan sebesar 12 volt, selanjutnya keluaran dari regulator 12 volt akan dibebani dengan pompa DC. Sedangkan untuk pompa AC output dari regulator 12 volt akan masuk ke inverter yang akan mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC), dengan memanfaatkan pompa AC sebagai alat penggerak untuk menaikkan air.
- b. Pengujian dan pengukuran panel surya tanpa beban dengan mencari tegangan maksimal dan minimal pada saat cuaca cerah, mendung, dan berawan.



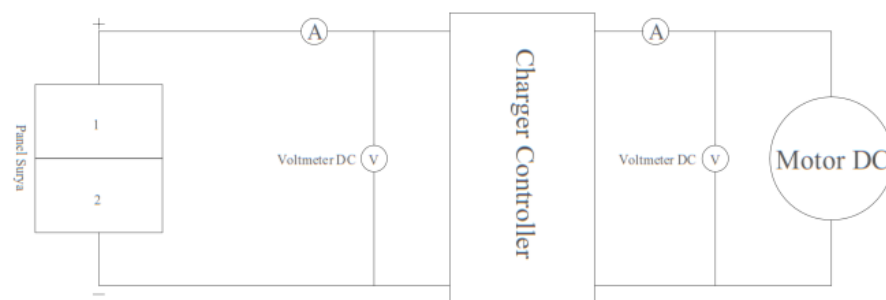
Gambar 3.2 Rangkaian Pengukuran Tegangan Panel Surya Tanpa Beban

- c. Pengujian dan pengukuran panel surya dengan beban penuh dengan mencari tegangan dan arus maksimal serta minimal pada saat cuaca cerah, mendung, dan berawan. Untuk mengetahui daya dari panel surya dapat dicari dengan persamaan daya listrik yaitu : $P = V \cdot I \cdot R$



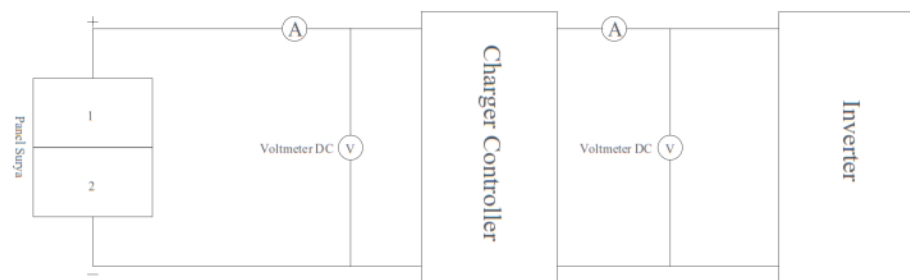
Gambar 3.3 Rangkaian Pengukuran Tegangan Panel Surya Dengan Beban 1 ohm

- d. Pengujian dan pengukuran panel surya yang di hubungkan dengan *Solar Charger Controller* yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan keluaran dari panel surya yang tidak konstan sesuai dengan catu daya yang diinginkan. *Solar Charger Controller* 12 volt nantinya akan dibebani dengan pompa DC selanjutnya mencari tegangan dan arus maksimal serta minimal pada saat cuaca cerah, mendung, dan berawan.



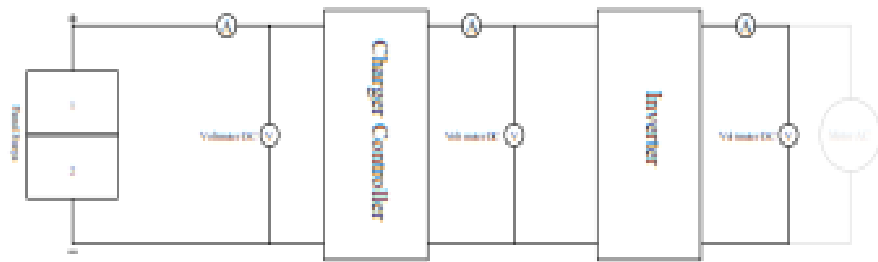
Gambar 3.4 Rangkaian Pengukuran Tegangan Panel Surya Dengan Beban Pompa DC 60 Watt.

- e. Pengujian dan pengukuran panel surya yang di hubungkan dengan *Solar Charger Controller* kemudian dibebani dengan inverter dimana pengukurannya dilakukan secara bersamaan. Output dari *Solar Charger Controller* akan menghasilkan tegangan yang sesuai dengan catu daya yaitu konstan 12 volt, yang akan menjadi input inverter 12 volt DC – 220 volt AC watt.



Gambar 3.5 Rangkaian Pengukuran Tegangan Panel Surya Dengan
Beban Pompa Inverter 12 Volt DC-220 Volt AC

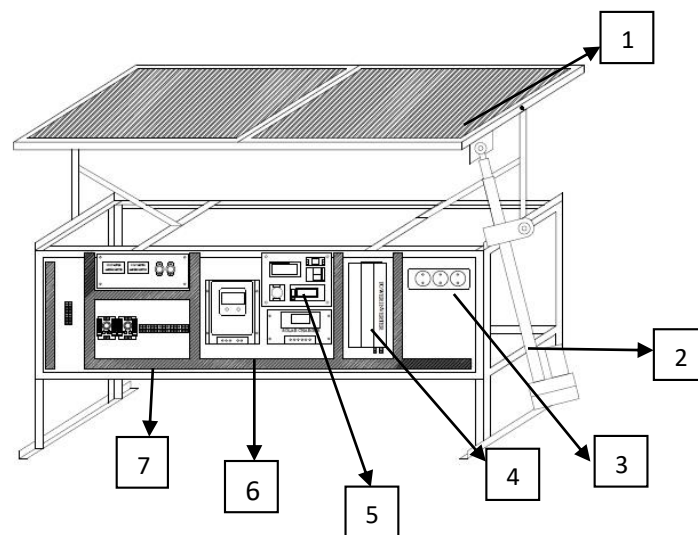
- f. Pengujian dan pengukuran panel surya yang di hubungkan dengan *Solar Charger Controller* kemudian dibebani dengan inverter dimana pengukurannya dilakukan secara bersamaan. Output dari *Solar Charger Controller* akan menghasilkan tegangan yang sesuai dengan catu daya yaitu konstan 12 volt, yang akan menjadi input inverter 12 volt DC – 220 volt AC watt. Kemudian output dari inverter akan dimanfaatkan untuk menggerakkan pompa berkapasitas 60 W, 220 volt AC.



Gambar 3.6 Rangkaian Pengukuran Tegangan Dan Arus Inverter 12 Volt DC-220 Volt AC Dengan Beban Motor AC 220 Volt, 60 Watt

g. Pada pengujian selanjutnya akan dilakukan perbandingan Kinerja Sistem Pengangkatan Air oleh pompa air DC dan pompa air AC dalam kondisi cuaca cerah, berawan, dan mendung.

Desain PLTS

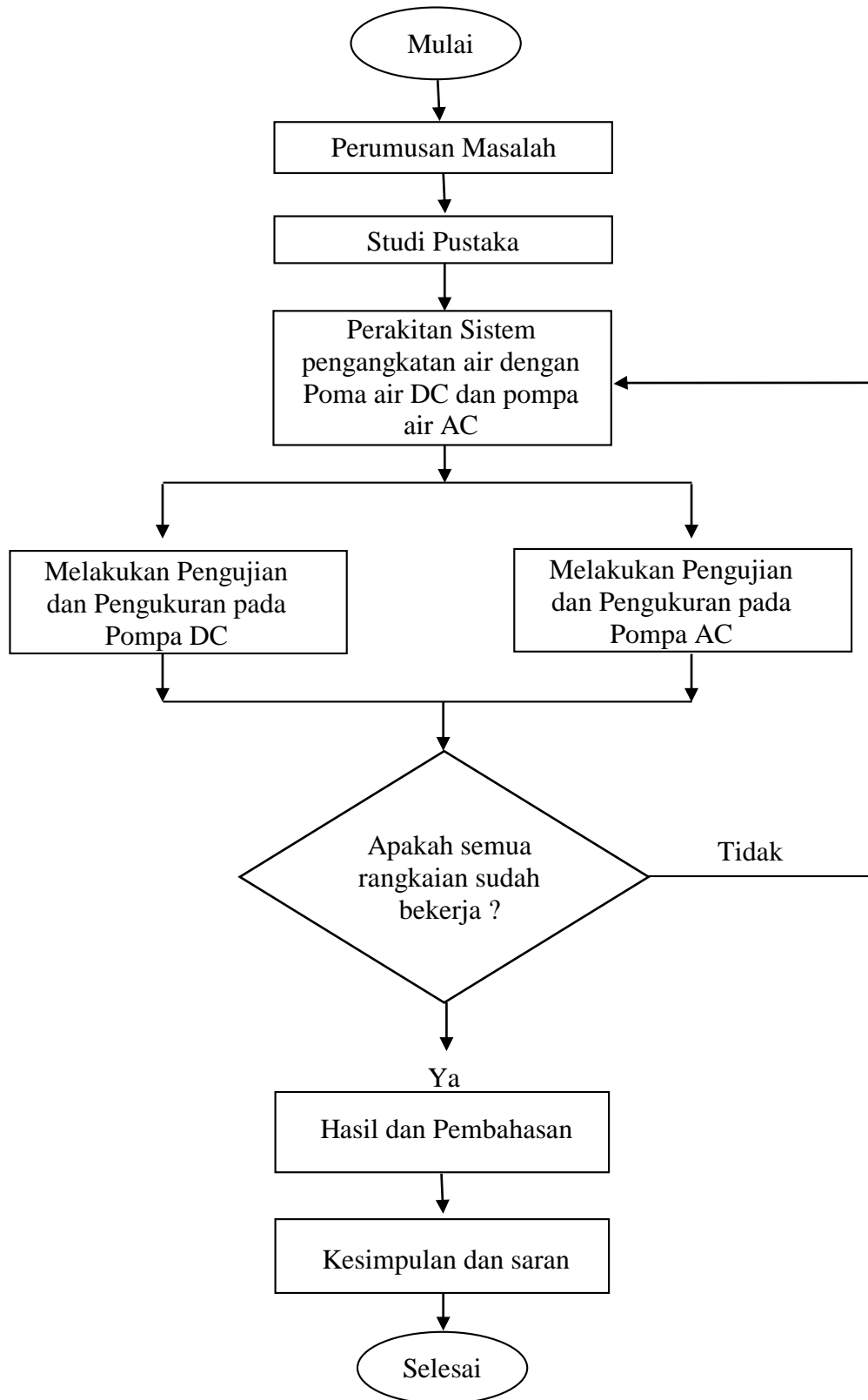


Gambar: 3.7. Desain PLTS

Keterangan Gambar

- | | |
|-------------------|---------------------------------------|
| 1. Panel Surya | 5. Mikrokontroller |
| 2. Actuator | 6. Solar Charger Controller |
| 3. Stop kontak | 7. <i>Cable Duct</i> atau Jalur kabel |
| 4. Power inverter | |

3.7 Diagram Alir



Gambar 3.8 Diagram alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian dan Perhitungan

Data dalam penelitian ini diperoleh dari pengujian panel surya berkapasitas 100 Wp dengan baterai 12 Ah pada PLTS sebagai media penyimpanan energi listrik dan inverter 500 watt sebagai pengubah sumber tegangan searah menjadi sumber tegangan bolak-balik. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja sistem pengangkat air yang digerakkan oleh motor DC dan motor AC dengan sumber daya pembangkit listrik tenaga surya. Penelitian dilakukan pada hari Jum'at, tanggal 23 Agustus 2019 di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara pada pukul 09.00 wib – 16.00 wib untuk mengambil data pengukuran saat perkiraan cuaca cerah, mendung, dan berawan.

3.1.1 Pengujian Panel Surya Tanpa Beban

Panel surya merupakan komponen yang sangat penting karena sebagai sumber pembangkit listrik yang akan mensuplay arus dan tegangan pada rancang bangun sistem pengangkatan air menggunakan motor AC dan DC dengan sumber listrik tenaga surya. Daya input yang kemudian menentukan daya listrik dari sel surya, semakin besar daya input yang diperoleh panel surya, listrik yang dihasilkan panel surya semakin besar. Daya listrik adalah besaran yang diturunkan dari tegangan dan arus, sehingga nilai tegangan dan arus yang di hasilkan merupakan nilai kelistrikan yang dimiliki panel surya. Pengujian tanpa beban ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tegangan yang dihasilkan oleh panel surya.

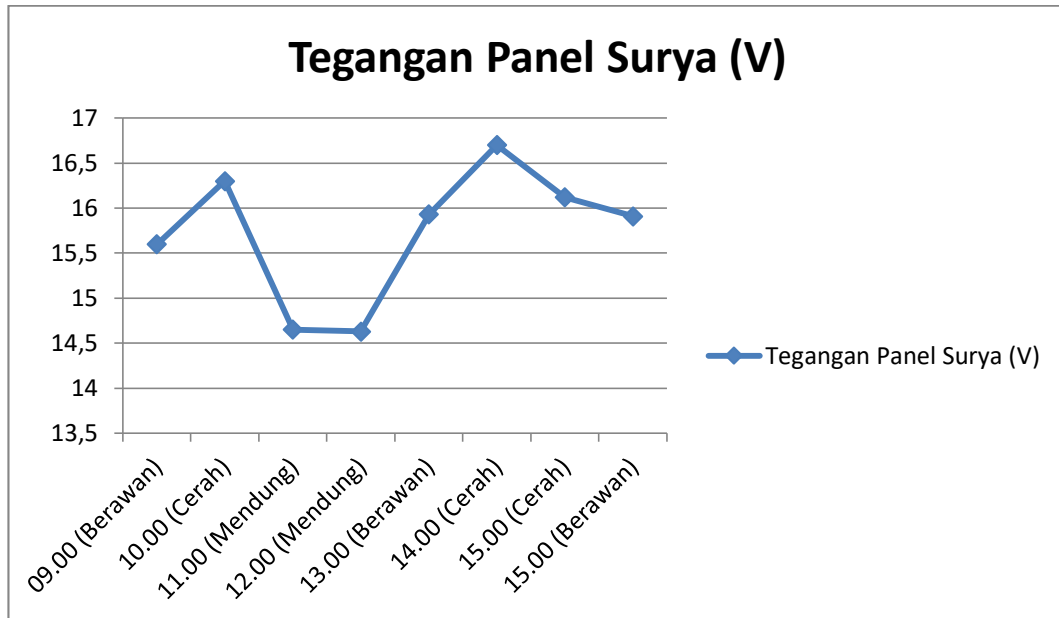
Hasil pengukuran tegangan yang diperoleh dari penelitian ini adalah seperti yang tertera pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Panel Surya tanpa beban

No	Pukul	Tegangan Panel Surya (V)	Kondisi Cuaca
1.	09.00	15,60	Berawan
2.	10.00	16,30	Cerah
3.	11.00	14,65	Mendung
4.	12.00	14,63	Mendung
5.	13.00	15,93	Berawan
6.	14.00	16,70	Cerah
7.	15.00	16,12	Cerah
8.	16.00	15,91	Berawan
Max			16,70 Volt
Min			14,63 Volt

Dari pengamatan pada tabel 4.1 dapat dilihat perubahan tegangan pada setiap waktu pengujian . Tegangan tertinggi dicapai sampai pada tegangan 16,70 volt pada pukul 14.00 WIB saat cuaca cerah, sedangkan tegangan terendah pada pukul 10.00 WIB dengan tegangan 14,63 volt saat cuaca mendung.

Berdasarkan data pengujian pada tabel 4.1 di peroleh grafik hubungan antara tegangan dan waktu seperti pada gambar 4.1.



Gambar: 4.1 Grafik hubungan tegangan terhadap waktu.

Pada gambar 4.1 menunjukkan perubahan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya pada setiap pengujian. Intensitas radiasi matahari dan posisi panel surya mempengaruhi besar dan kecilnya tegangan yang dihasilkan oleh panel surya pada setiap pengujian. Pada gambar 4.1 menunjukkan tegangan belum stabil yang di hasilkan oleh panel surya ditunjukkan dengan kurva pada gambar 4.1.

3.1.1.1 Perhitungan Tegangan Rata-rata Pada Panel Surya

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

$$Rata-rata = \frac{Jumlah\ nilai}{Banyak\ data\ Pengujian} \dots\dots\dots(2.8)$$

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

$$V_{rata-rata} = \frac{V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7 + V8}{8}$$

$$= \frac{15,60+16,30+14,65+14,63 +15,93+16,70+16,12+15,91}{8}$$

$$= 15,73 \text{ V}$$

3.1.2 Pengujian dan Pengukuran Panel Surya Dengan Beban 1 Ohm

Pengujian dan pengukuran panel surya dengan beban penuh dengan mencari tegangan dan arus maksimal serta minimal pada saat cuaca cerah, mendung, dan berawan. Untuk mengetahui daya dari panel surya dapat dicari dengan persamaan daya listrik yaitu : $P = V \cdot I \cdot R$

Hasil pengukuran tegangan yang di peroleh dari penelitian ini adalah seperti yang tertera pada tabel 4.2.

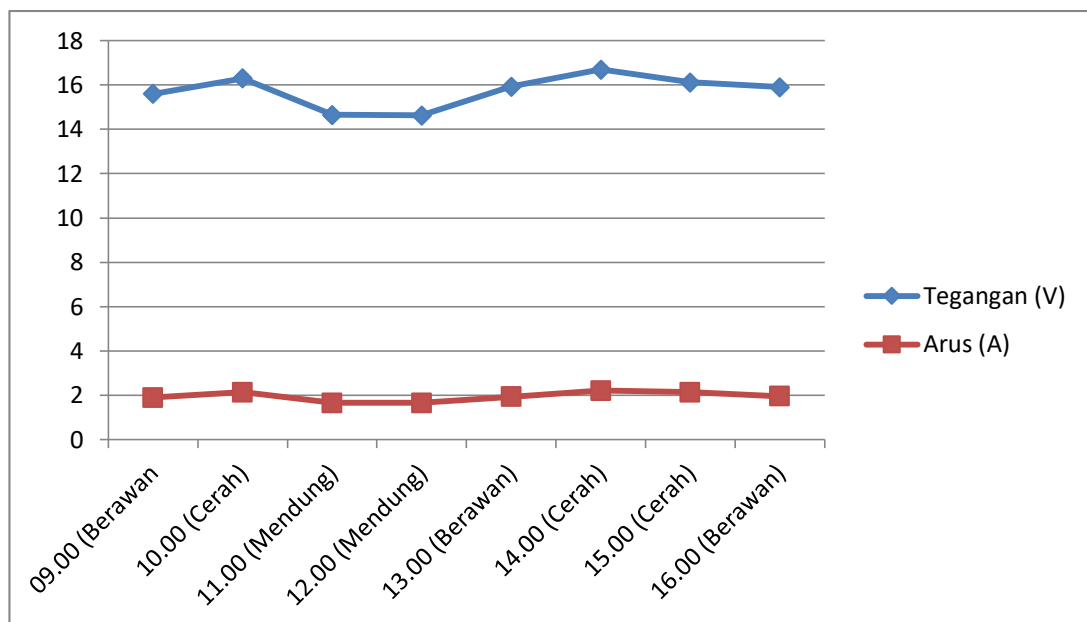
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Panel Surya Dengan Beban Penuh

No	Pukul	Tegangan Panel Surya (V)	Arus pada Panel Surya (I)	Kondisi Cuaca
1.	09.00	15,60	1,90	Berawan
2.	10.00	16,30	2,13	Cerah
3.	11.00	14,65	1,66	Mendung
4.	12.00	14,63	1,65	Mendung
5.	13.00	15,93	1,93	Berawan
6.	14.00	16,70	2,21	Cerah
7.	15.00	16,12	2,13	Cerah
8.	16.00	15,91	1,95	Berawan
Max		16,70 V	2,21 A	
Min		14,63 V	1,65 A	

Beban yang dipergunakan disini adalah beban 1 Ohm, agar memudahkan disaat mengalikan tegangan dan arus yang didapat. Hasil pengukuran keluaran dari

panel surya dengan beban 1 Ohm dapat ditemukan tegangan maksimum dari panel surya sebesar 16,70 volt pada pukul 14.00 dengan arus keluaran sebesar 2,21 ampere. Berdasarkan hasil pengukuran panel surya dengan beban 1 Ohm, panel surya dapat bekerja secara efektif dari pukul 08.00 sampai pukul 16.00.

Berdasarkan data pengujian pada tabel 4.2 di peroleh grafik hubungan antara tegangan, arus, dan waktu seperti pada gambar 4.2.



Gambar: 4.2 Grafik hubungan tegangan arus dan daya terhadap waktu.

Gambar 4.2 kurva grafik menunjukkan perbedaan tegangan dan arus yang dihasilkan pada setiap pengujian yang dilakukan. Hal ini disebabkan oleh intensitas radiasi matahari yang menyinari panel surya dan juga posisi sudut panel surya. Gambar 4.2 menunjukkan arus yang dihasilkan oleh panel surya tidak stabil pada setiap waktu pengujian yang dilakukan.

3.1.2.1 Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Panel Surya

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

$$Rata-rata = \frac{Jumlah\ nilai}{Banyak\ data\ Pengujian} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dari tabel 4.2 dapat dilakukan perhitungan tegangan, arus, dan daya rata-rata pada panel surya sebagai berikut:

A. Tegangan Rata-rata Pada Panel Surya

$$\begin{aligned} V_{rata-rata} &= \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8}{8} \\ &= \frac{15,60 + 16,30 + 14,65 + 14,63 + 15,93 + 16,70 + 16,12 + 15,91}{8} \\ &= 15,73 \text{ V} \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata Pada Panel Surya

$$\begin{aligned} I_{rata-rata} &= \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8}{8} \\ &= \frac{1,90 + 2,13 + 1,66 + 1,65 + 1,93 + 2,21 + 2,13 + 1,95}{8} \\ &= 1,98 \text{ A} \end{aligned}$$

C. Daya Pada Panel Surya

Sebelum menentukan daya rata-rata pada panel surya, terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 8 percobaan). Untuk mencari nilai daya dapat menggunakan persamaan (2.5) sebagai berikut :

$$P = V \cdot I \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

P = Daya (W)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (A)

1. Percobaan pertama telah didapati nilai tegangan pada panel surya sebesar 15,60 volt dengan arus sebesar 1,90 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \\ &= (15,60) \cdot (1,90) \\ &= 29,64 \text{ W} \end{aligned}$$

2. Percobaan kedua telah didapati nilai tegangan pada panel surya sebesar 16,30 volt dengan arus sebesar 2,13 ampere serta faktor daya listrik. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \\ &= (16,30) \cdot (2,13) \\ &= 34,719 \text{ W} \end{aligned}$$

3. Percobaan ketiga telah didapati nilai tegangan pada panel surya sebesar 14,65 volt dengan arus sebesar 1,66 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I \\ &= (14,65) \cdot (1,66) \\ &= 24,319 \text{ W} \end{aligned}$$

4. Percobaan ke-empat telah didapati nilai tegangan pada panel surya sebesar 14,63 volt dengan arus sebesar 1,65 ampere sebesar. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P4 &= V \cdot I \\ &= (14,63) \cdot (1,65) \\ &= 24,14 \text{ W} \end{aligned}$$

5. Percobaan kelima telah didapati nilai tegangan pada panel surya sebesar 15,93 volt dengan arus sebesar 1,93 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P5 &= V \cdot I \\ &= (15,93) \cdot (1,93) \\ &= 25 \text{ W} \end{aligned}$$

6. Percobaan keenam telah didapati nilai tegangan pada panel surya sebesar 16,70 volt dengan arus sebesar 2,21 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P6 &= V \cdot I \\ &= (16,70) \cdot (2,21) \\ &= 30,74 \text{ W} \end{aligned}$$

7. Percobaan ketujuh telah didapati nilai tegangan pada panel surya sebesar 16,12 volt dengan arus sebesar 2,21 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P7 &= V \cdot I \\ &= (16,12) \cdot (2,21) \\ &= 35,62 \text{ W} \end{aligned}$$

8. Percobaan kedelapan telah didapati nilai tegangan pada panel surya sebesar 15,91 volt dengan arus sebesar 1,95 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned}
 P_8 &= V \cdot I \\
 &= (15,91) \cdot (1,95) \\
 &= 31 \text{ W}
 \end{aligned}$$

D. Daya Rata-Rata Pada Panel Surya

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

$$\begin{aligned}
 \text{Prata-rata} &= \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8}{8} \\
 &= \frac{29,64 + 34,719 + 24,31 + 24,14 + 25 + 30,74 + 35,62 + 31}{8} \\
 &= 29,4 \text{ W}
 \end{aligned}$$

3.1.3 Pengujian dan Pengukuran *Solar Charger Controller* Dengan Beban Pompa DC

Solar charger controller merupakan komponen yang berfungsi untuk menstabilkan tegangan keluaran dari panel surya yang tidak konstan sesuai dengan catu daya yang diinginkan. Regulator nantinya akan dibebani dengan pompa DC. Diagram blok pengujian regulator volt dapat dilihat pada gambar berikut.

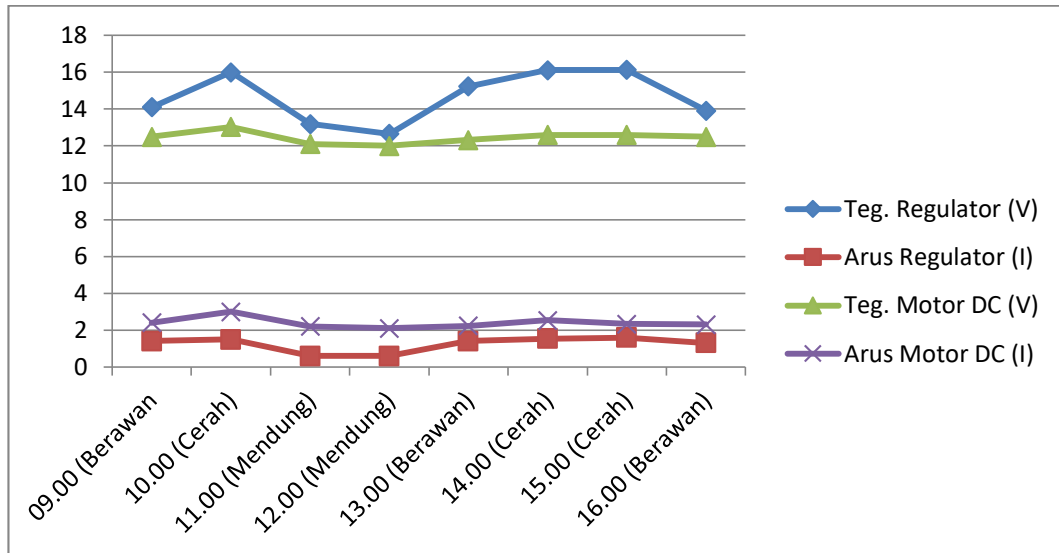
Hasil pengukuran tegangan dari *solar charger controller* dengan beban pompa DC dapat dilihat seperti yang tertera pada table 4.3.

Tabel 4.3. Hasil Pengujian *Solar Charger Controller* Dengan Beban Pompa DC.

No.	Pukul	Tegangan Solar Charger (V)	Arus Solar Charger (I)	Tegangan Motor DC (V)	Arus Motor DC (I)	Kondisi Cuaca
1.	09.00	14,10	1,40	12,50	2,40	Berawan
2.	10.00	16,00	1,50	13,03	3,00	Cerah
3.	11.00	13,20	0,60	12,10	2,20	Mendung
4.	12.00	12,65	0,60	12,01	2,10	Mendung
5.	13.00	15,23	1,40	12,33	2,23	Berawan
6.	14.00	16,12	1,53	12,60	2,53	Cerah
7.	15.00	16,13	1,60	12,60	2,34	Cerah
8.	16.00	13,91	1,30	12,50	2,31	Berawan
Max		16,13 V	1,60 A	13,03 v	3,00 A	
Min		12,65 V	0,60 A	12,01 v	2,10 A	

Hasil pengukuran dan perhitungan dari regulator tegangan dan arus pada regulator relatif stabil yaitu dengan nilai tegangan besar 16,13 Volt dengan nilai arus sebesar 1,60 ampere. Apabila terjadi perubahan keluaran tegangan dari regulator itu disebabkan karena adanya perubahan cuaca sehingga berpengaruh terhadap input dari regulator itu sendiri.

Berdasarkan data pengujian pada tabel 4.3 di peroleh grafik hubungan antara tegangan, arus, daya dan waktu seperti pada gambar 4.3.



Gambar: 4.3. Grafik hubungan tegangan, arus, dan daya terhadap waktu.

3.1.4 Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada *Solar Charger Controller*

A. Tegangan Rata-rata Pada *Solar Charger Controller*

$$\begin{aligned}
 V \text{ rata-rata} &= \frac{V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7 + V8}{8} \\
 &= \frac{14,10 + 16,00 + 13,20 + 12,65 + 15,23 + 16,12 + 16,13 + 13,91}{8} \\
 &= 15 \text{ V}
 \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata Pada *Solar Charger Controller*

$$\begin{aligned}
 I \text{ rata-rata} &= \frac{I1 + I2 + I3 + I4 + I5 + I6 + I7 + I8}{8} \\
 &= \frac{1,40 + 1,50 + 0,60 + 0,60 + 1,40 + 1,53 + 1,60 + 1,30}{8} \\
 &= 1,17 \text{ A}
 \end{aligned}$$

C. Daya Pada *Solar Charger Controller*

Sebelum menentukan daya rata-rata *Solar Charger Controller*, terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 8 percobaan). Untuk mencari nilai daya dapat menggunakan persamaan (2.9), kemudian dapat ditentukan :

1. Percobaan pertama telah didapati nilai tegangan pada *Solar Charger Controller* sebesar 14,1 volt dengan arus sebesar 1,90 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \\ &= (14,1) \cdot (1,4) \\ &= 19,74 \text{ W} \end{aligned}$$

2. Percobaan kedua telah didapati nilai tegangan pada *Solar Charger Controller* sebesar 16,30 volt dengan arus sebesar 2,13 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \\ &= (16,30) \cdot (2,13) \\ &= 34,79 \text{ W} \end{aligned}$$

3. Percobaan ketiga telah didapati nilai tegangan pada *Solar Charger Controller* sebesar 13,2 volt dengan arus sebesar 0,6 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I \\ &= (13,2) \cdot (0,6) \\ &= 7,92 \text{ W} \end{aligned}$$

4. Percobaan keempat telah didapati nilai tegangan pada *Solar Charger Controller* sebesar 12,65 volt dengan arus sebesar 0,6 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P4 &= V \cdot I \\ &= (12,65) \cdot (0,6) \\ &= 7,59 \text{ W} \end{aligned}$$

5. Percobaan kelima telah didapati nilai tegangan pada *Solar Charger Controller* sebesar 15,23 volt dengan arus sebesar 1,4 ampere serta. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P5 &= V \cdot I \\ &= (15,23) \cdot (1,4) \\ &= 21,32 \text{ W} \end{aligned}$$

6. Percobaan keenam telah didapati nilai tegangan pada *Solar Charger Controller* sebesar 16,12 volt dengan arus sebesar 1,53 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P6 &= V \cdot I \\ &= (16,12) \cdot (1,53) \\ &= 24,66 \text{ W} \end{aligned}$$

7. Percobaan ketujuh telah didapati nilai tegangan pada *Solar Charger Controller* sebesar 16,13 volt dengan arus sebesar 1,60 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P7 &= V \cdot I \\ &= (16,13) \cdot (1,60) \\ &= 25,8 \text{ W} \end{aligned}$$

8. Percobaan kedelapan telah didapati nilai tegangan pada *Solar Charger Controller* sebesar 13,91 volt dengan arus sebesar 1,30 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P_8 &= V \cdot I \\ &= (13,91) \cdot (1,30) \\ &= 18 \text{ W} \end{aligned}$$

D. Daya Rata-Rata Pada *Solar Charger Controller*.

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

$$\begin{aligned} \text{Prata-rata} &= \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8}{8} \\ &= \frac{19,74 + 34,79 + 7,92 + 7,59 + 21,32 + 24,66 + 25,78 + 18}{8} \\ &= 19,97 \text{ W} \end{aligned}$$

4.1.3.2 Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Motor DC

A. Tegangan Rata-rata Pada Motor DC

$$\begin{aligned} V \text{ rata-rata} &= \frac{V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8}{8} \\ &= \frac{12,50 + 13,03 + 12,10 + 12,01 + 12,33 + 12,60 + 12,60 + 12,50}{8} \\ &= 12 \text{ V} \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata Pada MotorDC

$$\begin{aligned} I \text{ rata-rata} &= \frac{I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8}{8} \\ &= \frac{2,40 + 3 + 2,2 + 2,1 + 2,23 + 2,53 + 2,34 + 2,31}{8} \end{aligned}$$

$$= 2,4 \text{ A}$$

C. Daya Pada Motor DC

Sebelum menentukan daya rata-rata motor DC, terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 8 percobaan). Untuk mencari nilai daya dapat menggunakan persamaan (2.9), kemudian dapat ditentukan :

1. Percobaan pertama telah didapati nilai tegangan pada motor DC sebesar 12,50 volt dengan arus sebesar 2,4 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \\ &= (12,50) \cdot (2,4) \\ &= 30 \text{ W} \end{aligned}$$

2. Percobaan kedua telah didapati nilai tegangan pada motor DC sebesar 13,03 volt dengan arus sebesar 3 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \\ &= (13,03) \cdot (3) \\ &= 39 \text{ W} \end{aligned}$$

3. Percobaan ketiga telah didapati nilai tegangan pada motor DC sebesar 12,10 volt dengan arus sebesar 2,20 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I \\ &= (12,10) \cdot (2,20) \\ &= 26,62 \text{ W} \end{aligned}$$

4. Percobaan keempat telah didapati nilai tegangan pada motor DC sebesar 12,01 volt dengan arus sebesar 2,10 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P4 &= V \cdot I \\ &= (12,01) \cdot (2,10) \\ &= 25,22 \text{ W} \end{aligned}$$

5. Percobaan kelima telah didapati nilai tegangan pada motor DC sebesar 12,01 volt dengan arus sebesar 2,10 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P5 &= V \cdot I \\ &= (12,01) \cdot (2,10) \\ &= 25,22 \text{ W} \end{aligned}$$

6. Percobaan keenam telah didapati nilai tegangan pada motor DC sebesar 12,60 volt dengan arus sebesar 2,53 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P6 &= V \cdot I \\ &= (12,60) \cdot (2,53) \\ &= 31,87 \text{ W} \end{aligned}$$

7. Percobaan ketujuh telah didapati nilai tegangan pada motor DC sebesar 12,60 volt dengan arus sebesar 2,34 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P7 &= V \cdot I \\ &= (12,60) \cdot (2,34) \\ &= 29,48 \text{ W} \end{aligned}$$

8. Percobaan kedelapan telah didapati nilai tegangan pada motor DC sebesar 12,50 volt dengan arus sebesar 2,31 ampere. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P_8 &= V \cdot I \\ &= (12,50) \cdot (2,31) \\ &= 28,87 \text{ W} \end{aligned}$$

D. Daya Rata-Rata Pada Motor DC

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

$$\begin{aligned} \text{Prata-rata} &= \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8}{8} \\ &= \frac{30 + 39 + 25,62 + 25,22 + 25,22 + 31,87 + 29,48 + 28,87}{8} \\ &= 29,53 \text{ W} \end{aligned}$$

4.1.3.3 Pengujian Lama Pengisian Air Ke Tandon Penampungan.

Dengan melakukan pengujian ini, Maka dapat diketahui lama pengisian air ketandon penampungan untuk memenuhi kebutuhan air harian. Berikut data hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat seperti yang tertera pada table 4.4.

Tabel 4.4. Pengujian Lama Pengisian air ke Tandon Menggunakan Ppomapa DC.

No.	Pukul	Pompa DC		Kondisi Cuaca
		Waktu	Debit Air	
1.	09.00	00.37.04 s	30 L	Berawan
2.	10.00	00.36.30 s	30 L	Cerah
3.	11.00	00.39.71 s	30 L	Mendung
4.	12.00	00.38.83 s	30 L	Mendung
5.	13.00	00.37.04 s	30 L	Berawan
6.	14.00	00.36.90 s	30 L	Cerah

7	15.00	00.36.80 s	30 L	Cerah
8.	16.00	00.37.13 s	30 L	Mendung
	Rata-rata	00.37.47 s		

- Kapasitas tandon air yang dipakai = 30 Liter
- Panjang pipa yang dipakai = 0,5 Meter
- Waktu rata-rata pengisian tangki = 37.47 detik = 0,62 Menit

Jadi, jumlah volume air yang mampu disalurkan oleh pompa air DC untuk memenuhi tangki penampungan adalah :

$$\begin{aligned} \frac{\text{Kapasitas tandon air}}{\text{waktu pengisian air}} &= \frac{30 \text{ Liter}}{0,62} \\ &= 48 \text{ L/menit} \\ &= 48 \text{ Liter} \times 60 \text{ menit} = 2.880 \text{ L/Jam} \\ &= 2.880 \text{ Liter} \times 8 \text{ jam} = 23.040 \text{ L/Hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan air yang diperlukan untuk memenuhi keperluan rumah tangga dalam sehari menurut SNI adalah sebesar 120 liter/orang. Didalam rumah Ceria Bahagia terdapat 7 orang anggota keluarga maka kebutuhan air yang diperlukan dalam sehari adalah 820 Liter/hari. Jadi waktu yang diperlukan oleh pompa air untuk mengisi penuh tangki pada penampungan air dalam sehari adalah :

$$\begin{aligned} \frac{\text{Jumlah kebutuhan air}}{\text{Jumlah air yang dihasilkan permenit}} &= \frac{820 \text{ Liter}}{48 \text{ L/ Menit}} \\ &= 17.08 \text{ Menit} \end{aligned}$$

Berdasarkan pengukuran dan perhitungan tegangan dan arus regulator yang dibebani dengan pompa DC ditentukan pompa DC dapat mengangkat air dari

pukul 09.00 – 16.00. Kebutuhan tegangan pompa untuk bekerja secara optimal adalah sebesar 12 volt dan arus sebesar 5 ampere sehingga total daya yang dibutuhkan pompa adalah sebesar 60 watt. Perhitungan debit air yang dapat diangkat oleh pompa DC dengan ketinggian pipa 0,5 meter sebanyak 30 liter/39 detik, jadi dalam waktu 1 jam pompa DC dapat mengangkat air sebanyak 2.880 liter. Karena pompa DC dapat bekerja secara maksimal selama 8 jam maka dalam sehari air yang bisa diangkat oleh pompa DC sebanyak 23.040 liter/hari.

3.1.5 Pengujian dan Pengukuran Inverter Dengan Beban Pompa AC

Pada pengujian ini, pengukuran tegangan dan arus dari regulator jika dibebani dengan inverter dimana pengukurannya dilakukan secara bersamaan. Output dari regulator akan menghasilkan tegangan yang akan menjadi input inverter 12 volt DC – 220 volt AC watt.

Hasil pengukuran tegangan *Solar Charger Controller* dengan beban inverter didapatkan tegangan maksimum yang dihasilkan yaitu 11,48 volt dan arus maksimum sebesar 11,05 ampere. Sedangkan untuk tegangan minimum yang dihasilkan senilai 11,39 volt dan arus minimum 0,52 ampere. Setelah dirata-rata pengukuran selama 8 jam, tegangan dan arus regulator 12 volt sangat konstan jika mendapat cahaya yang maksimum, jadi pengukuran dan perhitungan yang baik tergantung dari kondisi cuaca pada saat pengukuran dilakukan. Pada pompa AC, dalam penelitian ini memanfaatkan sebuah inverter 12 volt DC-220 volt AC, sesuai dengan fungsinya inverter berfungsi untuk merubah arus DC searah menjadi arus AC atau bolak-balik, karena keluaran yang dihasilkan regulator 12 volt masih berupa arus DC, sedangkan beban yang digunakan memanfaatkan arus AC untuk

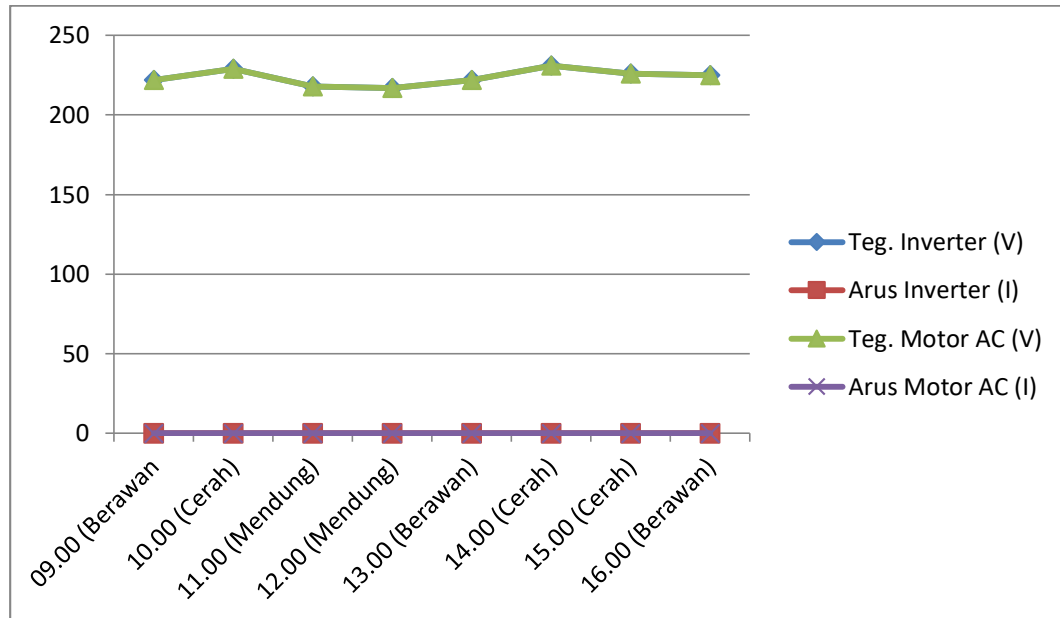
menggerakkan pompa AC 220, 60 watt. Untuk lebih jelasnya, dapat diperhatikan pada table 4.5

Tabel 4.5 Pengujian Inverter Dengan Beban Pompa AC.

No.	Pukul	Tegangan Inverter (V)	Arus Inverter (I)	Tegangan Motor AC (V)	Arus Motor AC (I)	Kondisi Cuaca
1.	09.00	222	0,30	222	0,30	Berawan
2.	10.00	229	0,33	229	0,33	Cerah
3.	11.00	218	0,20	218	0,20	Mendung
4.	12.00	217	0,22	217	0,22	Mendung
5.	13.00	222	0,30	222	0,30	Berawan
6.	14.00	231	0,34	231	0,34	Cerah
7.	15.00	226	0,33	226	0,33	Cerah
8.	16.00	225	0,31	225	0,31	Berawan
Max		231 V	0,34 A	231 V	0,34	
Min		217 V	0,20 A	217 V	0,20	

Ditemukan hasil pengukuran dari tegangan dan arus yang dilakukan selama 8 jam dengan kondisi cuaca yang berubah-ubah adalah tegangan maksimum pada inverter yang dibebani dengan pompa AC 220 volt, 60 watt adalah sebesar 231 volt dengan arus yang dihasilkan sebesar 0,34 amper dalam kondisi cuaca cerah, tegangan minimum didapat sebesar 217 volt AC dengan arus 0,20 dalam kondisi cuaca mendung.

Berdasarkan data pengujian pada tabel 4.5 di peroleh grafik hubungan antara tegangan, arus dan waktu seperti pada gambar 4.5.



Gambar: 4.3. Grafik hubungan tegangan, dan arus terhadap waktu.

3.1.6 Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Inverter

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

A. Tegangan Rata-rata Pada Inverter

$$\begin{aligned}
 V \text{ rata-rata} &= \frac{V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7 + V8}{8} \\
 &= \frac{222 + 229 + 218 + 217 + 222 + 231 + 226 + 225}{8} \\
 &= 223 \text{ V}
 \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata Pada Inverter

$$\begin{aligned}
 I \text{ rata-rata} &= \frac{I1 + I2 + I3 + I4 + I5 + I6 + I7 + I8}{8} \\
 &= \frac{0,30 + 0,33 + 0,20 + 0,22 + 0,30 + 0,34 + 0,33 + 0,31}{8} \\
 &= 0,29 \approx 0,3 \text{ A}
 \end{aligned}$$

C. Daya Pada Inverter

Sebelum menentukan daya rata-rata inverter terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 8 percobaan). Untuk mencari nilai daya dapat menggunakan persamaan (2.9), kemudian dapat ditentukan :

1. Percobaan pertama telah didapati nilai tegangan pada inverter sebesar 222 volt dengan arus sebesar 0,30 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (222) \cdot (0,30) \cdot (0,8) \\ &= 53,28 \text{ W} \end{aligned}$$

2. Percobaan kedua telah didapati nilai tegangan pada inverter sebesar 229 volt dengan arus sebesar 0,33 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (229) \cdot (0,33) \cdot (0,8) \\ &= 60,45 \text{ W} \end{aligned}$$

3. Percobaan ketiga telah didapati nilai tegangan pada inverter sebesar 218 volt dengan arus sebesar 0,20 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned}
 P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (218) \cdot (0,20) \cdot (0,8) \\
 &= 34,88 \text{ W}
 \end{aligned}$$

4. Percobaan keempat telah didapati nilai tegangan pada inverter sebesar 217 volt dengan arus sebesar 0,22 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned}
 P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (217) \cdot (0,22) \cdot (0,8) \\
 &= 38,19 \text{ W}
 \end{aligned}$$

5. Percobaan kelima telah didapati nilai tegangan pada inverter sebesar 217 volt dengan arus sebesar 0,22 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned}
 P5 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (217) \cdot (0,22) \cdot (0,8) \\
 &= 53,28 \text{ W}
 \end{aligned}$$

6. Percobaan keenam telah didapati nilai tegangan pada inverter sebesar 231 volt dengan arus sebesar 0,22 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned}
 P6 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (231) \cdot (0,22) \cdot (0,8) \\
 &= 62,83 \text{ W}
 \end{aligned}$$

7. Percobaan ketujuh telah didapati nilai tegangan pada inverter sebesar 226 volt dengan arus sebesar 0,22 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P7 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (226) \cdot (0,22) \cdot (0,8) \\ &= 59,66 \text{ W} \end{aligned}$$

8. Percobaan kedelapan telah didapati nilai tegangan pada inverter sebesar 226 volt dengan arus sebesar 0,22 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P8 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (226) \cdot (0,22) \cdot (0,8) \\ &= 55,8 \text{ W} \end{aligned}$$

D. Daya Rata-Rata Pada Inverter

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

$$\begin{aligned} \text{Prata-rata} &= \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8}{8} \\ &= \frac{53,28 + 60,45 + 34,88 + 38,19 + 53,28 + 62,83 + 59,66 + 55,8}{8} \\ &= 52,29 \text{ W} \end{aligned}$$

3.1.6.1 Perhitungan Tegangan, Arus Dan Daya Rata-Rata Pada Motor AC

A. Tegangan Rata-rata Pada Motor AC

$$\begin{aligned} V \text{ rata-rata} &= \frac{V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7 + V8}{8} \\ &= \frac{222+229+218+217 + 222+231+226+225}{8} \\ &= 223 \text{ V} \end{aligned}$$

B. Arus Rata-rata Pada Motor AC

$$\begin{aligned} I \text{ rata-rata} &= \frac{I1 + I2 + I3 + I4 + I5 + I6 + I7 + I8}{8} \\ &= \frac{0,30 + 0,33 + 0,20 + 0,22 + 0,30 + 0,34 + 0,33 + 0,31}{8} \\ &= 0,29 \approx 0,3 \text{ A} \end{aligned}$$

C. Daya Pada Motor AC

Sebelum menentukan daya rata-rata pada motor AC terlebih dahulu untuk menghitung daya tiap-tiap percobaan yang sudah dilakukan (sebanyak 8 percobaan). Untuk mencari nilai daya dapat menggunakan persamaan (2.9), kemudian dapat ditentukan :

1. Percobaan pertama telah didapati nilai tegangan pada Motor AC sebesar 222 volt dengan arus sebesar 0,30 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P1 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (222) \cdot (0,30) \cdot (0,8) \\ &= 53,28 \text{ W} \end{aligned}$$

2. Percobaan kedua telah didapati nilai tegangan pada Motor AC sebesar 229 volt dengan arus sebesar 0,33 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P2 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (229) \cdot (0,33) \cdot (0,8) \\ &= 60,45 \text{ W} \end{aligned}$$

3. Percobaan ketiga telah didapati nilai tegangan pada Motor AC sebesar 218 volt dengan arus sebesar 0,20 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P3 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (218) \cdot (0,20) \cdot (0,8) \\ &= 34,88 \text{ W} \end{aligned}$$

4. Percobaan keempat telah didapati nilai tegangan pada Motor AC sebesar 217 volt dengan arus sebesar 0,22 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P4 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (217) \cdot (0,22) \cdot (0,8) \\ &= 38,19 \text{ W} \end{aligned}$$

5. Percobaan kelima telah didapati nilai tegangan pada Motor AC sebesar 222 volt dengan arus sebesar 0,30 ampere serta faktor daya

listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P5 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (222) \cdot (0,30) \cdot (0,8) \\ &= 53,28 \text{ W} \end{aligned}$$

6. Percobaan keenam telah didapati nilai tegangan pada Motor AC sebesar 231 volt dengan arus sebesar 0,34 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P6 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (231) \cdot (0,34) \cdot (0,8) \\ &= 62,83 \text{ W} \end{aligned}$$

7. Percobaan ketujuh telah didapati nilai tegangan pada Motor AC sebesar 226 volt dengan arus sebesar 0,33 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} P7 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\ &= (226) \cdot (0,33) \cdot (0,8) \\ &= 59,66 \text{ W} \end{aligned}$$

8. Percobaan kedelapan telah didapati nilai tegangan pada Motor AC sebesar 225 volt dengan arus sebesar 0,31 ampere serta faktor daya listrik ($\cos \Theta$) sebesar 0,8. Maka untuk mencari nilai daya dapat ditentukan :

$$\begin{aligned}
 P_8 &= V \cdot I \cdot \cos \Theta \\
 &= (225) \cdot (0,31) \cdot (0,8) \\
 &= 55,8 \text{ W}
 \end{aligned}$$

D. Daya Rata-Rata Pada Motor AC

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

$$\begin{aligned}
 \text{Prata-rata} &= \frac{P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8}{8} \\
 &= \frac{53,28 + 60,45 + 34,88 + 38,19 + 53,28 + 62,83 + 59,66 + 55,8}{8} \\
 &= 52,29 \text{ W}
 \end{aligned}$$

4.1.3.3 Pengujian Lama Pengisian Air Ke Tandon Penampungan.

Dengan melakukan pengujian ini, Maka dapat diketahui lama pengisian air ketandon penampungan untuk memenuhi kebutuhan air harian. Berikut data hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat seperti yang tertera pada table 4.6.

Tabel 4.6. Pengujian Lama Pengisian air ke Tandon Menggunakan Pompa AC.

No.	Pukul	Pompa DC		Kondisi Cuaca
		Waktu	Debit Air	
1.	09.00	01.08.07 s	30 L	Berawan
2.	10.00	01.02.60 s	30 L	Cerah
3.	11.00	01.35.03 s	30 L	Mendung
4.	12.00	01.29.73 s	30 L	Mendung
5.	13.00	01.09.33 s	30 L	Berawan
6.	14.00	01.03.06 s	30 L	Cerah
7.	15.00	01.05.01 s	30 L	Cerah
8.	16.00	01.09.35 s	30 L	Mendung
	Rata-rata	01.12.77 s		

- Kapasitas tandon air yang dipakai = 30 Liter
- Panjang pipa yang dipakai = 0,5 Meter

- Waktu rata-rata pengisian tangki = 1,12 Menit

Jadi, jumlah volume air yang mampu disalurkan oleh pompa air DC untuk memenuhi tangki penampungan adalah :

$$\begin{aligned} \frac{\text{Kapasitas tandon air}}{\text{waktu pengisian air}} &= \frac{30 \text{ Liter}}{1,12 \text{ menit}} \\ &= 27 \text{ L/menit} \\ &= 27 \text{ Liter} \times 60 \text{ menit} = 1.620 \text{ L/Jam} \\ &= 1.620 \text{ Liter} \times 8 \text{ jam} = 12.960 \text{ L/Hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan air yang diperlukan untuk memenuhi keperluan rumah tangga dalam sehari menurut SNI adalah sebesar 120 liter/orang. Didalam rumah Ceria Bahagia terdapat 7 orang anggota keluarga maka kebutuhan air yang diperlukan dalam sehari adalah 820 Liter/hari. Jadi waktu yang diperlukan oleh pompa air untuk mengisi penuh tangki pada penampungan air dalam sehari adalah :

$$\begin{aligned} \frac{\text{Jumlah kebutuhan air}}{\text{Jumlah air yang dihasilkan permenit}} &= \frac{820 \text{ Liter}}{27 \text{ L/ Menit}} \\ &= 30.37 \text{ Menit} \end{aligned}$$

3.2 Pembahasan dan Perbandingan

3.2.1 Kinerja Sistem Pengangkat Air Yang Digerakkan Oleh Motor DC Dan AC

Hasil dari perbandingan sistem pengangkatan air menggunakan pompa DC dan AC dengan sumber energi listrik tenaga surya pada kondisi cuaca cerah untuk pompa DC telah dicoba untuk menaikkan air selama 1 jam/hari, yaitu pada pukul 14.00-15.00 dan menghasilkan debit air 847 liter/hari (14.15 liter/menit) dengan

total head 0,5 meter, untuk pompa AC menaikkan air selama 1 jam/hari, yaitu pada pukul 15.00-16.00 dan menghasilkan debit air 360 liter/hari (6 liter/menit) dengan total head 0,5 meter. Berikut data hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat seperti yang tertera pada table 4.7 dan tabel 4.8.

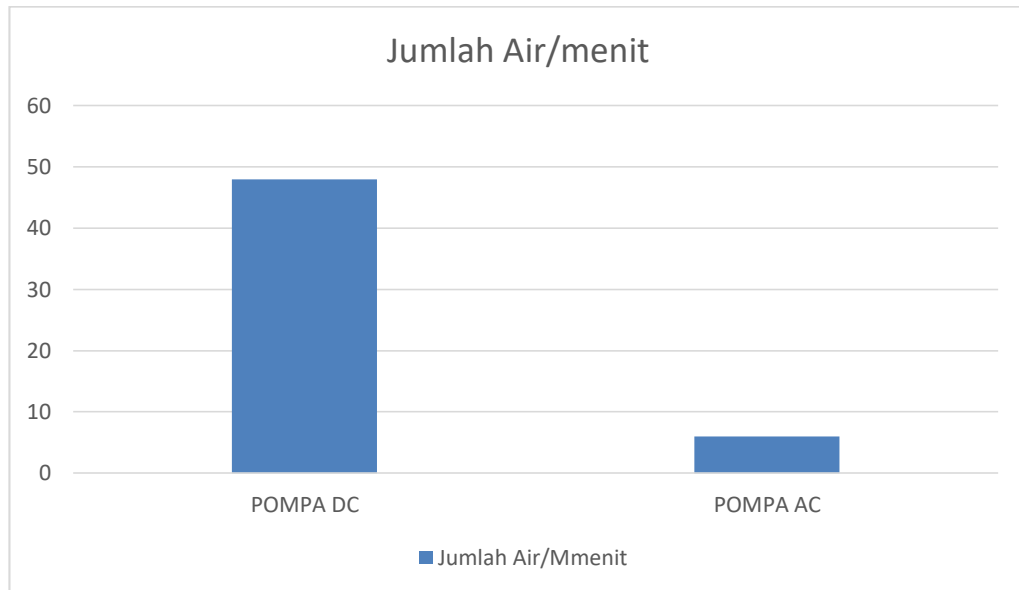
Tabel 4.7. Pengujian Pengisian air ke Tandon Menggunakan Pompa DC.

No.	Pukul	Kinerja Pompa DC Menghasilkan Air	Suhu
1.	14.10	142 liter	32°C
2.	14.20	145 liter	32°C
3.	14.30	139 liter	31°C
4.	14.40	142,5 liter	32°C
5.	14.50	139 liter	31°C
6.	14.58	140 liter	32°C

Tabel 4.8. Pengujian Pengisian air ke Tandon Menggunakan Pompa AC.

No.	Pukul	Kinerja Pompa AC Menghasilkan Air	Suhu
1.	15.10	58 liter	30°C
2.	15.20	60 liter	32°C
3.	15.30	61 liter	31°C
4.	15.40	63 liter	32°C
5.	15.50	64 liter	32°C
6.	16.00	62 liter	32°C

Hasil perbandingan pengangkatan air oleh pompa DC dan AC dapat di tunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Perbandingan pengangkatan air oleh pompa DC dan AC.

3.2.2 Efisiensi Sistem Pompa Air DC dan AC

Selanjutnya dapat diketahui efisiensi dari pompa DC dan AC dengan hasil pengukuran di atas pada penelitian perbandingan penggunaan motor AC dengan motor DC dapat dilihat seperti yang tertera pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Nilai efisiensi yang diperoleh Pompa DC dan AC.

No.	Pukul	Jenis Pompa	Hasil Pengujian		Nilai Efisiensi
			Pout	Pin	
1.	09.00	DC	30	60	50 %
		AC	53	60	88,34 %
2.	10.00	DC	39	60	65 %
		AC	60,45	60	100,75
3.	11.00	DC	26,62	60	44,36%
		AC	34,18	60	56,97 %
4.	12.00	DC	25,22	60	44,36 %
		AC	38,19	60	63,65 %
5.	13.00	DC	25,22	60	49 %
		AC	53,28	60	88,8 %
6.	14.00	DC	31,87	60	53,11 %

		AC	62,83	60	104,71 %
7.	15.00	DC	29,48	60	49 %
		AC	59,66	60	99,44 %
8.	16.00	DC	28,87	60	48 %
		AC	55,8	60	93 %

3.2.3 Perhitungan Efisiensi Sistem Pompa Air DC

Berdasarkan data yang tertera pada tabel 4.3, maka dapat ditentukan efisiensi dari Pompa air DC yang disuplai oleh sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya sesuai persamaan 2.9 sebagai berikut :

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

Dengan :

η = Efisiensi

P out = Daya listrik keluaran (Output)

P in = Daya listrik masukan (Input)

1. Percobaan pertama telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor DC sebesar 30 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{30}{60} \times 100\% = 50\%$$

2. Percobaan kedua telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor DC sebesar 39 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{39}{60} \times 100\% = 65\%$$

3. Percobaan ketiga telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor DC sebesar 26,62 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{26,62}{60} \times 100\% = 44,36\%$$

4. Percobaan keempat telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor DC sebesar 25,22 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{25,22}{60} \times 100\% = 44,36\%$$

5. Percobaan kelima telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor DC sebesar 29,48 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{29,48}{60} \times 100\% = 49\%$$

6. Percobaan keenam telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor DC sebesar 31,87 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{31,87}{60} \times 100\% = 53,11\%$$

7. Percobaan ketujuh telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor DC sebesar 29,48 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{29,48}{60} \times 100\% = 49\%$$

8. Percobaan delapan telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor DC sebesar 28,87 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{28,87}{60} \times 100\% = 48\%$$

3.2.4 Perhitungan Efisiensi Sistem Pompa Air AC

Berdasarkan data yang tertera pada tabel 4.5, maka dapat ditentukan efisiensi dari Pompa air AC yang disuplai oleh PLTS sesuai dengan persamaan 2.9 :

1. Percobaan pertama telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor AC sebesar 53,28 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan:

$$\eta = \frac{53,28}{60} \times 100\% = 88,34 \%$$

2. Percobaan kedua telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor AC sebesar 60,45 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{60,45}{60} \times 100\% = 100,75 \%$$

3. Percobaan ketiga telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor AC sebesar 34,18 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{34,18}{60} \times 100\% = 56,97\%$$

4. Percobaan keempat telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor AC sebesar 38,19 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{38,19}{60} \times 100\% = 63,65\%$$

5. Percobaan kelima telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor AC sebesar 53,28 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{53,28}{60} \times 100\% = 88,8\%$$

6. Percobaan keenam telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor AC sebesar 62,83 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{62,83}{60} \times 100\% = 104,71\%$$

7. Percobaan ketujuh telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor AC sebesar 59,66 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{59,66}{60} \times 100\% = 99,44\%$$

8. Percobaan kedelapan telah didapati nilai daya listrik keluaran pada motor AC sebesar 55,8 watt dengan nilai daya listrik masukan sebesar 60 watt. Maka untuk mencari nilai efisiensi dapat ditentukan :

$$\eta = \frac{55,8}{60} \times 100\% = 93\%$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada pompa DC tegangan maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 13,3 Volt dan arus sebesar 3 Ampere, dengan daya output 31 Watt pada kondisi cuaca cerah sedangkan tegangan minimal didapati sebesar 17 Volt, arus sebesar 12,01 Volt dengan Daya output motor sebesar 17 Watt pada saat cuaca mendung, kemudian pada pompa AC tegangan maksimal yang dihasilkan adalah sebesar 231 Volt dan arus sebesar 0,34 Ampere, dengan daya output 62,83 Watt pada kondisi cuaca cerah sedangkan tegangan minimal didapati sebesar 217 Volt, arus sebesar 0,20 Volt dengan Daya output motor sebesar 34,18 Watt pada saat cuaca mendung. Dengan sistem pengangkatan air tenaga surya, pompa dapat menaikkan air selama delapan jam/hari. Dengan demikian dalam sehari pompa DC 12 Volt ; 60 Watt, dapat menghasilkan 23.040 liter/hari sedangkan Pompa AC 220 Volt ; 60 Watt, dapat menghasilkan 12.960 liter/hari.
2. Dengan melihat dari kemampuan mengangkat air untuk ketinggian tertentu dan banyak debit air yang dihasilkan ditinjau dari kondisi cuaca, kinerja sistem pengangkatan air dengan pompa DC menghasilkan debit air lebih besar 43,75% dengan ketinggian 0,5

meter dibandingkan dengan sistem pengangkatan air dengan pompa AC, namun jika dibandingkan dengan efisiensi pengangkatan air dengan sistem PLTS dari hasil penelitian diatas maka pompa AC lebih efisien untuk digunakan dengan nilai efisiensi sebesar 86,96 % untuk pompa AC sedangkan 50,35 % untuk pompa DC.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka di peroleh saran sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat melakukan memperpanjang waktu penelitian guna mengetahui tingkat efektifitas dan efisiensi daya yang diperoleh sesuai dengan kondisi cuaca dan penyinaran matahari.
2. Untuk pompa DC jika ingin menambah nilai efisiensi maka penelitian selanjutnya dapat menggunakan sumber tegangan panel surya yang lebih besar penyerapan sinar matahari dan menambah kapasitas baterai yang lebih besar penyimpanannya.
3. Penelitian tentang panel surya lebih dikembangkan lagi sehingga mampu mengurangi penggunaan pembangkit listrik fosil dan bisa menjadi energi alternatif.
4. Memanfaatkan secara maksimal energi melimpah dari panas matahari untuk berbagai kebutuhan manusia yang tidak terjangkau suplay PLN terkhusus pada penggunaan pengangkatan air yang umumnya selalu menggunakan motor listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Dasilas, A. (2011). Ex-Dividend Day Stock Price Anomaly: Evidence from Greece. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.981863>
- Effendi, A., & Raynaldi, F. (2018). *Analisa Perhitungan Pompanisasi Irigasi Dengan Menggunakan Tenaga Panel Surya Di Daerah Koto Baru Simalanggang Payakumbuh*. 7(2), 128–132.
- Electronic Thesis and Dissertation Unsyiah*. (2014). 2, 2014.
- Gede, C., Partha, I., Wijaya, I. W. A., & Setiawan, I. N. (2014). Rancang Bangun Sistem Pengangkatan Air Menggunakan Motor AC dengan Sumber Listrik Tenaga Surya. *Teknik Elektro*.
- Hani, S. (2015). *Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell*. 7(2), 157–163.
- Hutagalung, S. N., Panjaitan, M., & Pendahuluan, I. (2017). *PROTOTYPE RANGKAIAN INVERTER DC KE AC 900 WATT*. 16, 278–280.
- Iqtimal, Z., & Devi, I. (2018). *Aplikasi Sistem Tenaga Surya Sebagai Sumber Tenaga Listrik Pompa Air*. 3(1), 1–8.
- Kurnifan Adhi Prasetyo, Nurhening Yuniarti, E. P. (2018). Pengembangan Alat Control Charging Panel Surya Menggunakan Arduino Nano Untuk Sepeda Listrik Niaga. *Jurnal Edukasi Elektro*, 2(1), 50–58.
- Nurharsanto, S., & Prayitno, A. (n.d.). *SUN TRACKING OTOMATIS UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS)*. 1–6.
- Pahlevi, R. (2014). *PENGUJIAN KARAKTERISTIK PANEL SURYA BERDASARKAN INTENSITAS TENAGA SURYA*.
- Programme, U. N. E. (2004). *Peralatan Energi Listrik: Motor Listrik*. 1–26.
- Saputra, C. (2019). *PERANCANGAN PLTS DENGAN SISTEM REAL TIME BERBASIS MIKROKONTROLER ATmega32*.
- Sembodo, B. P., & Rochman, S. (n.d.). *STUDI PERENCANAAN PROTEKSI MOTOR LISTRIK 3 FASA*.
- Sigalingging, R. (2018). *Pemanfaatan Tenaga Surya Sebagai Penggerak Pompa Air DC pada Tanaman Hidroponik*.
- Teja, A., Tjok, A., & Wijaya, I. W. A. (2013). *Perbandingan Penggunaan Motor DC Dengan AC Sebagai Penggerak Pompa Air Yang Disuplai Oleh Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)*. (November), 14–15.
- Widayana, G. (2012). PEMANFAATAN ENERGI SURYA. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 9(1), 37–46.

<https://doi.org/10.23887/jptk.v9i1.2876>

Yana, K. L., Dantes, K. R., & Wigraha, N. A. (2017). Rancang Bangun Mesin Pompa Air Dengan Sistem Recharging. *Jurnal Jurusan Pendidikan Teknik Mesin*, 8, 10.

LAMPIRAN





PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : GUNTUR AMANDA
NPM : 1507220116
Judul Tugas Akhir : Perbandingan Penggunaan Motor DC dengan Motor AC
Sebagai Penggerak Pompa Air Yang Disuplai Oleh Sistem
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) *100wp*

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	21 Maret 2019	Perbaiki / Revisi Bab I dan Bab II	
2.	05 Juli 2019	Jarak space antar paragraf terlalu jauh, Persamaan penulisan	
3.	30 Juli 2019	Perbaiki BAB II dan BAB III	
4.	22 Aug 2019	Revisi Bab II	
5.	23 Aug 2019	Revisi Bab IV, Perbaiki Daftar Pustaka.	
6.	25 Aug 2019	Perbaiki Penulisan pada Bab II & III	
7.	29 Aug 2019	Revisi Bab IV Pada Perhitungan Efisiensi	
		-Perbaiki penulisan Abstrak. -Peringkat pada Kesimpulan.	
8.	02 sept 2019	All seminar 2/9 2019	

Pembimbing I

RIMBAWATI, S.T., M.T



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK**

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : GUNTUR AMANDA
NPM : 1507220116
Judul Tugas Akhir : Perbandingan Penggunaan Motor DC dengan Motor AC
Sebagai Penggerak Pompa Air Yang Disuplai Oleh Sistem
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	28/6/2019	perbaikan pada Rumus masalah	f
2.	31/6/2019	lebih banyak bab jember sebagai Ref rasi	f
3.	2/7/2019	perbaiki Bab II transpasi	f
4.	15/7/2019	layat sub bab III ke 1	f
5.	26/7/2019	perbaiki neto per	f
6.	0/8/2019	Ubayi floo cat dan gambar	f
7.	10/8/2019	perbaiki 4. hasil pada	f
8.	21/8/2019	layat data pada dan transpasi	f
9.	2/9/2019	ACC Seminar	f

Pembimbing II

PARTAONAN HARAHAP, S.T, M.T