

RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN SAVONIUS  
BERTINGKAT PENGGERAK POMPA TORAK TERKONEKSI  
TENAGA SURYA UNTUK MENGERAKKAN  
POMPA *SUBMERSIBLE* BERBASIS MIKROKONTROLER



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Teknik Konversi Energi  
Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

DESTIANA SARI 34219027  
EDWIN 34219028

PROGRAM STUDI D-3 TEKNIK KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG  
MAKASSAR  
2022

## HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir dengan judul "Rancang Bangun Turbin Angin Savonius Bertingkat Penggerak Pompa Torak Terkoneksi Tenaga Surya untuk Menggerakkan Pompa *Submersible* Berbasis Mikrokontroler" oleh Destiana Sari NIM 34219027 dan Edwin NIM 34219028 dinyatakan telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 22 September 2022

Pembimbing I

Pembimbing II



Prof.A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.  
NIP.19780804 200112 1 001



Musrady Mulyadi, S.ST., M.T  
NIP. 19720201 200112 1 002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D.  
NIP. 19741106 200212 1 002

## HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, tanggal 5 Februari 2023, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima dengan baik laporan tugas akhir oleh mahasiswa Destiana Sari NIM 34219027 dan Edwin NIM 34219028 dengan judul “ **Rancang Bangun Turbin Angin Savonius Bertingkat Penggerak Pompa Torak Terkoneksi Tenaga Surya untuk Menggerakkan Pompa *Submersible* Berbasis Mikrokontroler** ”

Makassar, 5 Februari 2023

Tim Penguji Seminar Hasil Tugas Akhir:

- |  |             |   |
|--|-------------|---|
| 1. Sri Suwasti, S.S.T.,M.T.                        | Ketua       | (  )  |
| 2. Sukma Abadi, S.T.,M.T.                          | Sekretaris  | (  ) |
| 3. Abd. Rahman, S.T.,M.T.                          | Anggota I   | (  ) |
| 4. Apollo, S.T., M.Eng.                            | Anggota II  | (  ) |
| 5. Prof.A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. | Pengarah I  | (  ) |
| 6. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.                    | Pengarah II | (  ) |

## KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh.

Puji syukur senantiasa kita panjatkan kepada Allah SWT. Atas limpahan rahmat, ridha dan karunia-Nya Laporan Tugas Akhir yang berjudul “ **Rancang Bangun Turbin Angin Savonius Bertingkat Penggerak Pompa Torak Terkoneksi Tenaga Surya untuk Menggerakkan Pompa *Submersible* Berbasis Mikrokontroler** “ dapat terselesaikan sebagaimana mestinya. Shalawat serta salam tidak lupa dihaturkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Selama penulisan Laporan Tugas Akhir ini, banyak hal yang penulis alami baik suka maupun duka. Maka pada kesempatan kali ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak atas bimbingan, perhatian dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis, antara lain:

1. Kedua Orang Tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan dan do'anya.
2. Bapak Prof. Ir.Muhammad Ansar, M.Si.,Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
4. Ibu Sri Suwasti, S.ST.,M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Konversi Energi.
5. Bapak Prof.A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pengarah Utama dan Bapak Musrady Mulyadi, S.ST., M.T. selaku Dosen Pengarah Pembimbing.

6. Gusri Emiyati Ali, S.Pd.,M.Pd. selaku Wali Kelas 3B D-3 Teknik Konversi Energi.
7. Segenap dosen Jurusan Teknik Mesin pada umumnya dan Program Studi Teknik Konversi Energi pada khususnya yang selama kurun waktu 3 tahun dengan ikhlas dan penuh kerelaan hati telah mendidik dan mengajar kami, serta para staf dan teknisi Program Studi Teknik Konversi Energi.
8. Seluruh teman-teman seperjuangan D-3 Teknik Konversi Energi untuk kerjasama yang telah dilakukan dalam melewati proses pembelajaran selama tiga tahun di Politeknik Negeri Ujung Pandang.
9. Ucapan terima kasih dan penghargaan juga disampaikan kepada keluarga besar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini demi perbaikan pada masa mendatang. Semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi pembacanya.

Wassalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokaatuh.

Makassar, 22 September 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN PENGESAHAN.....                           | i    |
| HALAMAN PENERIMAAN .....                          | ii   |
| KATA PENGANTAR .....                              | iii  |
| DAFTAR ISI .....                                  | v    |
| DAFTAR TABEL .....                                | viii |
| DAFTAR GAMBAR.....                                | ix   |
| DAFTAR SIMBOL .....                               | xi   |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                              | xii  |
| SURAT PERNYATAAN.....                             | xiii |
| RINGKASAN.....                                    | xv   |
| BAB I PENDAHULUAN .....                           | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                           | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                         | 3    |
| 1.3 Ruang Lingkup Kegiatan.....                   | 3    |
| 1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan.....              | 4    |
| 1.4.1 Tujuan Kegiatan .....                       | 4    |
| 1.4.2 Manfaat Kegiatan .....                      | 4    |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                     | 6    |
| 2.1 Energi Angin.....                             | 6    |
| 2.1.1 Turbin Angin .....                          | 7    |
| 2.2 Energi Surya.....                             | 10   |
| 2.2.1 Panel Surya.....                            | 11   |
| 2.2.2 <i>Solar Charger Controller (SCC)</i> ..... | 16   |
| 2.3 Akumulator (Aki).....                         | 17   |
| 2.3.1 Pengertian Akumulator (Aki).....            | 17   |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.3.2 Aki Kering 12 Volt .....                        | 18        |
| 2.4 Pompa Listrik 12V DC .....                        | 19        |
| 2.5 Pompa torak .....                                 | 20        |
| 2.6 Mikrokontroler .....                              | 23        |
| 2.7 Arduino Mega 2560.....                            | 23        |
| 2.8 Sensor Flow Meter .....                           | 24        |
| 2.9 LCD (Liquid Crystal Display) .....                | 25        |
| 2.10 Sensor Ultrasonik .....                          | 26        |
| 2.11 Motor Servo .....                                | 28        |
| <b>BAB III METODE KEGIATAN .....</b>                  | <b>30</b> |
| 3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan .....                   | 30        |
| 3.2 Alat dan Bahan .....                              | 30        |
| 3.2.1 Alat .....                                      | 30        |
| 3.2.2 Bahan .....                                     | 31        |
| 3.3 Prosedur Penelitian.....                          | 31        |
| 3.3.1 Studi Literatur.....                            | 31        |
| 3.3.2 Tahap Perancangan.....                          | 31        |
| 3.3.3 Perancangan .....                               | 37        |
| 3.3.4 Tahap Pembuatan dan Perakitan .....             | 38        |
| 3.4 Pengujian Alat.....                               | 38        |
| 3.4.1 Diagram Alir .....                              | 40        |
| 3.5 Blok Diagram Pemrograman .....                    | 41        |
| 3.6 Skematik Rangkaian Kontrol .....                  | 41        |
| 3.7 Rangkaian PLTS .....                              | 42        |
| 3.8 Turbin Angin Savonius Penggerak Pompa Torak.....  | 43        |
| 3.9 Teknik Analisa Data .....                         | 44        |
| <b>BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN .....</b>      | <b>46</b> |
| 4.1 Perancangan Turbin Angin Savonius Bertingkat..... | 46        |
| 4.2 Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya ..... | 47        |
| 4.3 Perancangan Sistem Kontrol.....                   | 48        |

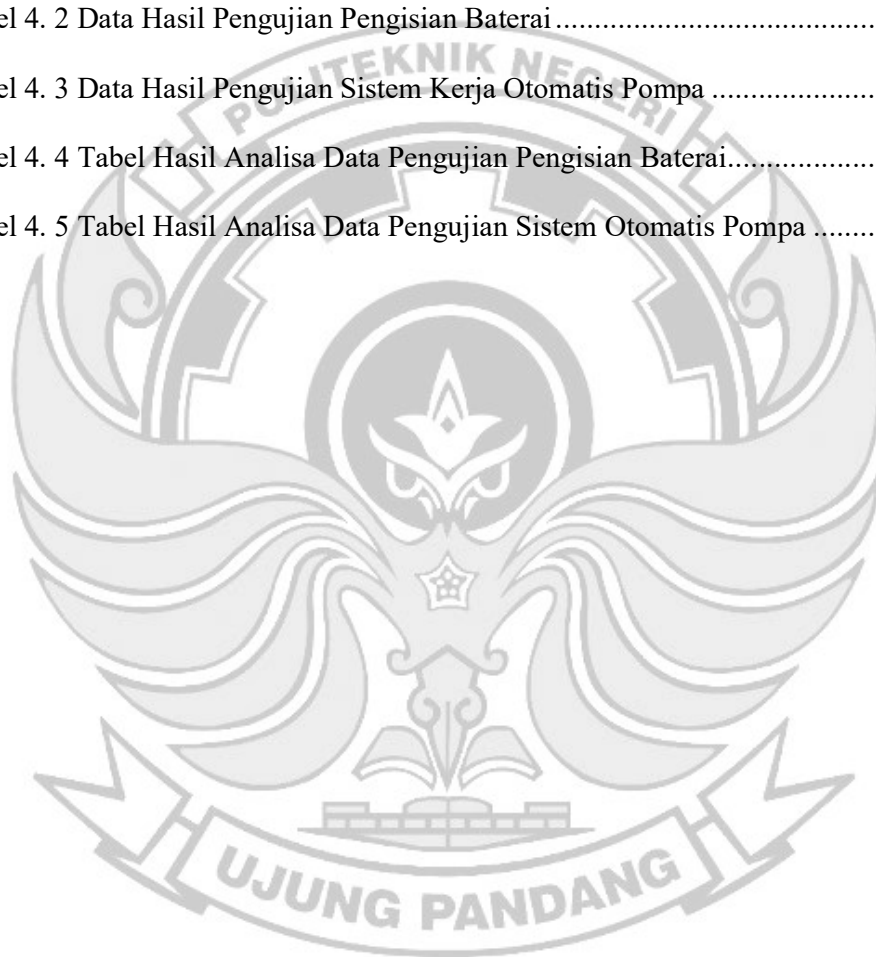
|  |    |
|--|----|
| 4.4 Prinsip Kerja Alat.....                                  | 51 |
| 4.5 Proses Pengambilan Data .....                            | 52 |
| 4.5.1 Pengujian PLTS Berbeban.....                           | 52 |
| 4.5.2 Pengujian Pengisian Baterai.....                       | 55 |
| 4.5.3 Pengujian Sistem Kerja Otomatis Pompa.....             | 57 |
| 4.6 Analisa Data.....  | 60 |
| 4.6.1 Menghitung Daya Input Panel Surya, $P_{in}$ .....      | 60 |
| 4.6.2 Menghitung Daya Output Panel Surya, $P_{out}$ .....    | 60 |
| 4.6.3 Menghitung Efisiensi Panel Surya, $\eta_{panel}$ ..... | 60 |
| 4.6.4 Menghitung Efisiensi Sistem, $\eta_{sistem}$ .....     | 61 |
| 4.6.5 Menghitung Daya Input Angin, $P_{in-angin}$ .....      | 61 |
| 4.7 Grafik dan Pembahasan.....                               | 65 |
| BAB V PENUTUP .....  | 70 |
| 5.1 Kesimpulan .....   | 70 |
| 5.2 Saran.....   | 71 |
| DAFTAR PUSTAKA.....  | 72 |
| LAMPIRAN.....  | 74 |





## DAFTAR TABEL

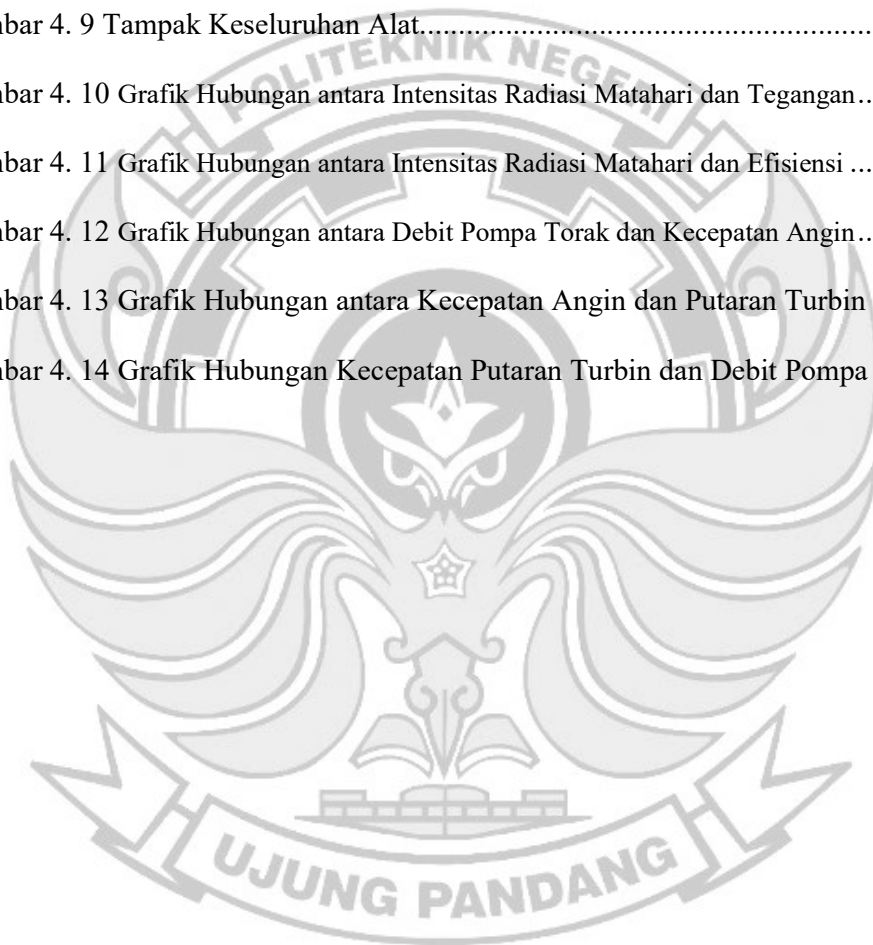
|   |    |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Spesifikasi Panel Surya 150 WP.....                            | 14 |
| Tabel 2. 2 Spesifikasi LCD 16x2.....                                      | 25 |
| Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian PLTS Berbeban .....                       | 52 |
| Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Pengisian Baterai.....                    | 55 |
| Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Sistem Kerja Otomatis Pompa .....         | 57 |
| Tabel 4. 4 Tabel Hasil Analisa Data Pengujian Pengisian Baterai.....      | 62 |
| Tabel 4. 5 Tabel Hasil Analisa Data Pengujian Sistem Otomatis Pompa ..... | 63 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius.....                      | 9  |
| Gambar 2. 2 Pemanfaatan Energi Matahari sebagai Energi Listrik .....            | 11 |
| Gambar 2. 3 Panel Surya 150 WP .....  | 15 |
| Gambar 2. 4 <i>Solar Charger Controller</i> .....                               | 17 |
| Gambar 2. 5 Baterai Aki 12 V DC.....  | 18 |
| Gambar 2. 6 Pompa torak.....  | 20 |
| Gambar 2. 7 Komponen Pompa Torak.....   | 22 |
| Gambar 2. 8 Arduino Mega.....   | 24 |
| Gambar 2. 9 Fisik dan Skematik <i>Water Flow Sensor</i> .....                   | 25 |
| Gambar 2. 10 LCD (Liquid Crystal Display) 16x2.....                             | 26 |
| Gambar 2. 11 Sensor Ultrasonik.....   | 28 |
| Gambar 2. 12 Motor Servo.....   | 29 |
| Gambar 3. 1 <i>Design</i> Turbin Angin Savonius Bertingkat Penggerak Pompa..... | 35 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir Proses Pemrograman Sistem Otomatis Pompa.....          | 37 |
| Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian.....  | 40 |
| Gambar 3. 4 Blok Diagram Pengontrolan Pompa 12V DC .....                        | 41 |
| Gambar 3. 5 Skematik Rangkaian Kontrol .....                                    | 41 |
| Gambar 3. 6 Rangkaian PLTS.....   | 42 |
| Gambar 3. 7 Turbin Angin Savonius Bertingkat Penggerak Pompa Torak.....         | 43 |
| Gambar 4. 1 Turbin Angin Savonius Bertingkat.....                               | 46 |
| Gambar 4. 2 Panel Surya.....  | 47 |
| Gambar 4. 3 Solar Charge Controller (SCC) .....                                 | 48 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 4. 4 PCB Arduino Mega 2560.....  | 48 |
| Gambar 4. 5 Sensor Ultrasonik HC-SR04 .....   | 49 |
| Gambar 4. 6 Sensor Waterflow .....  | 49 |
| Gambar 4. 7 Katup Air Motor Servo .....   | 50 |
| Gambar 4. 8 Program Arduino Mega 2560.....  | 50 |
| Gambar 4. 9 Tampak Keseluruhan Alat.....  | 51 |
| Gambar 4. 10 Grafik Hubungan antara Intensitas Radiasi Matahari dan Tegangan.....   | 65 |
| Gambar 4. 11 Grafik Hubungan antara Intensitas Radiasi Matahari dan Efisiensi ..... | 66 |
| Gambar 4. 12 Grafik Hubungan antara Debit Pompa Torak dan Kecepatan Angin.....      | 67 |
| Gambar 4. 13 Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin dan Putaran Turbin ....         | 68 |
| Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Kecepatan Putaran Turbin dan Debit Pompa ....          | 69 |



## DAFTAR SIMBOL

| SIMBOL                | SATUAN            | KETERANGAN                                   |
|-----------------------|-------------------|--|
| V                     | Volt              | Tegangan yang terhitung pada panel surya     |
| I                     | Ampere            | Arus yang terhitung pada panel surya         |
| P                     | Watt              | Daya keluaran panel surya                    |
| G                     | W/m <sup>2</sup>  | Intensitas radiasi matahari pada panel surya |
| A                     | m <sup>2</sup>    | Luas panampang pada panel surya              |
| $\eta_{\text{panel}}$ | %                 | Efisiensi panel surya                        |
| $\eta_{\text{aki}}$   | %                 | Efisiensi Aki                                |
| $\eta_{\text{pompa}}$ | %                 | Efisiensi Pompa                              |
| $P_{in-angin}$        | Watt              | Daya Angin                                   |
| $\rho$                | Kg/m <sup>3</sup> | Densitas udara                               |
| A                     | m <sup>2</sup>    | Luas penampang turbin                        |
| v                     | m/s               | Kecepatan angin                              |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |    |
|---|----|
| Lampiran 1 Listing Pemrograman .....        | 75 |
| Lampiran 2 Dokumentasi Kegiatan .....       | 79 |
| Lampiran 3 Perhitungan Debit Pompa DC ..... | 81 |



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Destiana Sari

NIM : 34219027

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang bangun Turbin Angin Savonius bertingkat Penggerak Pompa Torak Terkoneksi Tenaga Surya untuk Menggerakkan Pompa *Submersible* Berbasis Mikrokontroler” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 22 September 2022



Destiana Sari

NIM: 34219027

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Edwin

NIM : 34219028

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul “Rancang bangun Turbin Angin Savonius bertingkat Penggerak Pompa Torak Terkoneksi Tenaga Surya untuk Menggerakkan Pompa *Submersible* Berbasis Mikrokontroler” merupakan gagasan, hasil karya sendiri dengan arahan pembimbing, dan belum pernah diajukan dalam bentuk apa pun pada perguruan tinggi dan instansi mana pun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar Pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 22 September 2022



Edwin

NIM: 34219028

**RANCANG BANGUN TURBIN ANGIN SAVONIUS BERTINGKAT  
PENGGERAK POMPA TORAK TERKONEKSI TENAGA SURYA  
UNTUK MENGGERAKKAN POMPA *SUBMERSIBLE* BERBASIS  
MIKROKONTROLER**

**RINGKASAN**

Air merupakan kebutuhan utama dari kegiatan pertanian. Namun tidak semua daerah memiliki cadangan atau sumber air bersih yang memadai. sehingga jika terjadi musim kemarau maka proses produksi dapat menurun dan merugikan petani serta mengganggu pasokan pemerintah.

Demi mengatasi masalah tersebut, maka pompa air listrik biasanya menjadi pilihan. Maka dilakukan penelitian tentang bagaimana cara agar bisa mengendalikan kontinuitas air dengan memanfaatkan sistem kendali. Sistem kendali dibuat dengan tujuan untuk mengendalikan suplai air dengan memanfaatkan energi mekanik dari kincir angin dan energi listrik dari panel surya. Pengendali suplai air berhasil dibuat dengan memanfaatkan turbin angin savonius bertingkat dan PLTS, sistem kontrol yang dibuat berfungsi untuk mengendalikan *continuitas* air, dan pompa listrik hanya mengalirkan air apabila sensor ultrasonik mengirim sinyal ketinggian air mencapai ketinggian yang telah ditentukan.



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Wilayah Indonesia yang berada di sekitar daerah ekuator merupakan daerah pertemuan sirkulasi Hadley, Walker, dan lokal. Kondisi ini ditengarai memiliki potensi angin yang dapat dimanfaatkan untuk pengembangan energi terbarukan sebagai alternatif pembangkit listrik yang selama ini lebih banyak menggunakan bahan bakar minyak bumi. Seiring perkembangan zaman, kebutuhan listrik di daerah tersebut semakin meningkat, untuk memenuhi kebutuhan listrik tersebut di bangun pembangkit listrik tenaga diesel yang sangat bergantung pada bahan bakar fosil dan berpotensi menimbulkan polusi terhadap lingkungan. Hampir setiap saat muncul inovasi-inovasi baru bahkan inovasi-inovasi yang sudah lama pun mulai dikembangkan seperti pada pembahasan ini yang mengembangkan pompa air dengan sistem kendali suplai air berbasis kombinasi energi angin dan energi surya.

Air merupakan kebutuhan utama dari kegiatan pertanian. Namun tidak semua daerah memiliki cadangan atau sumber air bersih yang memadai, sehingga banyak persawahan dan perkebunan yang sangat bergantung dengan air hujan (sawah dan kebun tadah hujan), sehingga jika terjadi musim kemarau maka proses produksi dapat menurun dan merugikan petani dan mengganggu pasokan pemerintah. Demi mengatasi masalah tersebut,

maka pompa air listrik biasanya menjadi pilihan, namun tentu saja penggunaan dalam waktu yang lama tidak efektif secara ekonomi karena terkait dengan biaya tagihan listriknya (Mulyadi dan A.M. Shiddiq Yunus, 2018).

Maka dari itu pada tahun 2021 dilakukan penelitian tentang bagaimana cara agar bisa mengendalikan kontinuitas air dengan memanfaatkan sistem kendali. Sistem kendali dibuat dengan tujuan untuk mengendalikan suplai air dengan memanfaatkan energi mekanik dari kincir angin dan energi listrik dari panel surya dalam bentuk prototipe. Dimana hasil dari pengujian alat yang telah dibuat dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya alat pengendali suplai air berhasil dibuat dengan memanfaatkan turbin angin dan PLTS, sistem kontrol yang dibuat berfungsi untuk mengendalikan *continuitas* air, dan pompa listrik hanya mengalirkan air apabila sensor ultrasonik mengirim sinyal ketinggian air mencapai ketinggian yang telah ditentukan.

Selama proses pengujian prototipe masih terdapat beberapa kekurangan dimana pada salah satu peralatan utamanya yaitu turbin angin yang digunakan sebagai penggerak pompa torak dengan tipe turbin angin vertikal savonius memiliki putaran yang tidak maksimal sehingga perlu dilakukan pengembangan untuk mendapatkan putaran yang lebih cepat. Selain itu, pompa DC yang digunakan adalah pompa DC yang memiliki kapasitas yang kecil dimana suplai tegangannya berasal dari panel surya. Sehingga pada tahun kedua akan dilakukan pengembangan pada turbin angin yang

dibuat bertingkat dan pompa DC dengan kapasitas yang lebih besar. Namun dalam pengembangan tahun ini bukan lagi dalam bentuk prototipe melainkan dalam bentuk pengaplikasian. Oleh sebab itu, penulis mengangkat sebuah judul “Rancang Bangun Turbin Angin Savonius Bertingkat Penggerak Pompa Torak Terkoneksi Tenaga Surya Untuk Menggerakkan Pompa *Submersible* Berbasis Mikrokontroler”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam hal ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara kerja alat pengendali suplai air berbasis mikrokontroler yang menggunakan sumber energi angin dan energi surya?
2. Bagaimana hubungan putaran turbin angin terhadap debit air yang dihasilkan oleh pompa torak?

## **1.3 Ruang Lingkup Kegiatan**

Untuk memperjelas masalah yang akan dibahas dan agar tidak terjadi permasalahan yang meluas dan menyimpang, maka penulis membuat suatu batasan masalah. Adapun ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan Proposal Akhir ini yaitu:

1. Sistem kontrol yang menggunakan sensor aliran (*flow meter*) untuk mengontrol keluaran pompa air (otomatis) dengan listrik yang dihasilkan oleh turbin angin.

2. Pengambilan data dilakukan pada jam 09.00-15.00 WITA.
3. Panel surya yang digunakan berkapasitas 300 WP.
4. Baterai yang digunakan berkapasitas 50 AH.
5. Arduino yang digunakan adalah Arduino Mega 2560.
6. Sistem kontrol yang menggunakan sensor ultrasonik/sensor level air untuk mengukur kapasitas air.

#### **1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan**

##### **1.4.1 Tujuan Kegiatan**

Adapun yang menjadi tujuan kegiatan adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara kerja turbin angin savonius bertingkat penggerak pompa torak yang terkoneksi dengan tenaga surya untuk menggerakkan pompa *submersible* berbasis mikrokontroler.
2. Mengetahui hubungan putaran turbin angin terhadap debit air yang dihasilkan oleh pompa torak.

##### **1.4.2 Manfaat Kegiatan**

Bagi Mahasiswa:

1. Sebagai bahan kajian bagi mahasiswa dalam rangka pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
2. Menambah pengetahuan serta wawasan dalam bidang energi terbarukan.

Bagi Masyarakat:

1. Memberikan solusi suplai air untuk irigasi pertanian.
2. Menjadi salah satu solusi alternatif untuk memenuhi kebutuhan sumber air bersih dengan teknologi pemanfaatan energi terbarukan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Energi Angin**

Salah satu pemanfaatan energi terbarukan yang saat ini memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah energi angin. Energi ini merupakan energi yang bersih dan dalam proses produksinya tidak mencemari lingkungan. Pemanfaatan sumber energi angin untuk menghasilkan energi listrik bukanlah hal yang baru, namun energi listrik yang dihasilkan tentu sangat terbatas karena disebabkan oleh beberapa hal utama, seperti potensi kecepatan angin di suatu daerah, durasi adanya angin dalam satu hari, serta peralatan konversi energi yang digunakan (Nakhoda, Chorul Saleh, 2015).

Angin yang disebabkan oleh gerakan molekul udara di atmosfer, berasal dari energi matahari. Pada saat molekul udara mulai bergerak, maka energi potensialnya dikonversi menjadi energi kinetik (energi gerakan) sebagai akibat dari kecepatan molekul udara. Mesin energi angin yang dinamakan turbin angin menggunakan energi kinetik angin dan mengonversinya menjadi energi mekanis atau listrik yang bisa dimanfaatkan untuk berbagai tujuan praktis.

### 2.1.1 Turbin Angin

Turbin angin menggunakan gerakan rotasi untuk membangkitkan listrik atau menjalankan peralatan mesin seperti pompa turbin angin yang memanfaatkan energi kinetik dari angin dan mengonversinya menjadi energi listrik. (Arridina Susan Silitonga, Husin Ibrahim, 2020). Gerakan rotasi tersebut akan ditransmisikan oleh poros ke elemen mesin yang lain seperti roda gigi (gear box) atau transmisi puli dan sabuk (belt), untuk meningkatkan putaran yang akan ditransfer ke poros engkol untuk menggerakkan pompa. Pompa digunakan untuk menaikkan air dari permukaan rendah ke permukaan yang lebih tinggi.

Keuntungan yang diperoleh dengan penggunaan kincir angin sebagai tenaga untuk menggerakkan pompa antara lain (Manwell, 2002). :

1. Energi angin adalah gratis tanpa perlu biaya.
2. Produknya bersih dan ramah lingkungan.
3. Tidak membutuhkan areal yang luas, hanya membutuhkan ruang yang terbuka dan lahan sekitarnya dapat dimanfaatkan untuk keperluan lain.
4. Energi angin tidak akan habis (renewable).

Adapun kekurangan tenaga angin sebagai berikut (Arridina Susan Silitonga, Husin Ibrahim, 2020).

1. Memerlukan sumber angin yang cukup pada lokasi
2. Angin yang tidak merata bias menyebabkan produksi energi tidak konsisten
3. Biaya modal yang tinggi

4. Bising; ada indikasi bahwa suara bising.

Dengan memperhatikan keuntungan dan kelemahan dari kincir angin tersebut, dapat dikatakan bahwa keuntungan jauh melebihi dari kerugiannya. Sehingga kincir angin dapat dikembangkan menjadi energi alternatif baru. Kincir angin dengan sumbu vertikal menjadi salah satu opsi untuk menggantikan kincir angin sumbu horizontal. Kincir angin sumbu vertikal tidak terlalu peka terhadap arah angin dan turbulensi dibanding kincir angin sumbu horizontal. Dengan demikian, kincir angin sumbu vertikal bisa dipasang pada ketinggian yang rendah, bahkan bisa dekat dengan tanah. Pembangunan konstruksi kincir angin sumbu vertikal menjadi lebih mudah serta perawatan lebih terjaga. Kincir angin sumbu vertikal terdiri dari tiga jenis, yaitu tipe Savonius, tipe Darrieus, dan tipe Giromill (Farhan A. Khammas dkk., 2015).

Karakteristik turbin angin savonius bertingkat, yaitu :

1. Efisiensi paling optimum dikarenakan pada pengujian turbin angin bertingkat cakupan angin luas, tidak terpengaruh beban berat turbin itu sendiri dan luas sapuan angin tidak terlalu kecil. Sehingga menghasilkan putaran poros yang tinggi, dan efisiensi yang tinggi pula. (Herlambang, Y. D, 2016).
2. Turbin angin Savonius bertingkat dapat digunakan untuk menggerakkan pompa air sudu luncur, namun debit yang dihasilkan sangat kecil. (Supriyo, S, 2013).





**Gambar 2. 1 Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius**  
 (Sumber: Satria, I. 2017)

Udara yang memiliki massa  $m$  dan kecepatan  $v$  akan menghasilkan daya sebesar :

$$P_{in-angin} = \frac{1}{2} \dot{m} v^2 \dots\dots\dots (2-1)$$

Volume udara per satuan waktu (debit) yang bergerak dengan kecepatan  $v$  dan melewati daerah seluas  $A$  adalah :

$$V = vA \dots\dots\dots(2-2)$$

Massa udara yang bergerak dalam satuan waktu dengan kecepatan, yaitu:

$$\dot{m} = \rho V = \rho vA \dots\dots\dots(2-3)$$

Sehingga daya input energi angin adalah:

$$P_{in-angin} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \dots\dots\dots(2-4)$$

Dimana :

$P_{in-angin}$  = daya angin (watt)

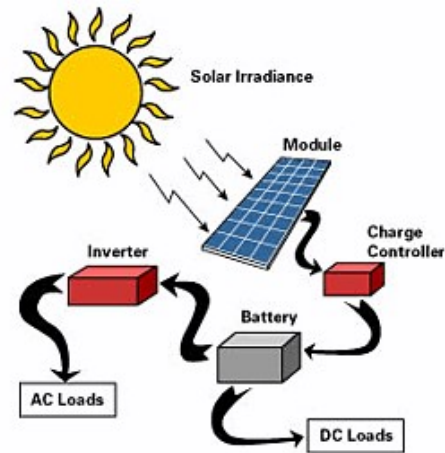
$\rho$  = densitas udara (1,225 kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = luas penampang turbin (m<sup>2</sup>)

$v$  = kecepatan angin (m/s)

## 2.2 Energi Surya

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Energi surya adalah sangat luar biasa karena tidak bersifat polutif dan tidak dapat habis. Ada banyak cara untuk memanfaatkan energi dari matahari. Istilah “tenaga surya” mempunyai arti mengubah sinar matahari secara langsung menjadi panas atau energi listrik untuk kita gunakan. Dua tipe dasar tenaga matahari adalah “sinar matahari” dan “*photovoltaic*” (photo=cahaya, voltaic=tegangan). *Photovoltaic* tenaga matahari melibatkan pembangkit listrik dari cahaya.



**Gambar 2. 2 Pemanfaatan Energi Matahari sebagai Energi Listrik**

(Sumber: <http://www.alpensteel.com/article/115-102-energi-matahari--surya--solar/3299--tenaga-surya-menghasilkan-listrik>)

Instalasi listrik tenaga surya sebagai pembangkit listrik, terdiri dari komponen penting sebagai berikut:

1. Panel Surya
2. *Charge Control*
3. Baterai

### 2.2.1 Panel Surya

Panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Pada umumnya, *solar cell* merupakan sebuah hamparan semi konduktor yang dapat menyerap photon dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi listrik. Sel surya tersebut dari potongan silikon yang sangat kecil dengan dilapisi bahan kimia khusus untuk membentuk dasar dari sel surya. Sel surya pada umumnya memiliki ketebalan minimum

0,3 mm yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub positif dan negatif.

Energi listrik yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sistem. Di Indonesia yang merupakan daerah tropis mempunyai potensi energi matahari sangat besar dengan insolasi harian rata-rata 4,5-4,8 KWh/m<sup>2</sup> / hari. Akan tetapi energi listrik yang dihasilkan sel surya sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima oleh sistem.

Saat tengah hari yang cerah radiasi sinar matahari mampu mencapai 1000 watt per meter persegi. Jika sebuah piranti semikonduktor seluas satu meter persegi memiliki efisiensi 10%, maka modul sel surya ini mampu memberikan tenaga listrik sebesar 100 watt. Modul sel surya komersial memiliki efisiensi berkisar antara 5% - 15% tergantung material penyusunnya. Tipe silikon kristal merupakan jenis piranti sel surya yang memiliki efisiensi tinggi meskipun biaya pembuatannya relatif lebih mahal dibandingkan jenis sel surya lainnya. Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya sebagai sumber energi alternatif adalah efisiensi piranti sel surya dan harga pembuatannya. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara tenaga listrik yang dihasilkan oleh piranti sel surya dibandingkan dengan jumlah energi cahaya yang diterima dari pancaran sinar matahari. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebenarnya tergantung pada efisiensi konversi energi dan konsentrasi sinar matahari yang diterima sel tersebut (Awang Riyadi, 2008).

a. Rangkaian Seri Solar Sel

Penyusunan seri akan meningkatkan tegangan tetapi arus konstan. Tegangan total yang dihasilkan adalah penjumlahan dari tegangan yang dihasilkan oleh modul ( $V_{oc1}+V_{oc2}$ ), hal ini sesuai dengan hukum Kirchoff. Hubungan seri solar sel diperoleh dengan menghubungkan terminal positif (+) sel surya pertama dengan terminal negatif (-) yang baru, untuk mempermudah pemahaman, solar sel dapat diibaratkan sebagai baterai yang dihubungkan seri. Dari hubungan seri ini didapat : Tegangan solar sel dijumlahkan apabila terhubung seri (untuk mendapatkan jumlah tegangan yang lebih besar).

$$V_{total} = V_{sel1} + V_{sel2} + V_{sel3} \dots\dots\dots(2-5)$$

Arus sel surya sama apabila dihubungkan seri satu sama lain

$$I_{total} = I_1 = I_2 = I_3 \dots\dots\dots(2-6)$$

a. Rangkaian Paralel Solar Sel

Susunan paralel sel surya dapat meningkatkan arus tetapi tegangan tetap. Arus total yang dihasilkan adalah penjumlahan dari arus yang dihasilkan modul ( $I_1 + I_2$ ) hal merujuk pada hukum Kirchoff. Kirchoff Current Law menyatakan bahwa arus (I) yang akan memasuki titik simpul utama adalah sama dengan jumlah dari ketiga arus yang meninggalkan simpul melalui cabang-cabangnya. Rangkaian paralel sel surya di dapat apabila terminal kutub positif dan negatif sel surya

dihubungkan satu sama lain. Maka tegangan sel surya yang dihubungkan paralel sama dengan satu sel surya.

$$V_{\text{total}} = V_1 = V_2 = V_3 = V_n \dots\dots\dots(2-7)$$

Arus yang timbul langsung dijumlahkan

$$I_{\text{total}} = I_1 + I_2 + I_3 + I_n \dots\dots\dots(2-8)$$

**Tabel 2. 1 Spesifikasi Panel Surya 150 WP**

| Spesifikasi                        | Keterangan         |
|------------------------------------|--------------------|
| Max. Power (Pmax)                  | 150W               |
| Max. Power Voltage (Vmp)           | 18,50V             |
| Max. Power Current (Imp)           | 8,11A              |
| Open Circuit Voltage (Voc)         | 22,50V             |
| Short Circuit Current (Isc)        | 8,71A              |
| Nominal Operating Cell Temp (NOCT) | 48±2°C             |
| Max. System Voltage                | 1000VDC            |
| Max. Series Fuse                   | 18A                |
| Power Tolerance                    | 0 - +3 %           |
| Dimension                          | 1480 x 680 x 35 mm |

Sebuah sel surya dalam menghasilkan energi listrik (energi sinar matahari menjadi *foton*) tidak tergantung pada besaran luas bidang silikon, dan secara konstan akan menghasilkan energi berkisar ± 0,5 volt maksimum 600 mV pada 2A, dengan kekuatan radiasi solar matahari 1000 W/m<sup>2</sup>

= “1 Sun” akan menghasilkan arus listrik (I) sekitar 30 mA/cm<sup>2</sup> per sel surya.



**Gambar 2.3 Panel Surya 150 WP**

(sumber : <https://panelsuryajakarta.com/panel-surya-150-wp-polycrystalline-luminous/>)

Rumus menghitung daya input panel surya:

$$P_{\text{input}} = G \times A \quad \dots\dots\dots(2-9)$$

Keterangan :

G = Intensitas Radiasi Matahari (W/m<sup>2</sup>)

A = Luasan Panel Surya (m<sup>2</sup>)

Rumus menghitung daya output panel surya:

$$P_{\text{output}} = V \cdot I \quad \dots\dots\dots(2-10)$$

Keterangan :

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

Panel surya yang akan digunakan berfungsi sebagai sumber tegangan utama untuk mengisi daya pada Aki 12V DC.

Perhitungan efisiensi panel surya dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2-11)$$

Keterangan :

$\eta$  = Efisiensi Panel Surya (%)

$P_{out}$  = Daya Output Panel Surya (Watt)

$P_{in}$  = Daya Input Panel Surya (Watt)

### 2.2.2 Solar Charger Controller (SCC)

*Solar Charge Controller* adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (kelebihan pengisian karena batere sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya / solar sel. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. *Solar charge controller* menerapkan teknologi *Pulse width modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban.

*Solar charge controller* yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. *Solar charge controller* akan



mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan diisi kembali.



**Gambar 2. 4 Solar Charger Controller**

(Sumber: <https://www.flipkart.com/techttest-solar-controller-24v-12v-auto-charging-pwm-charge/p/itmfff4kcftn4gz> )

## 2.3 Akumulator (Aki)

### 2.3.1 Pengertian Akumulator (Aki)

Akumulator atau aki adalah sumber tegangan listrik DC yang bersifat *portable* dan bisa dipakai di mana saja dan kapan saja tanpa harus berada di daerah atau tempat yang mendapatkan pasokan energi listrik. Pemakaian aki juga bisa habis. Aki mempunyai batas pemakaian dan tidak akan bisa dipakai lagi jika energinya sudah habis (*discharging*). Aki yang telah habis bisa dipergunakan lagi setelah aki tersebut diisi ulang (*charging*) dengan cara memberikan tegangan dengan potensial yang sama pada kutub positif dan negatif aki.

Baterai terdiri dari dua jenis yaitu; baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali pemakaian saja dan tidak dapat diisi ulang. Hal ini terjadi karena reaksi kimia material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Sedangkan baterai

sekunder dapat diisi ulang, karena material aktifnya didalam dapat diputar kembali.

Di dalam standar internasional setiap satu cell akumulator memiliki tegangan sebesar 2 volt, sehingga aki 12 volt, memiliki 6 cell sedangkan aki 24 volt memiliki 12 cell. Aki merupakan sel yang banyak kita jumpai karena banyak digunakan pada sepeda motor maupun mobil. Aki termasuk sel sekunder, karena selain menghasilkan arus listrik, aki juga dapat diisi arus listrik kembali. Secara sederhana aki merupakan sel yang terdiri dari elektrode Pb sebagai anoda dan  $PbO_2$  sebagai katoda dengan elektrolit  $H_2SO_4$  (Setiono, 2014).

### 2.3.2 Aki Kering 12 Volt

Penggunaan Aki Kering 12V DC digunakan untuk mensuplai tegangan ke *mikrokontroller*, *driver* motor, dan motor.



**Gambar 2. 5 Baterai Aki 12 V DC**

(Sumber: [Jual Baterai Aki Kering UPS YUASA NP7-12 12v 7ah Garansi Resmi \(Original\) - Jakarta Barat - RUHA | Tokopedia](#))

### 2.3.3 Charger Akumulator

*Charger* Akumulator adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengisi akumulator dengan tegangan konstan hingga mencapai tegangan yang ditentukan. Bila level tegangan yang ditentukan itu tercapai, maka arus pengisian akan turun secara otomatis sesuai dengan settingan dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga indikator menyala menandakan akumulator telah terisi penuh.

### 2.4 Pompa Listrik 12V DC

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.

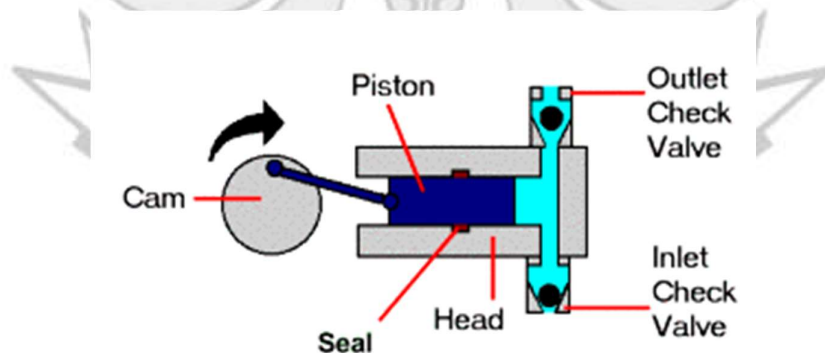
Untuk Pompa Air DC (Pompa DC), terbagi atas tiga kategori utama, yaitu:

1. Pompa Celup (*Submersible*) : Sun-Sub dan Sun-Buddy Sun-Sub adalah submersible pump dengan total head dan debit yang lebih besar daripada SunBuddy. Pompa submersible cocok digunakan apabila kedalaman muka air tanah (water table) lebih dari 6 meter.

2. Pompa Permukaan (*Surface/Floating Pump*) : Sun-Ray dan CP Sun-Ray adalah surface pump jenis CP yang dilengkapi dengan alat tambahan sehingga dapat mengapung sendiri di atas permukaan air. Jenis ini cocok digunakan untuk kedalaman muka air tanah kurang dari 6 meter.
3. Pompa Semi Celup (*Sun-Downer*) : Sun-Downer adalah pompa yang motor dan drive headnya terletak di permukaan tanah, tetapi rotornya/pompanya 17 terendam dalam sumber air, hal ini mengakibatkan diperlukannya shaft tambahan, sehingga sering juga disebut lineshaft pump.

## 2.5 Pompa torak

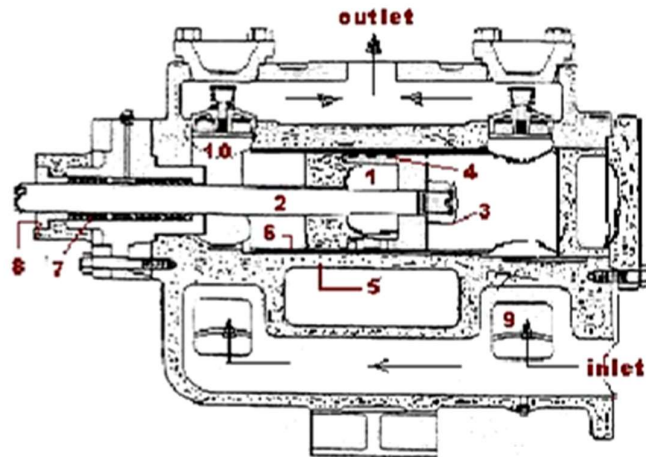
Pompa torak adalah pompa yang terbuat dari pipa PVC dimana energi mekanik dari penggerak pompa diubah menjadi energi aliran dengan menggunakan elemen bolak-balik yang ada di dalam silinder.



**Gambar 2. 6 Pompa torak**  
(Sumber: Darmawan Sidiq Adhi, 2021)

Pompa Torak memiliki beberapa komponen yang penting, berikut penjelasan tentang masing-masing komponen tersebut :

1. Piston/plunger berfungsi untuk mengisap fluida ke dalam dan menekannya kembali keluar selinder.
2. Batang Piston berfungsi sebagai penerus tenaga gerak dari mesin ke piston.
3. Mur Piston berfungsi untuk mengikat piston pada batang piston.
4. Ring/seal berfungsi untuk mencegah kebocoran fluida dari dalam selinder.
5. Selinder berfungsi sebagai tempat pergerakan piston dan penampungan sementara fluida.
6. Selinder liner berfungsi sebagai pelapis selinder yang bagian dalamnya harus mempunyai permukaan yang halus guna memperlancar gerak piston.
7. Packing berfungsi sebagai pencegah kebocoran fluida dari dalam selinder.
8. Perapat packing berfungsi sebagai penekan supaya packing tetap pada posisinya sewaktu batang piston bergerak.
9. Katup Isap berfungsi untuk mengatur pemasukan dan penutupan fluida pada saat piston langkah isap.
10. Katup buang berfungsi untuk mencegah kembalinya fluida dari ruang outlet ke dalam ruang selinder pada saat piston langkah tekan.



**Gambar 2. 7 Komponen Pompa Torak**  
(Sumber: Darmawan Sidiq Adhi, 2021 )

Pompa torak yang akan digunakan yaitu pompa torak kerja tunggal. Pompa torak kerja tunggal ini, kerja piston hanya pada satu sisi saja sehingga disebut kerja tunggal. Dalam satu siklus operasi hanya terjadi satu kali langkah isap dan satu kali langkah tekan. Torak memiliki kecepatan yang tidak tetap sehingga aliran pemompaan fluida menjadi tidak teratur. Pada awal dan akhir langkah piston yaitu pada titik mati, maka piston akan berhenti sebentar dan akan mempunyai kecepatan tinggi pada bagian tengah langkah.

Prinsip kerjanya pompa torak kerja tunggal sebagai berikut :

- Pada Langkah Isap

Pada langkah isap yaitu torak bergerak menjauhi katup, sehingga tekanan di dalam selinder menjadi turun. Hal ini akan menyebabkan perbedaan tekanan yang besar antara bagian di dalam selinder dengan bagian luar selinder, sehingga memaksa katup isap terbuka dan zat

cairan kemudian terhisap masuk ke dalam selinder dikarenakan tekanan di dalam selinder lebih rendah daripada di luar selinder.

- Langkah Buang (Tekan)

Apabila torak telah sampai pada akhir langkah isap, maka torak akan melakukan langkah buang (tekan), yaitu torak mulai bergerak menuju katup dan menyebabkan katup isap menutup kembali, zat cair yang telah masuk selinder tadi akan di dorong torak menuju ke katup buang. Akibat dari langkah buang itu menyebabkan tekanan di dalam selinder menjadi naik, sehingga mampu memaksa katup buang untuk terbuka. Selanjutnya zat cair akan mengalir ke luar selinder melalui katup buang dengan dorongan torak yang menuju katup sampai akhir langkah buang. Langkah isap dan buang tersebut akan terjadi secara terus menerus selama pompa beroperasi.

## 2.6 Mikrokontroler

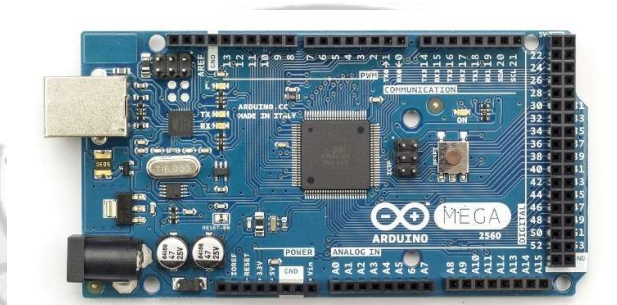
Mikrokontroler adalah sirkuit terpadu / *Integrated Circuit* (IC) ringkas yang dirancang untuk mengatur operasi tertentu dalam sistem tertanam (embedded system). Secara umum, mikrokontroler terdiri dari prosesor, memori, dan input/output (I/O) periferil pada satu chip.

## 2.7 Arduino Mega 2560

Board Arduino Mega 2560 adalah sebuah board arduino yang menggunakan IC Mikrokontroler ATmega 2560. Board ini memiliki Pin I/O



yang relatif banyak, 54 digital Input / Output, 15 buah di antaranya dapat di gunakan sebagai output PWM, 16 buah analog Input, 4 UART. Arduino Mega 2560 di lengkapi kristal 16 Mhz. Untuk penggunaan relatif sederhana tinggal menghubungkan power dari USB ke PC / Laptop atau melalui Jack DC pakai adaptor 7-12 V DC.



**Gambar 2. 8 Arduino Mega**

(Sumber: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>)

## 2.8 Sensor Flow Meter

*Flow meter* adalah alat untuk mengukur jumlah atau laju aliran dari suatu fluida yang mengalir dalam pipa atau sambungan terbuka. Jenis fluida yang melalui atau diukur oleh *flow meter* bisa berupa cairan, gas maupun solid.

Sensor *flow meter* berfungsi mengukur jumlah debit air yang mengalir melalui suatu luasan penampang. Sensor *flow meter* terdiri dari bagian katup plastik (*valve body*), rotor, dan sebuah sensor *half effect*. Ketika air mengalir melalui rotor maka rotor akan berputar dan kecepatan rotor yang berputar akan sesuai dengan kecepatan aliran air yang masuk melewati rotor. Pulsa sinyal dari rotor akan diterima sensor *half effect* untuk selanjutnya diproses mikrokontroler.





**Gambar 2. 9 Fisik dan Skematik *Water Flow Sensor***  
 (Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream>)

## 2.9 LCD (Liquid Crystal Display)

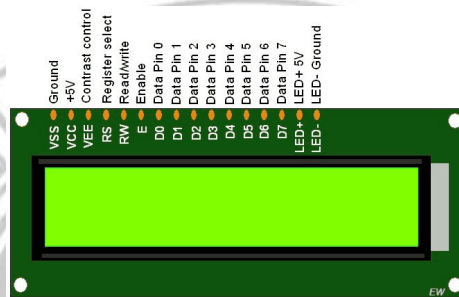
LCD atau *Liquid Crystal Display* adalah suatu jenis media display (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) untuk menghasilkan gambar yang terlihat. Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah:

1. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
2. Terdapat karakter generator terprogram.
3. Dapat di-alamatkan dengan mode 4-bit dan 8-bit.
4. Dilengkapi dengan *back light*.

**Tabel 2. 2 Spesifikasi LCD 16x2**

| Pin | Diskripsi                 |
|-----|---------------------------|
| 1   | Ground                    |
| 2   | VCC                       |
| 3   | Pengatur Kontras          |
| 4   | Register Select           |
| 5   | Read / Write LCD Register |

|          |                 |
|----------|-----------------|
| 6        | Enable          |
| 7 s/d 14 | Data I / O Pins |
| 15       | VCC + LED       |
| 16       | Ground – LED    |



**Gambar 2. 10 LCD (Liquid Crystal Display) 16x2**  
(Sumber: Meghana A, dkk, 2019)

## 2.10 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sebuah sensor yang berfungsi untuk mengubah besaran fisis berupa bunyi menjadi besaran listrik dan sebaliknya. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip dari pantulan suatu gelombang suara, dimana sensor ini menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkap kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar pengindra. Adapun jenis sensor ultrasonik yang digunakan pada rancang bangun alat ini adalah sensor ultrasonik HC-SR04.

Sensor ultrasonik HC-SR04 adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara dan digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu di depannya, frekuensi kerjanya di atas gelombang suara dari 40 KHz hingga 400 KHz. Sensor ultrasonik HC-SR04

terdiri dari dua unit, yaitu unit pemancar dan unit penerima. Struktur unit pemancar dan penerima adalah sebuah kristal *piezoelectric* dihubungkan dengan mekanik jangkar dan dihubungkan dengan diafragma penggetar. Tegangan bolak-balik yang memiliki frekuensi kerja 40 KHz – 400 KHz diberikan pada plat logam. Struktur atom dari kristal *piezoelectric* akan berkontraksi (mengikat), mengembang atau menyusut terhadap polaritas tegangan yang diberikan dan ini disebut dengan efek *piezoelectric*. Kontraksi yang terjadi diteruskan ke diafragma penggetar sehingga terjadi gelombang ultrasonik yang dipancarkan ke udara (tempat sekitarnya). Pantulan gelombang ultrasonik akan terjadi bila ada objek tertentu dan pantulan gelombang ultrasonik akan diterima kembali oleh unit sensor penerima. Selanjutnya unit sensor penerima akan menyebabkan diafragma penggetar akan bergetar dan efek *piezoelectric* menghasilkan sebuah tegangan bolak-balik dengan frekuensi yang sama.

Sensor Ultrasonik HC-SR04 akan digunakan untuk mengukur ketinggian level air pada tandon atau tangki penampung air yang sudah diprogram untuk mendeteksi ketinggian level air. HC-SR04 adalah modul sensor ultrasonik yang dapat mengukur jarak dengan rentan mulai 2 cm sampai dengan 4 m, dengan nilai akurasi mencapai 3 mm. Pada modul ini terdapat *ultrasonic transmitter, receiver, dan control circuit* (Mochamad Fajar Wijaksono dan Hidayat, 2017).



**Gambar 2. 11 Sensor Ultrasonik**  
(Sumber: Shaputra, R., dkk, 2019)

## 2.11 Motor Servo

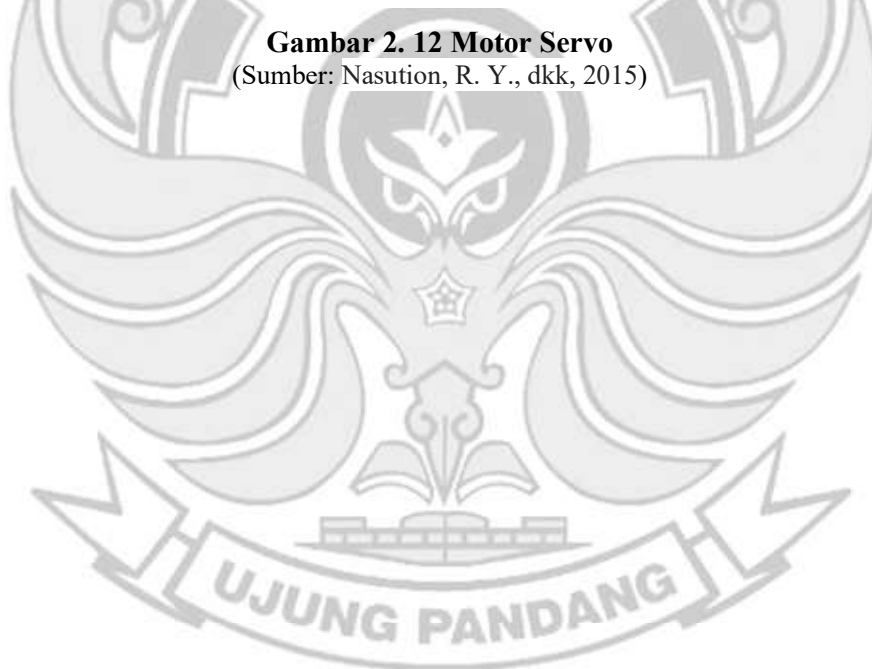
Motor servo adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* dimana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor, serangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Tampak pada gambar dengan pulsa 1.5 ms pada periode selebar 2 ms maka sudut dari sumbu motor akan berada pada posisi tengah. Semakin lebar pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah jarum jam dan semakin kecil pulsa OFF maka akan semakin besar gerakan sumbu ke arah yang berlawanan dengan jarum jam.

Motor servo biasanya hanya bergerak mencapai sudut tertentu saja dan tidak kontinyu seperti motor DC maupun motor stepper. Walau demikian, untuk beberapa keperluan tertentu, motor servo dapat dimodifikasi agar bergerak kontinyu. Pada robot, motor ini sering digunakan untuk bagian kaki, lengan atau bagian-bagian lain yang mempunyai gerakan terbatas dan

membutuhkan torsi cukup besar. Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan duty cycle sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.



**Gambar 2. 12 Motor Servo**  
(Sumber: Nasution, R. Y., dkk, 2015)



## **BAB III**

### **METODE KEGIATAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Kegiatan**

Lokasi pembuatan dan pengujian “Rancang Bangun Turbin Angin Savonius Bertingkat Penggerak Pompa Torak Terkoneksi Tenaga Surya untuk Menggerakkan Pompa *Submersible* Berbasis Mikrokontroler” di Dusun Kajuangin, Desa Sabbang Paru, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang, Provinsi Sulawesi Selatan. Waktu penulisan rancang bangun ini dilakukan selama 6 bulan mulai dari bulan Februari 2022 sampai dengan Agustus 2022.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

##### **3.2.1 Alat**

Alat-alat yang digunakan pada proses pembuatan rancang bangun ini, yaitu:

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. Tang Potong    | 9. Pompa Torak    |
| 2. Tang Jepit     | 10. Pompa DC 12 V |
| 3. Tang Kombinasi | 11. Mesin Bor     |
| 4. Solder         | 12. Tachometer    |
| 5. AV Meter       | 13. Piranhometer  |
| 6. Cutter         | 14. Anemometer    |
| 7. Gerinda        | 15. Las listrik   |
| 8. Flow meter     |                   |

### 3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada proses pembuatan rancang bangun ini, yaitu:

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1. Panel Surya 150 WP Sebanyak 2 buah       | 8. Elektroda     |
| 2. Aki 12 V 50 AH                           | 9. Poros         |
| 3. Arduino Mega 2560                        | 10. Bearing      |
| 4. Modul I2C                                | 11. Kincir Angin |
| 5. Timah                                    | 12. Amplas       |
| 6. Piranti Lunak ( <i>Software</i> Arduino) | 13. Tangki Air   |
| 7. Besi Siku                                | 14. Kabel-kabel  |

### 3.3 Prosedur Penelitian

#### 3.3.1 Studi Literatur

Tahap perencanaan dilakukan studi literatur mengenai kecepatan angin dan cuaca-cuaca yang terkait dalam proses pengerjaan dan pengambilan data oleh panel surya dengan tujuan mengumpulkan informasi agar memudahkan dalam pengerjaan rancang bangun.

#### 3.3.2 Tahap Perancangan

Alat yang akan dirancang adalah turbin angin savonius bertingkat dan panel surya. Dengan menggunakan turbin angin, daya mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin selanjutnya dimanfaatkan untuk menggerakkan pompa torak dan dengan menggunakan panel surya, daya listrik yang

dihasilkan oleh panel surya selanjutnya dimanfaatkan untuk menjalankan pompa DC. Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida (zat cair) dengan berdasarkan gaya tekan dari suatu tempat. Pada pompa torak dan pompa DC dipasang *flowmeter* untuk mendeteksi air sehingga dapat diketahui jumlah debit air yang mengalir pada pompa tersebut. Seperti diketahui bahwa siklus angin tidak dapat diprediksi, maka jika pompa torak tidak bekerja *flowmeter* akan mengirimkan sinyal kepada motor servo yang terletak pada tandon agar membuka keran pada tandon. Sebelumnya, tandon telah diisi air dengan menggunakan pompa DC 12 volt yang sumber listriknya diperoleh dari panel surya. Seperti diketahui, bahwa sinar matahari hanya optimal tersedia selama delapan jam. Dengan menggunakan rekayasa kontrol, yaitu ketika debit air yang keluar dari pompa manual = 0 L/hour, maka motor servo pada tandon otomatis terbuka. Hasilnya, ketersediaan air bersih akan tetap ada jika pompa torak tidak bekerja.

Dasar perancangan digunakan sebagai peninjau untuk memilih komponen-komponen apa saja yang akan digunakan. adapun dasar perancangan adalah sebagai berikut:

| <b>Beban Listrik</b> | <b>Daya beban listrik</b> | <b>waktu</b> | <b>Total daya</b> |
|----------------------|---------------------------|--------------|-------------------|
| Pompa DC             | 1 x 180 Watt              | 5 jam        | 900 Wh            |
| Total Energi         |                           |              | 900 Wh            |



### 3.3.2.1 Menentukan Jumlah Panel Surya

- Perlu diketahui bahwa energi listrik yang dihasilkan PLTS tidak 100%, karena selama masa transmisi dari panel surya ke beban terdapat hingga 40% yang hilang ( sumber : gesainstech.com. (2021, 26 Mei ). jadi :

$$\begin{aligned} \text{Total daya} &= \text{daya beban} : (100\% - 40\%) \dots\dots\dots(3-1) \\ &= 900 \text{ Wh} : 60 \% \\ &= 1.500 \text{ Wh} \end{aligned}$$

- Menentukan kebutuhan panel surya

$$\begin{aligned} \text{Panel surya} &= \text{Total daya} : \text{waktu optimal} \dots\dots\dots(3-2) \\ &= 1.500 \text{ Wh} : 5 \text{ jam} \\ &= 300 \text{ WP} \end{aligned}$$

Karena besar daya yang dibutuhkan adalah 300 WP jadi pemilihan panel yang tepat dengan spesifikasi yang telah ditentukan adalah sebesar 300 WP.

- Menentukan jumlah panel surya

$$\text{Jumlah panel surya} = \frac{\text{Energi Total Beban Harian}}{\text{Waktu Optimal} \times \text{Kapasitas Panel Surya}} \dots\dots(3-3)$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel surya} &= \frac{1.500 \text{ Wh}}{5 \text{ h} \times 300 \text{ W}} \\ &= 1 \text{ pcs} \end{aligned}$$

kapasitas panel surya yang digunakan sebesar 150 WP sebanyak 2 buah.

### 3.3.2.2 Menentukan Spesifikasi Jenis *Solar Charger Controller (SCC)* yang akan Digunakan

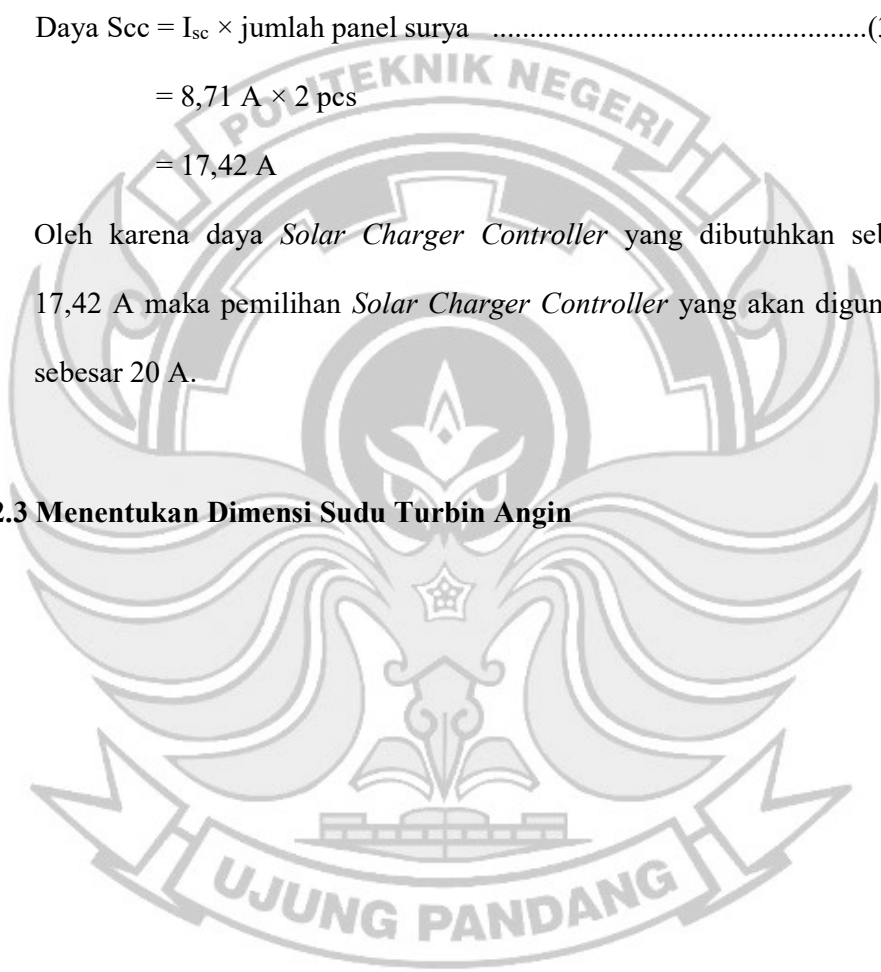
Jika di ketahui spesifikasi dari panel surya yaitu :

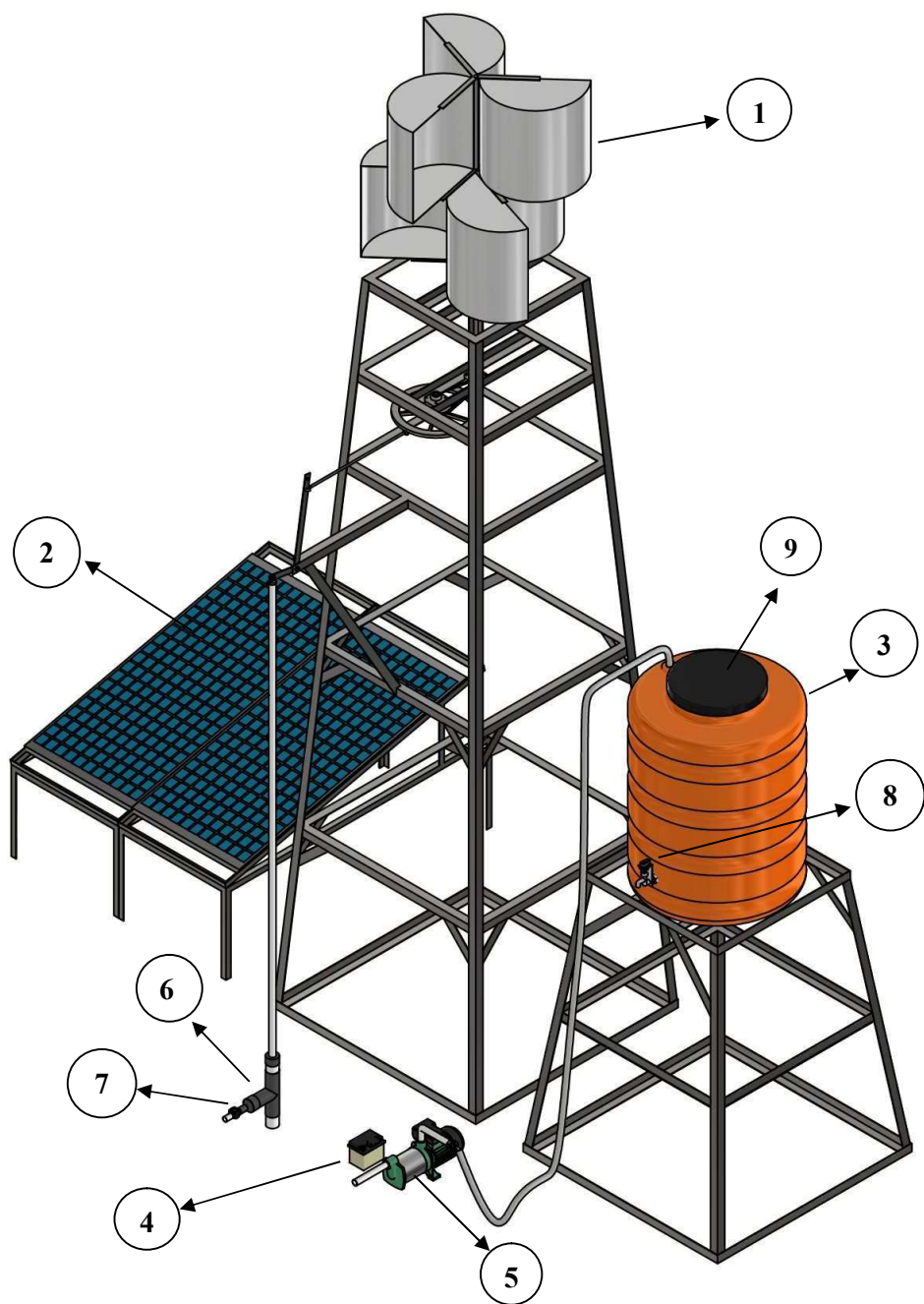
- $P_m = 150 \text{ Wp}$    -  $V_m = 18,5 \text{ V}$        -  $V_{oc} = 22,50 \text{ V}$
- $I_{mp} = 8,11 \text{ A}$     -  $I_{sc} = 8,71 \text{ A}$

$$\begin{aligned} \text{Daya Scc} &= I_{sc} \times \text{jumlah panel surya} \dots\dots\dots(3-4) \\ &= 8,71 \text{ A} \times 2 \text{ pcs} \\ &= 17,42 \text{ A} \end{aligned}$$

Oleh karena daya *Solar Charger Controller* yang dibutuhkan sebesar 17,42 A maka pemilihan *Solar Charger Controller* yang akan digunakan sebesar 20 A.

### 3.2.2.3 Menentukan Dimensi Sudu Turbin Angin





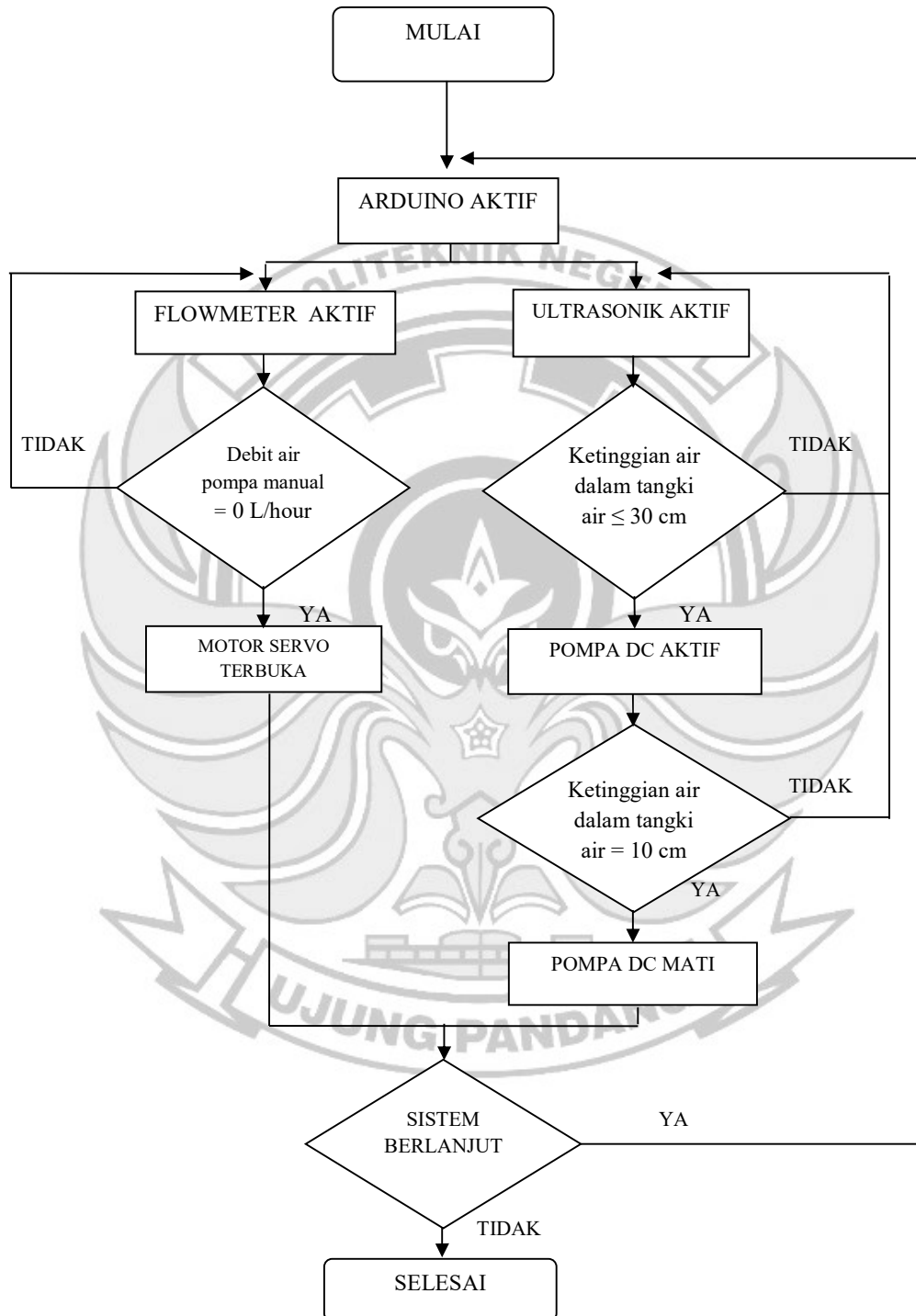
**Gambar 3. 1 *Design* Turbin Angin Savonius Bertingkat Penggerak Pompa Torak Terkoneksi Tenaga Surya Penggerak Pompa *Submersible***

Keterangan :

1. Turbin angin savonius bertingkat
2. Panel surya 150 WP sebanyak 2 buah
3. Tangki air 600 liter
4. Aki 12 volt 50 AH
5. Pompa 12V DC
6. Pompa torak
7. Sensor *waterflow*
8. Motor Servo
9. Sensor Ultrasonik



### 3.3.3 Perancangan



Gambar 3. 2 Diagram Alir Proses Pemrograman Sistem Otomatis Pompa

### 3.3.4 Tahap Pembuatan dan Perakitan

Setelah proses perancangan selesai, maka akan dilanjutkan dengan proses pembuatan masing-masing komponen alat khususnya untuk perangkat keras. Langkah-langkah yang dikerjakan pada masing-masing rangkaian rancang bangun adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan
2. Uji Coba Sistem Kontrol (simulasi)
3. Pembuatan rangka panel surya
4. Pembuatan turbin angin savonius bertingkat
5. Merangkai sistem kontrol pada panel listrik
6. Merangkai relay kontrol dengan pompa 12V DC
7. Pemasangan panel surya dengan rangkanya
8. Pemasangan panel listrik (*controller*) pada panel surya.

### 3.4 Pengujian Alat

Setelah rancang bangun selesai, maka akan dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dan pengambilan data dilakukan di

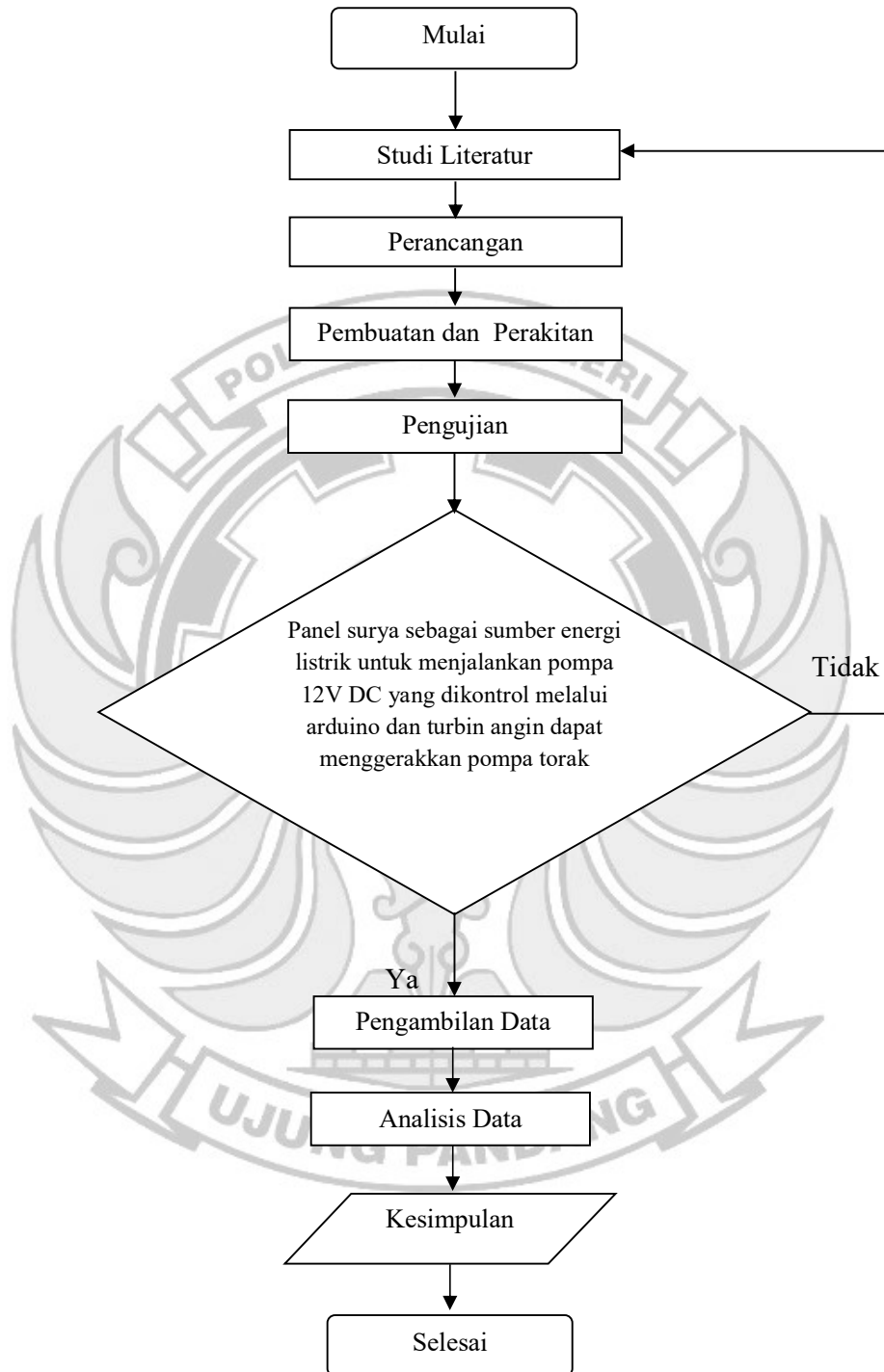
Langkah-langkah yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengkalibrasi seluruh alat ukur.
2. Memastikan rangka-rangka yang terhubung satu sama lain dalam keadaan kuat (tidak longgar).
3. Memastikan sensor-sensor membaca dengan akurat.

4. Memastikan panel surya berfungsi dengan baik.
5. Mengaktifkan panel listrik (*controller*).
6. Melakukan proses pengujian.
7. Mengambil data kecepatan angin, intensitas radiasi matahari, tegangan dan arus keluaran panel surya, tegangan dan arus pompa DC, dan putaran turbin angin savonious bertingkat.



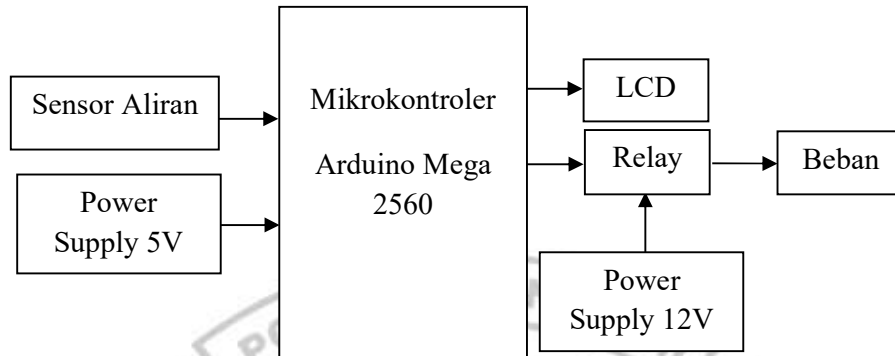
### 3.4.1 Diagram Alir



**Gambar 3. 3 Diagram Alir Penelitian**

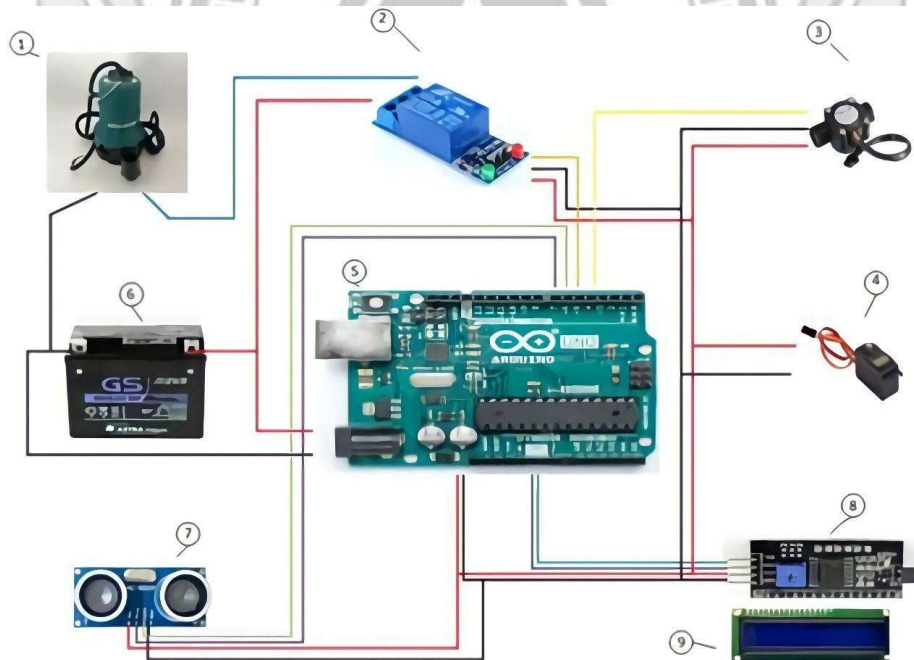


### 3.5 Blok Diagram Pemrograman



Gambar 3. 4 Blok Diagram Pengontrolan Pompa 12V DC

### 3.6 Skematik Rangkaian Kontrol

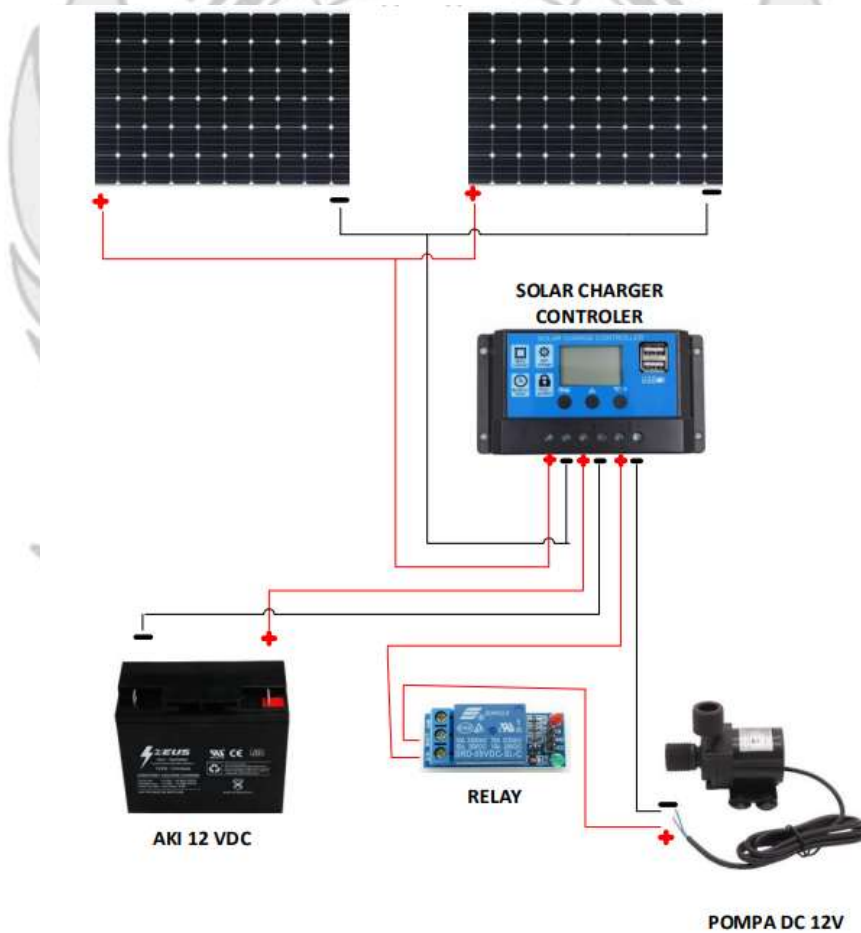


Gambar 3. 5 Skematik Rangkaian Kontrol

Keterangan:

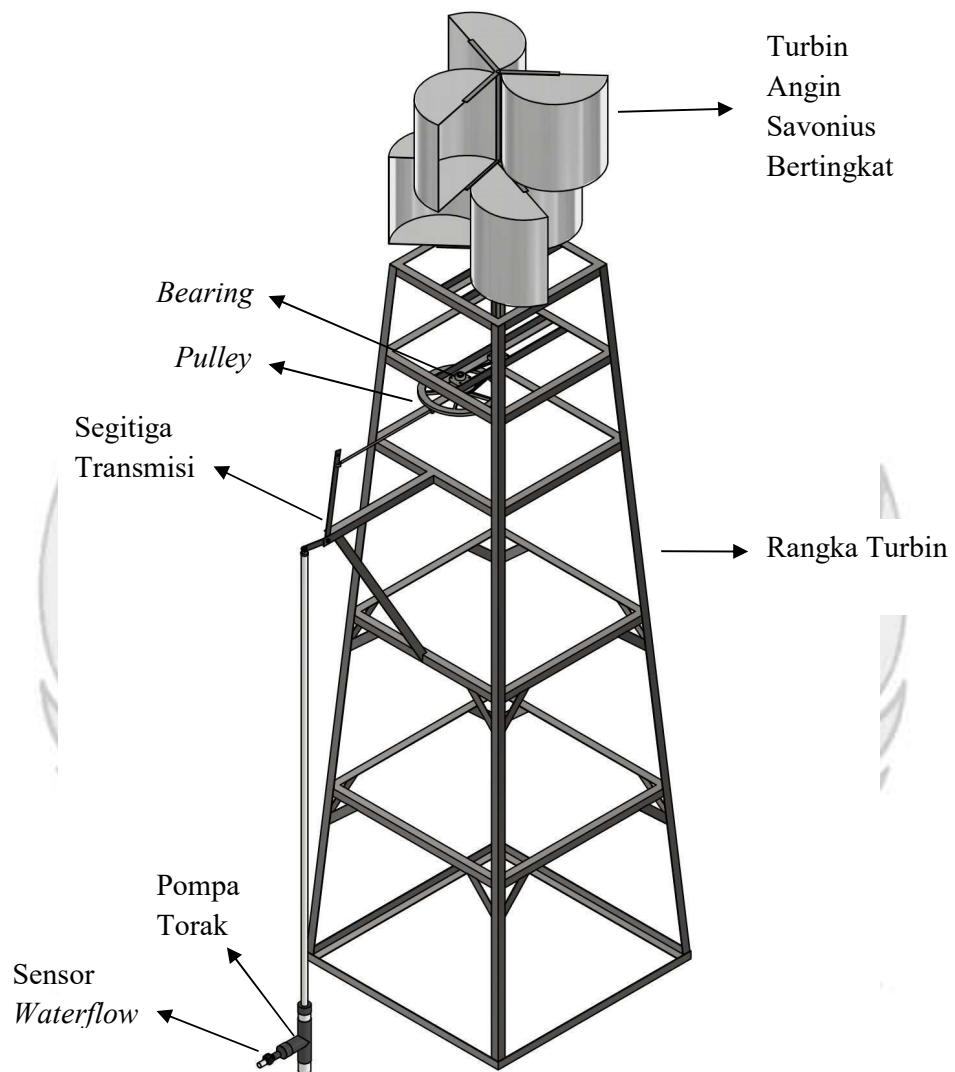
- |                                    |                      |
|------------------------------------|----------------------|
| 1. Pompa Air Celup 12V DC 1500L/hr | 6. Aki 12 V          |
| 2. Relay                           | 7. Sensor Ultrasonik |
| 3. Sensor Flowmeter                | 8. I2C               |
| 4. Motor servo                     | 9. LCD               |
| 5. Arduino Mega 2560               |                      |

### 3.7 Rangkaian PLTS



Gambar 3. 6 Rangkaian PLTS

### 3.8 Turbin Angin Savonius Penggerak Pompa Torak



**Gambar 3. 7 Turbin Angin Savonius Bertingkat Penggerak Pompa Torak**

### 3.9 Teknik Analisa Data

1. Daya input:

$$P_{in} = G \times A \dots\dots\dots (3-1)$$

Keterangan :

$P_{in}$  = Daya input (watt)

$G$  = Intensitas radiasi matahari (watt/m<sup>2</sup>)

$A$  = Luasan panel surya (m<sup>2</sup>)

2. Daya output :

$$P_{out} = V \times I \dots\dots\dots (3-2)$$

Keterangan :

$P_{out}$  = Daya output (watt)

$V$  = Tegangan (volt)

$I$  = Arus (Ampere)

3. Efisiensi Panel Surya,  $\eta_{panel}$  :

$$\eta_{panel} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots (3-3)$$

Keterangan :

$\eta_{panel}$  = Efisiensi panel surya (%)

$P_{out}$  = Daya keluaran (watt)

$P_{in}$  = Daya masukan (watt)

4. Efisiensi Sistem,  $\eta_{\text{sistem}}$  :

$$\eta_{\text{sistem}} = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \dots\dots\dots(3-4)$$

5. Daya input energi angin,  $P_{\text{in-angin}}$  :

$$P_{\text{in-angin}} = \frac{1}{2} \rho A v^3 \dots\dots\dots(3-5)$$

Keterangan :

$P_{\text{in-angin}}$  = daya angin (watt)

$\rho$  = densitas udara (1,225 kg/m<sup>3</sup>)

$A$  = luas penampang turbin angin (m<sup>2</sup>)

$v$  = kecepatan angin (m/s)



## BAB IV

### HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

#### 4.1 Perancangan Turbin Angin Savonius Bertingkat

Turbin angin savonius dibuat dengan bahan plat aluminium, sudu turbin memiliki tinggi 0,5 meter dan lebar 0,5 meter. Jumlah sudu pada turbin angin savonius yaitu 3 sudu. Turbin angin savonius dibuat bertingkat dengan tinggi tower penyangga turbin yaitu 4 meter.



**Gambar 4. 1 Turbin Angin Savonius Bertingkat**  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Pada bagian bawah turbin disambungkan dengan piringan turbin sebagai penggerak segitiga mekanis yang kemudian menggerakkan pompa torak.

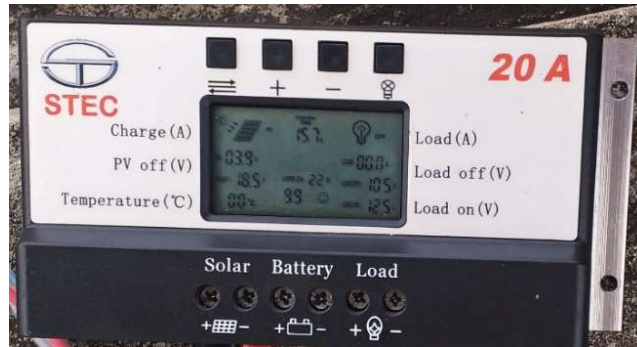
#### 4.2 Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS menggunakan 2 buah panel surya 150 WP yang dipasang paralel, rangka panel dengan ukuran 168 cm x 68 cm x 5 cm untuk dudukan panel. Energi dari panel diteruskan ke aki 12 VDC 50 AH untuk disimpan yang digunakan sebagai sumber listrik rangkaian kontrol dan mengoperasikan pompa listrik. Pada rangka panel surya dipasang SCC untuk mengetahui tegangan panel.



**Gambar 4. 2 Panel Surya**  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

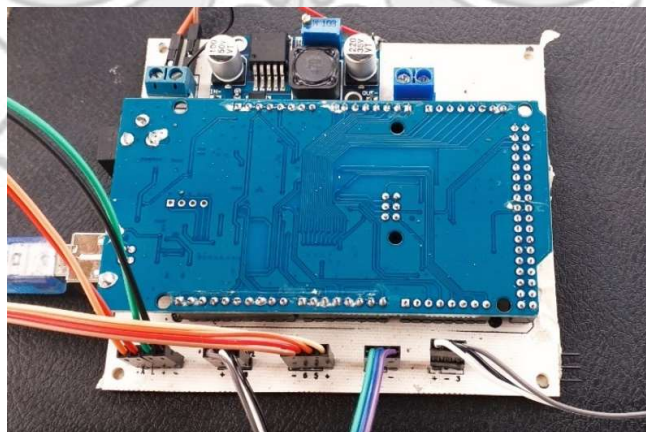




**Gambar 4. 3 Solar Charge Controller (SCC)**  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

#### 4.3 Perancangan Sistem Kontrol

Sistem kontrol dirancang agar *continuitas* air dapat dikendalikan sehingga pompa torak, pompa listrik dan motor servo dapat bekerja sesuai dengan yang telah diprogram. Sistem kontrol menggunakan Arduino mega 2560 yang disambungkan ke sensor ultrasonik dan sensor *waterflow* di mana hasil pembacaan tinggi air di dalam tandon dan debit pompa torak akan tertera pada layar LCD. Sistem kontrol menggabungkan energi angin dan energi matahari dalam mekanisme suplai air.



**Gambar 4. 4 PCB Arduino Mega 2560**  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)





**Gambar 4. 5 Sensor Ultrasonik HC-SR04**  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)



**Gambar 4. 6 Sensor Waterflow**  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)



**Gambar 4. 7 Katup Air Motor Servo**  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

```
Bismillah_Fix_Program_TA_Sensor_waterflow_relay_LCD_servo_ | Arduino 1.8.19
File Edit Sketch Tools Help
Bismillah_Fix_Program_TA_Sensor_waterflow_relay_LCD_servo_

#include<Servo.h>
#include<LiquidCrystal_I2C.h>

int kondisi=0;
Servo servol;
#define relay 8
#define trig 5
#define echo 6
long durasi, jarak;
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16,2);
volatile int flow_frequency; //Measures flow sensor pulses
unsigned int L_hour; //Calculated litres/hour
unsigned char flowsensor=3; //Sensor Input
unsigned long currentTime;
unsigned long cloopTime;
void flow() //Interrupt function
{
  flow_frequency++;
}
void setup ()
{
  servol.attach(4);
  pinMode(flowsensor, INPUT);
  pinMode(relay, OUTPUT);
  pinMode(trig, OUTPUT);
  pinMode(echo, INPUT);
  digitalWrite(flowsensor, HIGH); //Optional Internal Pull-Up
  Serial.begin(9600);
}
```

**Gambar 4. 8 Program Arduino Mega 2560**

#### 4.4 Prinsip Kerja Alat

Turbin angin mengubah angin menjadi energi mekanik melalui transmisi segitiga sehingga pompa manual bergerak. Adapun, panel surya berfungsi mengubah energi matahari menjadi energi listrik yang disimpan pada aki untuk menjalankan sistem kontrol. Pada panel disambungkan SCC untuk mengatur arus dan tegangan pada panel, aki dan pompa. Aliran air dari pompa masuk ke drum sampai batas air 10 cm dari sensor ultrasonik. Jika batas air mencapai 30 cm dari sensor maka pompa otomatis aktif dan mengisi kembali tangki air.

Saat turbin angin tidak bergerak, motorservo pada tangki air terbuka. Jika terjadi pembacaan debit pada sensor *waterflow*, motorservo tertutup.



**Gambar 4. 9 Tampak Keseluruhan Alat**  
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

## 4.5 Proses Pengambilan Data

### 4.5.1 Pengujian PLTS Berbeban

Pengambilan data dilakukan di Dusun Kajuangin, Desa Sabbang Paru, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang pada tanggal 1 Agustus 2022 dari jam 09.00 – 15.00 WITA. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan panel surya 150 WP sebanyak 1 buah dan baterai 12V 32 AH dengan beban yang digunakan yaitu pompa DC. Pada pengujian ini pompa aktif selama 1 jam yaitu pada pukul 11:20 WITA-12:20 WITA.

**Tabel 4. 1 Data Hasil Pengujian PLTS Berbeban**

| No. | Waktu (WITA) | Intensitas Matahari (W/m <sup>2</sup> ) | Tegangan Output PV (V) | Arus Output PV (A) | Tegangan Output SCC (V) | Arus Output SCC (A) |
|-----|--------------|---|------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|
| 1   | 9:00         | 920                                     | 14,5                   | 2,9                | 13,7                    | 1,44                |
| 2   | 9:10         | 734,1                                   | 14,6                   | 2,6                | 13,8                    | 1,32                |
| 3   | 9:20         | 1026,9                                  | 14,7                   | 0,7                | 13,6                    | 0,47                |
| 4   | 9:30         | 285                                     | 14,4                   | 0,8                | 13,5                    | 0,56                |
| 5   | 9:40         | 312,5                                   | 14,4                   | 0,7                | 13,5                    | 0,56                |
| 6   | 9:50         | 525,7                                   | 14,7                   | 1,8                | 13,8                    | 0,91                |
| 7   | 10:00        | 550,8                                   | 14,7                   | 1,8                | 13,8                    | 0,91                |
| 8   | 10:10        | 1108,3                                  | 16,1                   | 4,2                | 15,2                    | 1,97                |
| 9   | 10:20        | 423,6                                   | 15,1                   | 1,9                | 14,2                    | 1,17                |
| 10  | 10:30        | 1140,7                                  | 15,7                   | 3,9                | 15,7                    | 1,2                 |
| 11  | 10:40        | 1054,4                                  | 15,7                   | 3,5                | 15,9                    | 1,67                |
| 12  | 10:50        | 1062,4                                  | 16,3                   | 3,6                | 15,5                    | 1,71                |
| 13  | 11:00        | 1151,8                                  | 16,8                   | 3,3                | 16                      | 1,62                |
| 14  | 11:10        | 1106,5                                  | 14,3                   | 4,7                | 13,4                    | 2,27                |
| 15  | 11:20        | 1133,4                                  | 14,1                   | 4,8                | 13,2                    | 2,26                |
| 16  | 11:30        | 1154,4                                  | 14,1                   | 4,8                | 13,2                    | 2,23                |
| 17  | 11:40        | 416,5                                   | 13,6                   | 1,5                | 12,7                    | 1,89                |
| 18  | 11:50        | 1239,8                                  | 13                     | 1,7                | 12,7                    | 0,92                |



| No. | Waktu (WITA)                | Intensitas Matahari (W/m <sup>2</sup> ) | Tegangan Output PV (V)             | Arus Output PV (A)                                | Tegangan Output SCC (V) | Arus Output SCC (A) |
|-----|-----------------------------|---|------------------------------------|---|-------------------------|---------------------|
| 19  | 12:00                       | 1016,7                                  | 13,9                               | 4,9   | 13,7                    | 2,36                |
| 20  | 12:10                       | 1216,3                                  | 14                                 | 5,1   | 13,1                    | 2,33                |
| 21  | 12:20                       | 948,7                                   | 14,8                               | 5,1   | 13                      | 1,88                |
| 22  | 12:30                       | 575,3                                   | 14                                 | 2,2   | 13,7                    | 1,14                |
| 23  | 12:40                       | 929,6                                   | 14,6                               | 3,5   | 14,7                    | 1,18                |
| 24  | 12:50                       | 506                                     | 15,7                               | 1,4   | 15,2                    | 1,73                |
| 25  | 13:00                       | 1350,1                                  | 16,8                               | 3,4   | 16                      | 1,65                |
| 26  | 13:10                       | 1158,1                                  | 16,7                               | 2,3   | 15,8                    | 1,59                |
| 27  | 13:20                       | 1168,1                                  | 16                                 | 2,3   | 15,7                    | 1,23                |
| 28  | 13:30                       | 1149,9                                  | 15,7                               | 2,3   | 15,7                    | 1,1                 |
| 29  | 13:40                       | 684,6                                   | 13,8                               | 2,1   | 13,2                    | 1,11                |
| 30  | 13:50                       | 573,2                                   | 14,6                               | 1,8   | 13,7                    | 0,7                 |
| 31  | 14:00                       | 1064,3                                  | 15,8                               | 3,7   | 15,3                    | 1,38                |
| 32  | 14:10                       | 1051,1                                  | 15,8                               | 3,1   | 15,1                    | 1,53                |
| 33  | 14:20                       | 892                                     | 15,6                               | 2,7   | 15                      | 1,36                |
| 34  | 14:30                       | 868,5                                   | 15,6                               | 2,7   | 15,7                    | 1,39                |
| 35  | 14:40                       | 897,9                                   | 15,5                               | 2,6   | 15,3                    | 1,53                |
| 36  | 14:50                       | 710,3                                   | 15,4                               | 2,4   | 14,9                    | 1,27                |
| 37  | 15:00                       | 664,2                                   | 15,3                               | 2,3   | 15,5                    | 1,21                |
| No. | Tegangan Output Baterai (V) | Arus Output Baterai (A)                 | Debit Pompa DC (m <sup>3</sup> /s) | Keterangan Cuaca (Cerah, Mendung, Berawan, Hujan) |                         |                     |
| 1   |                             |   | 0                                  | Berawan   |                         |                     |
| 2   |                             |   | 0                                  | Berawan   |                         |                     |
| 3   |                             |   | 0                                  | Cerah   |                         |                     |
| 4   |                             |   | 0                                  | Berawan   |                         |                     |
| 5   |                             |   | 0                                  | Berawan   |                         |                     |
| 6   |                             |   | 0                                  | Berawan   |                         |                     |
| 7   |                             |   | 0                                  | Berawan   |                         |                     |
| 8   |                             |   | 0                                  | Cerah   |                         |                     |

|    |     |      |         |         |
|----|-----|------|---------|---------|
| 9  |     |      | 0       | Berawan |
| 10 |     |      | 0       | Cerah   |
| 11 |     |      | 0       | Cerah   |
| 12 |     |      | 0       | Cerah   |
| 13 |     |      | 0       | Cerah   |
| 14 |     |      | 0       | Cerah   |
| 15 | 8,5 | 7,87 | 0,00009 | Cerah   |
| 16 | 8,6 | 7,78 | 0,00012 | Cerah   |
| 17 | 8,5 | 7,4  | 0,00013 | Berawan |
| 18 | 8,4 | 7,52 | 0,00012 | Cerah   |
| 19 | 8,5 | 7,66 | 0,00013 | Cerah   |
| 20 | 8,6 | 7,48 | 0,00013 | Cerah   |
| 21 | 8,5 | 7,42 | 0,00016 | Berawan |
| 22 |     |      | 0       | Berawan |
| 23 |     |      | 0       | Berawan |
| 24 |     |      | 0       | Berawan |
| 25 |     |      | 0       | Cerah   |
| 26 |     |      | 0       | Cerah   |
| 27 |     |      | 0       | Cerah   |
| 28 |     |      | 0       | Cerah   |
| 29 |     |      | 0       | Berawan |
| 30 |     |      | 0       | Berawan |
| 31 |     |      | 0       | Cerah   |
| 32 |     |      | 0       | Cerah   |
| 33 |     |      | 0       | Berawan |
| 34 |     |      | 0       | Berawan |
| 35 |     |      | 0       | Berawan |
| 36 |     |      | 0       | Berawan |
| 37 |     |      | 0       | Berawan |

Keterangan :

 = Pompa PLTS tidak beroperasi

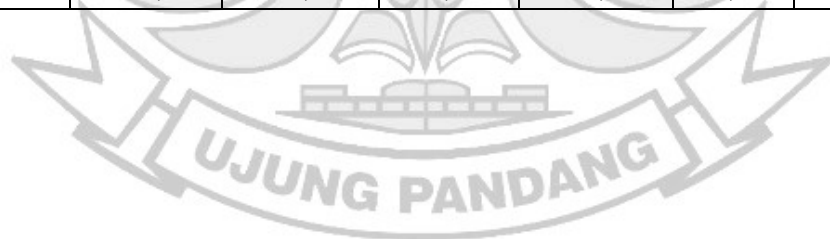
#### 4.5.2 Pengujian Pengisian Baterai

Pengambilan data dilakukan di Dusun Kajuangin, Desa Sabbang Paru, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang pada tanggal 20 Agustus 2022 dari jam 09.00 – 15.00 WITA. Pada pengujian ini dilakukan pengisian baterai (aki) menggunakan panel 150 WP sebanyak 2 buah dan baterai 12 V 50 AH. Tegangan diukur dalam rentang waktu 10 menit.

**Tabel 4. 2 Data Hasil Pengujian Pengisian Baterai**

| No. | Waktu (WITA) | Intensitas Matahari (W/m <sup>2</sup> ) | Tegangan Output PV (V) | Arus Output PV (A) | Tegangan Output SCC (V) | Arus Output SCC (A) | Keterangan Cuaca (Cerah, Mendung, Berawan, Hujan) |
|-----|--------------|---|------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|---|
| 1   | 9:00         | 1107,3                                  | 14                     | 4,2                | 13,4                    | 4,1                 | Cerah   |
| 2   | 9:10         | 920                                     | 14,3                   | 4,3                | 13,7                    | 4,3                 | Cerah   |
| 3   | 9:20         | 1132,2                                  | 14,1                   | 4,2                | 13,4                    | 4,5                 | Cerah   |
| 4   | 9:30         | 341,3                                   | 13,9                   | 2,5                | 13,1                    | 2,1                 | Berawan   |
| 5   | 9:40         | 1055,8                                  | 14,1                   | 4,6                | 13,4                    | 4,5                 | Cerah   |
| 6   | 9:50         | 1069,9                                  | 14                     | 4,1                | 13,3                    | 3,8                 | Cerah   |
| 7   | 10:00        | 1148,5                                  | 14,1                   | 6,1                | 13,5                    | 6                   | Cerah   |
| 8   | 10:10        | 1217,4                                  | 14,1                   | 6,1                | 13,6                    | 6                   | Cerah   |
| 9   | 10:20        | 1127,5                                  | 14,1                   | 5,9                | 13,6                    | 5,9                 | Cerah   |
| 10  | 10:30        | 1107,2                                  | 14,2                   | 6,1                | 13,1                    | 6,2                 | Cerah   |
| 11  | 10:40        | 1121,2                                  | 14,3                   | 6,3                | 13,7                    | 6,3                 | Cerah   |
| 12  | 10:50        | 1160,4                                  | 14,2                   | 5,6                | 13,7                    | 5,6                 | Cerah   |
| 13  | 11:00        | 1138,3                                  | 14,3                   | 6                  | 13,8                    | 6,1                 | Cerah   |
| 14  | 11:10        | 1164,7                                  | 14,4                   | 5,7                | 13,8                    | 5,7                 | Cerah   |
| 15  | 11:20        | 1158,9                                  | 14,4                   | 5,4                | 13,8                    | 5,5                 | Cerah   |
| 16  | 11:30        | 1155,7                                  | 14,5                   | 5,2                | 13,8                    | 5,2                 | Cerah   |
| 17  | 11:40        | 1121,1                                  | 14,5                   | 5                  | 13,8                    | 5,1                 | Cerah   |
| 18  | 11:50        | 1166,5                                  | 14,6                   | 5,1                | 13,9                    | 5,1                 | Cerah   |
| 19  | 12:00        | 1176,9                                  | 14,7                   | 5                  | 14,5                    | 4,8                 | Cerah   |

| No. | Waktu (WITA) | Intensitas Matahari (W/m <sup>2</sup> ) | Tegangan Output PV (V) | Arus Output PV (A) | Tegangan Output SCC (V) | Arus Output SCC (A) | Keterangan Cuaca (Cerah, Mendung, Berawan, Hujan) |
|-----|--------------|---|------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|---|
| 20  | 12:10        | 1168,5                                  | 14,7                   | 3,8                | 14,1                    | 4                   | Cerah   |
| 21  | 12:20        | 1162,3                                  | 14,7                   | 3,8                | 14,3                    | 3,9                 | Cerah   |
| 22  | 12:30        | 1174,1                                  | 14,8                   | 3,7                | 14,1                    | 3,5                 | Cerah   |
| 23  | 12:40        | 1128,2                                  | 14,9                   | 4,8                | 14,3                    | 4,8                 | Cerah   |
| 24  | 12:50        | 1186,4                                  | 15,1                   | 4,7                | 14,5                    | 4,8                 | Cerah   |
| 25  | 13:00        | 1184,8                                  | 15,2                   | 4,7                | 14,6                    | 4,5                 | Cerah   |
| 26  | 13:10        | 1145                                    | 15,2                   | 4,3                | 14,6                    | 4                   | Cerah   |
| 27  | 13:20        | 1101                                    | 15,3                   | 4,3                | 14,7                    | 4,4                 | Cerah   |
| 28  | 13:30        | 1113,8                                  | 15,7                   | 4,1                | 14,7                    | 3,6                 | Cerah   |
| 29  | 13:40        | 1082,8                                  | 15,4                   | 4                  | 14,7                    | 4,2                 | Cerah   |
| 30  | 13:50        | 943,6                                   | 15,4                   | 4,2                | 14,8                    | 4,3                 | Cerah   |
| 31  | 14:00        | 1069,5                                  | 15,5                   | 3,9                | 14,7                    | 3,8                 | Cerah   |
| 32  | 14:10        | 1025,2                                  | 15,5                   | 3,9                | 14,8                    | 4                   | Cerah   |
| 33  | 14:20        | 1040,7                                  | 15,5                   | 3,7                | 14,8                    | 3,4                 | Cerah   |
| 34  | 14:30        | 912,9                                   | 15,5                   | 3,7                | 14,8                    | 3,8                 | Cerah   |
| 35  | 14:40        | 783,9                                   | 15,5                   | 3,7                | 14,9                    | 3,6                 | Cerah   |
| 36  | 14:50        | 826,6                                   | 15,6                   | 3,5                | 14,9                    | 3,1                 | Cerah   |
| 37  | 15:00        | 898,6                                   | 15,6                   | 3,4                | 14,9                    | 3,6                 | Cerah   |





### 4.5.3 Pengujian Sistem Kerja Otomatis Pompa

Pengambilan data dilakukan di Dusun Kajuangin, Desa Sabbang Paru, Kecamatan Lembang, Kabupaten Pinrang pada tanggal 21 Agustus 2022 dari jam 09.00 – 15.00 WITA. Pada pengujian ini menggunakan panel surya 150 WP sebanyak 2 buah, baterai 12 V 50 AH. Dilakukan proses kerja sistem otomatis pompa, dimana ketika pompa torak tidak mengeluarkan debit air atau sensor *waterflow* membaca 0 L/hour maka pompa air listrik akan aktif.


**Tabel 4. 3 Data Hasil Pengujian Sistem Kerja Otomatis Pompa**

| No. | Waktu (WITA) | Intensitas Matahari (W/m <sup>2</sup> ) | Tegangan Output PV (V) | Arus Output PV (A) | Tegangan Output SCC (V) | Arus Output SCC (A) | Keterangan Cuaca (Cerah, Mendung, Berawan, Hujan) |
|-----|--------------|---|------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------|---|
| 1   | 9:00         | 974                                     | 14,4                   | 5                  | 13,8                    | 5,7                 | cerah   |
| 2   | 9:10         | 920                                     | 13,3                   | 2,3                | 12,3                    | 4,3                 | cerah   |
| 3   | 9:20         | 943,6                                   | 15,4                   | 4,2                | 14,8                    | 4,3                 | cerah   |
| 4   | 9:30         | 1162,3                                  | 14,7                   | 3,8                | 14                      | 3,9                 | cerah   |
| 5   | 9:40         | 1174,1                                  | 14,8                   | 3,7                | 14,1                    | 3,9                 | cerah   |
| 6   | 9:50         | 1168,5                                  | 14,7                   | 3,8                | 14                      | 4                   | cerah   |
| 7   | 10:00        | 1138,3                                  | 14,3                   | 6                  | 13,8                    | 6                   | cerah   |
| 8   | 10:10        | 1101                                    | 15,3                   | 4,3                | 14,7                    | 4,4                 | cerah   |
| 9   | 10:20        | 1113,8                                  | 15,4                   | 4,1                | 14,7                    | 4,2                 | cerah   |
| 10  | 10:30        | 1025,2                                  | 15,5                   | 3,9                | 14,8                    | 4                   | cerah   |
| 11  | 10:40        | 1040,7                                  | 15,4                   | 3,7                | 14,8                    | 3,9                 | cerah   |
| 12  | 10:50        | 1145                                    | 15,2                   | 4,3                | 14,6                    | 4,4                 | cerah   |
| 13  | 11:00        | 1127,5                                  | 14,1                   | 5,9                | 13,6                    | 5,9                 | cerah   |
| 14  | 11:10        | 1128,2                                  | 14,9                   | 4,8                | 14,3                    | 4,8                 | cerah   |
| 15  | 11:20        | 1144,5                                  | 11,9                   | 5,5                | 12,3                    | 2,2                 | cerah   |
| 16  | 11:30        | 1151,6                                  | 12,3                   | 5,8                | 12,5                    | 1,3                 | cerah   |
| 17  | 11:40        | 1116,5                                  | 14,5                   | 6,4                | 13,7                    | 1,8                 | cerah   |
| 18  | 11:50        | 1035,3                                  | 16,7                   | 3,8                | 16                      | 3,9                 | cerah   |

| No. | Waktu (WITA)                | Intensitas Matahari (W/m <sup>2</sup> ) | Tegangan Output PV (V) | Arus Output PV (A)             | Tegangan Output SCC (V)               | Arus Output SCC (A)    | Keterangan Cuaca (Cerah, Mendung, Berawan, Hujan) |
|-----|-----------------------------|---|------------------------|--------------------------------|---------------------------------------|------------------------|---|
| 19  | 12:00                       | 1943,8                                  | 17,8                   | 3,8                            | 16,1                                  | 3,9                    | Cerah   |
| 20  | 12:10                       | 1121,6                                  | 13,9                   | 5,9                            | 14,1                                  | 6,2                    | Cerah   |
| 21  | 12:20                       | 1157,5                                  | 14,6                   | 5,9                            | 14,3                                  | 5,8                    | Cerah   |
| 22  | 12:30                       | 1145,5                                  | 14,2                   | 4,3                            | 14,1                                  | 4,3                    | Cerah   |
| 23  | 12:40                       | 1140                                    | 14,3                   | 6,8                            | 13,8                                  | 6,7                    | Cerah   |
| 24  | 12:50                       | 1117,1                                  | 15,3                   | 4                              | 14,5                                  | 4,2                    | Cerah   |
| 25  | 13:00                       | 1113,1                                  | 14,4                   | 4,1                            | 14,5                                  | 4,1                    | Cerah   |
| 26  | 13:10                       | 411,6                                   | 13,6                   | 3                              | 12,7                                  | 3,8                    | Mendung   |
| 27  | 13:20                       | 973,3                                   | 14,4                   | 5                              | 13,8                                  | 5,7                    | Cerah   |
| 28  | 13:30                       | 1133,4                                  | 12,7                   | 5,8                            | 12,4                                  | 5,4                    | Cerah   |
| 29  | 13:40                       | 1027,6                                  | 14,3                   | 2                              | 13,5                                  | 2,4                    | Cerah   |
| 30  | 13:50                       | 405,2                                   | 13,3                   | 2,9                            | 12,6                                  | 3,2                    | Mendung   |
| 31  | 14:00                       | 917,4                                   | 13,3                   | 2,3                            | 12,3                                  | 4,3                    | Cerah   |
| 32  | 14:10                       | 859,5                                   | 13,2                   | 2,9                            | 12,6                                  | 3,3                    | Cerah   |
| 33  | 14:20                       | 1035,6                                  | 13,2                   | 3,1                            | 12,5                                  | 3                      | Cerah   |
| 34  | 14:30                       | 358,5                                   | 14,2                   | 1,7                            | 13,3                                  | 2,1                    | Mendung   |
| 35  | 14:40                       | 205,6                                   | 14,2                   | 0,9                            | 13,2                                  | 1,2                    | Mendung   |
| 36  | 14:50                       | 179,6                                   | 14,2                   | 0,7                            | 13,2                                  | 1,08                   | Mendung   |
| 37  | 15:00                       | 144                                     | 14                     | 0,6                            | 13,2                                  | 1,06                   | Mendung   |
| No. | Tegangan Output Baterai (V) | Arus Output Baterai (A)                 | Kecepatan Angin (m/s)  | Kecepatan Putaran Turbin (rpm) | Debit Pompa Torak (m <sup>3</sup> /s) | Ket. Pompa             |   |
| 1   | 9,6                         | 9,7                                     | 1,1                    | 10,3                           | 0                                     | Pompa PLTS Beroperasi  |   |
| 2   | 9,2                         | 9,3                                     | 1,3                    | 11                             | 0                                     |                        |   |
| 3   |                             |   | 1,4                    | 13,2                           | 0,000031                              | Pompa Torak Beroperasi |   |
| 4   |                             |   | 1,4                    | 14,1                           | 0,000033                              |                        |   |
| 5   |                             |   | 2                      | 15,4                           | 0,000034                              |                        |   |
| 6   |                             |   | 1,5                    | 14,7                           | 0,000033                              |                        |   |
| 7   |                             |   | 1,8                    | 15                             | 0,000033                              |                        |   |

|    |      |      |     |      |           |                        |
|----|------|------|-----|------|-----------|------------------------|
| 8  |      |      | 2,3 | 24   | 0,000072  | Pompa Torak Beroperasi |
| 9  |      |      | 2,1 | 19,2 | 0,000056  |                        |
| 10 |      |      | 2   | 17   | 0,000059  |                        |
| 11 |      |      | 2,4 | 24,7 | 0,000074  |                        |
| 12 |      |      | 2,7 | 24,3 | 0,000075  |                        |
| 13 |      |      | 4,3 | 34,2 | 0,000086  | Pompa Torak Beroperasi |
| 14 |      |      | 3,8 | 32,3 | 0,0000838 |                        |
| 15 |      |      | 3,7 | 32   | 0,000083  |                        |
| 16 |      |      | 1,5 | 14,3 | 0,000033  |                        |
| 17 |      |      | 2   | 18,7 | 0,00006   |                        |
| 18 |      |      | 5,3 | 36,2 | 0,00009   |                        |
| 19 |      |      | 6,1 | 45,1 | 0,000093  | Pompa PLTS Beroperasi  |
| 20 | 10,9 | 10,0 | 1,3 | 13,1 | 0         |                        |
| 21 | 10,7 | 10,3 | 1,3 | 12   | 0         |                        |
| 22 | 10,1 | 10,6 | 1   | 11,3 | 0         | Pompa Torak Beroperasi |
| 23 |      |      | 3,7 | 32,1 | 0,000082  |                        |
| 24 |      |      | 3,1 | 29,7 | 0,000077  | Pompa PLTS Beroperasi  |
| 25 | 9,4  | 9,8  | 1,6 | 17   | 0         |                        |
| 26 | 9,7  | 9,8  | 1   | 15,3 | 0         |                        |
| 27 | 9,6  | 9,7  | 1,1 | 15   | 0         |                        |
| 28 | 9,5  | 9,6  | 2,4 | 26   | 0         |                        |
| 29 | 9,8  | 9,3  | 1,9 | 20,1 | 0         |                        |
| 30 | 9,6  | 9,8  | 1,5 | 16,7 | 0         |                        |
| 31 | 9,2  | 9,3  | 2,1 | 21   | 0         |                        |
| 32 | 9,7  | 10,2 | 1,8 | 17   | 0         | Pompa Torak Beroperasi |
| 33 |      |      | 2,4 | 24,3 | 0,000075  |                        |
| 34 |      |      | 2,2 | 24   | 0,000072  |                        |
| 35 |      |      | 3   | 31,1 | 0,000081  |                        |
| 36 |      |      | 2,5 | 25,2 | 0,000076  |                        |
| 37 |      |      | 1,9 | 24   | 0,000072  |                        |

keterangan :

 = Pompa torak beroperasi

## 4.6 Analisa Data

### 4.6.1 Menghitung Daya Input Panel Surya, $P_{in}$

Untuk menghitung daya input panel surya menggunakan rumus pada persamaan (3-1) dengan menggunakan data ke-1 pada tabel 4.2 pengujian pengisian baterai, maka diperoleh nilai daya input panel surya sebagai berikut:

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

$$P_{in} = 1107,3 \text{ W/m}^2 \times 2,0128 \text{ m}^2$$

$$P_{in} = 2.228,8 \text{ watt}$$

### 4.6.2 Menghitung Daya Output Panel Surya, $P_{out}$

Untuk menghitung daya output panel surya menggunakan rumus pada persamaan (3-2) dengan menggunakan data ke-1 pada tabel 4.2 pengujian pengisian baterai, maka diperoleh nilai daya output panel surya sebagai berikut :

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

$$P_{out} = 14 \text{ volt} \times 4,2 \text{ Ampere}$$

$$P_{out} = 58,8 \text{ watt}$$

### 4.6.3 Menghitung Efisiensi Panel Surya, $\eta_{panel}$

Untuk menghitung efisiensi panel surya menggunakan rumus pada persamaan (3-3) dengan menggunakan data ke-1 pada tabel 4.2 pengujian pengisian baterai, maka diperoleh nilai efisiensi panel surya sebagai berikut:

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

$$\eta_{panel} = \frac{58,8 \text{ watt}}{2.228,8 \text{ watt}} \times 100\%$$

$$\eta_{panel} = 2,63 \%$$

#### 4.6.4 Menghitung Efisiensi Sistem, $\eta_{sistem}$

Untuk menghitung efisiensi sistem menggunakan rumus pada persamaan (3-4) dengan menggunakan data ke-1 pada tabel 4.3 pengujian sistem otomatis pompa, maka diperoleh nilai efisiensi sistem sebagai berikut:

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

$$\eta_{sistem} = \frac{9,6 \text{ volt} \times 9,7 \text{ A}}{1.960,46 \text{ watt}} \times 100\%$$

$$\eta_{sistem} = 4,74 \%$$

#### 4.6.5 Menghitung Daya Input Angin, $P_{in-angin}$

Untuk menghitung daya input angin menggunakan rumus pada persamaan (3-5) dengan menggunakan data ke-19 pada tabel 4.3 pengujian sistem otomatis pompa, maka diperoleh nilai daya input angin sebagai berikut :

$$P_{in-angin} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

$$P_{in-angin} = \frac{1}{2} \times \rho \times \left( \left( \frac{1}{2} \times \pi \times r^2 \right) \times 2 \right) \times v^3$$

$$P_{in-angin} = \frac{1}{2} \times 1,225 \frac{kg}{m^3} \times \left( \left( \frac{1}{2} \times 3,14 \times (0,25 \text{ m})^2 \right) \times 2 \right) \times (6,1)^3$$

$$P_{in-angin} = 27,18 \text{ watt}$$

**Tabel 4. 4 Tabel Hasil Analisa Data Pengujian Pengisian Baterai**

| No. | Waktu (WITA) | Intensitas Matahari (W/m <sup>2</sup> ) | Luas Permukaan Panel (m <sup>2</sup> ) | P <sub>out</sub> PV (V) | P <sub>in</sub> PV (V) | Efisiensi Panel (%) |
|-----|--------------|---|--|-------------------------|------------------------|---------------------|
| 1   | 9:00         | 1107,3                                  | 2,0128                                 | 58,8                    | 2228,77                | 2,6382              |
| 2   | 9:10         | 920                                     | 2,0128                                 | 61,49                   | 1851,78                | 3,3206              |
| 3   | 9:20         | 1132,2                                  | 2,0128                                 | 59,22                   | 2278,89                | 2,5986              |
| 4   | 9:30         | 341,3                                   | 2,0128                                 | 34,75                   | 686,96                 | 5,0585              |
| 5   | 9:40         | 1055,8                                  | 2,0128                                 | 64,86                   | 2125,11                | 3,0521              |
| 6   | 9:50         | 1069,9                                  | 2,0128                                 | 57,4                    | 2153,49                | 2,6654              |
| 7   | 10:00        | 1148,5                                  | 2,0128                                 | 86,01                   | 2311,7                 | 3,7206              |
| 8   | 10:10        | 1217,4                                  | 2,0128                                 | 86,01                   | 2450,38                | 3,5101              |
| 9   | 10:20        | 1127,5                                  | 2,0128                                 | 83,19                   | 2269,43                | 3,6657              |
| 10  | 10:30        | 1107,2                                  | 2,0128                                 | 86,62                   | 2228,57                | 3,8868              |
| 11  | 10:40        | 1121,2                                  | 2,0128                                 | 90,09                   | 2256,75                | 3,992               |
| 12  | 10:50        | 1160,4                                  | 2,0128                                 | 79,52                   | 2335,65                | 3,4046              |
| 13  | 11:00        | 1138,3                                  | 2,0128                                 | 85,8                    | 2291,17                | 3,7448              |
| 14  | 11:10        | 1164,7                                  | 2,0128                                 | 82,08                   | 2344,31                | 3,5012              |
| 15  | 11:20        | 1158,9                                  | 2,0128                                 | 77,76                   | 2332,63                | 3,3336              |
| 16  | 11:30        | 1155,7                                  | 2,0128                                 | 75,4                    | 2326,19                | 3,2413              |
| 17  | 11:40        | 1121,1                                  | 2,0128                                 | 72,5                    | 2256,55                | 3,2129              |
| 18  | 11:50        | 1166,5                                  | 2,0128                                 | 74,46                   | 2347,93                | 3,1713              |
| 19  | 12:00        | 1176,9                                  | 2,0128                                 | 73,5                    | 2368,86                | 3,1028              |
| 20  | 12:10        | 1168,5                                  | 2,0128                                 | 55,86                   | 2351,96                | 2,375               |
| 21  | 12:20        | 1162,3                                  | 2,0128                                 | 55,86                   | 2339,48                | 2,3877              |
| 22  | 12:30        | 1174,1                                  | 2,0128                                 | 54,76                   | 2363,23                | 2,3172              |
| 23  | 12:40        | 1128,2                                  | 2,0128                                 | 71,52                   | 2270,84                | 3,1495              |
| 24  | 12:50        | 1186,4                                  | 2,0128                                 | 70,97                   | 2387,99                | 2,972               |
| 25  | 13:00        | 1184,8                                  | 2,0128                                 | 71,44                   | 2384,77                | 2,9957              |
| 26  | 13:10        | 1145                                    | 2,0128                                 | 65,36                   | 2304,66                | 2,836               |
| 27  | 13:20        | 1101                                    | 2,0128                                 | 65,79                   | 2216,09                | 2,9687              |
| 28  | 13:30        | 1113,8                                  | 2,0128                                 | 64,37                   | 2241,86                | 2,8713              |
| 29  | 13:40        | 1082,8                                  | 2,0128                                 | 61,6                    | 2179,46                | 2,8264              |

| No. | Waktu (WITA) | Intensitas Matahari (W/m <sup>2</sup> ) | Luas Permukaan Panel (m <sup>2</sup> ) | P <sub>out</sub> PV (V) | P <sub>in</sub> PV (V) | Efisiensi Panel (%) |
|-----|--------------|---|--|-------------------------|------------------------|---------------------|
| 30  | 13:50        | 943,6                                   | 2,0128                                 | 64,68                   | 1899,28                | 3,4055              |
| 31  | 14:00        | 1069,5                                  | 2,0128                                 | 60,45                   | 2152,69                | 2,8081              |
| 32  | 14:10        | 1025,2                                  | 2,0128                                 | 60,45                   | 2063,52                | 2,9295              |
| 33  | 14:20        | 1040,7                                  | 2,0128                                 | 57,35                   | 2094,72                | 2,7378              |
| 34  | 14:30        | 912,9                                   | 2,0128                                 | 57,35                   | 1837,49                | 3,1211              |
| 35  | 14:40        | 783,9                                   | 2,0128                                 | 57,35                   | 1577,83                | 3,6347              |
| 36  | 14:50        | 826,6                                   | 2,0128                                 | 54,6                    | 1663,78                | 3,2817              |
| 37  | 15:00        | 898,6                                   | 2,0128                                 | 53,04                   | 1808,7                 | 2,9325              |

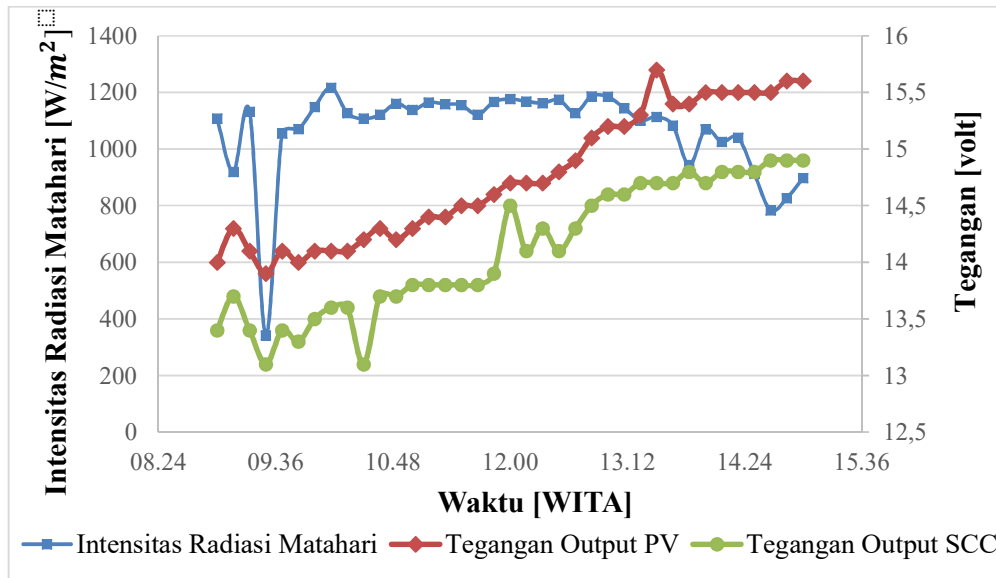
**Tabel 4. 5 Tabel Hasil Analisa Data Pengujian Sistem Otomatis Pompa**

| No. | Waktu (WITA) | Intensitas Matahari (W/m <sup>2</sup> ) | Luas Permukaan Panel (m <sup>2</sup> ) | P <sub>out</sub> PV (V) | P <sub>out</sub> SCC (V) | P <sub>out</sub> Baterai (V) | Efisiensi Sistem (%) | Daya Input Energi Angin (watt) | Keterangan             |
|-----|--------------|---|--|-------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|
| 1   | 9:00         | 974                                     | 2,0128                                 | 72                      | 78,66                    | 93,12                        | 4,74                 | 0.16                           | Pompa PLTS Beroperasi  |
| 2   | 9:10         | 920                                     | 2,0128                                 | 30,59                   | 52,89                    | 85,56                        | 4,62                 | 0.264                          |                        |
| 3   | 9:20         | 943,6                                   | 2,0128                                 | 64,68                   | 63,64                    | -                            | -                    | 0.33                           |                        |
| 4   | 9:30         | 1162,3                                  | 2,0128                                 | 55,86                   | 54,6                     | -                            | -                    | 0.33                           | Pompa Torak Beroperasi |
| 5   | 9:40         | 1174,1                                  | 2,0128                                 | 54,76                   | 54,99                    | -                            | -                    | 0.962                          |                        |
| 6   | 9:50         | 1168,5                                  | 2,0128                                 | 55,86                   | 56                       | -                            | -                    | 0.406                          |                        |
| 7   | 10:00        | 1138,3                                  | 2,0128                                 | 85,8                    | 82,8                     | -                            | -                    | 0.701                          |                        |
| 8   | 10:10        | 1101                                    | 2,0128                                 | 65,79                   | 64,68                    | -                            | -                    | 1.463                          |                        |
| 9   | 10:20        | 1113,8                                  | 2,0128                                 | 63,14                   | 61,74                    | -                            | -                    | 1.113                          |                        |
| 10  | 10:30        | 1025,2                                  | 2,0128                                 | 60,45                   | 59,2                     | -                            | -                    | 0.962                          |                        |
| 11  | 10:40        | 1040,7                                  | 2,0128                                 | 56,98                   | 57,72                    | -                            | -                    | 1.662                          |                        |
| 12  | 10:50        | 1145                                    | 2,0128                                 | 65,36                   | 64,24                    | -                            | -                    | 2.366                          |                        |
| 13  | 11:00        | 1127,5                                  | 2,0128                                 | 83,19                   | 80,24                    | -                            | -                    | 9.557                          |                        |
| 14  | 11:10        | 1128,2                                  | 2,0128                                 | 71,52                   | 68,64                    | -                            | -                    | 6.596                          |                        |
| 15  | 11:20        | 1144,5                                  | 2,0128                                 | 65,45                   | 27,06                    | -                            | -                    | 6.089                          |                        |

| No. | Waktu (WITA) | Intensitas Matahari (W/m <sup>2</sup> ) | Luas Permukaan Panel (m <sup>2</sup> ) | P <sub>out</sub> PV (V) | P <sub>out</sub> SCC (V) | P <sub>out</sub> Baterai (V) | Efisiensi Sistem (%) | Daya Input Energi Angin (watt) | Keterangan             |
|-----|--------------|---|--|-------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|
| 16  | 11:30        | 1151,6                                  | 2,0128                                 | 71,34                   | 16,25                    | -                            | -                    | 0.406                          | Pompa Torak Beroperasi |
| 17  | 11:40        | 1116,5                                  | 2,0128                                 | 92,8                    | 24,66                    | -                            | -                    | 0.962                          |                        |
| 18  | 11:50        | 1035,3                                  | 2,0128                                 | 63,46                   | 62,4                     | -                            | -                    | 17.9                           |                        |
| 19  | 12:00        | 1943,8                                  | 2,0128                                 | 67,64                   | 62,79                    | -                            | -                    | 27.28                          |                        |
| 20  | 12:10        | 1121,6                                  | 2,0128                                 | 82,01                   | 87,42                    | 109                          | 4,82                 | 0.264                          | Pompa PLTS Beroperasi  |
| 21  | 12:20        | 1157,5                                  | 2,0128                                 | 86,14                   | 82,94                    | 110,21                       | 4,73                 | 0.264                          |                        |
| 22  | 12:30        | 1145,5                                  | 2,0128                                 | 61,06                   | 60,63                    | 107,06                       | 4,64                 | 0.12                           |                        |
| 23  | 12:40        | 1140                                    | 2,0128                                 | 97,24                   | 92,46                    | -                            | -                    | 6.089                          | Pompa Torak Beroperasi |
| 24  | 12:50        | 1117,1                                  | 2,0128                                 | 61,2                    | 60,9                     | -                            | -                    | 3.581                          |                        |
| 25  | 13:00        | 1113,1                                  | 2,0128                                 | 59,04                   | 59,45                    | 92,12                        | 4,11                 | 0.492                          | Pompa PLTS Beroperasi  |
| 26  | 13:10        | 411,6                                   | 2,0128                                 | 40,8                    | 48,26                    | 95,06                        | 11,47                | 0.12                           |                        |
| 27  | 13:20        | 973,3                                   | 2,0128                                 | 72                      | 78,66                    | 93,12                        | 4,75                 | 0.16                           |                        |
| 28  | 13:30        | 1133,4                                  | 2,0128                                 | 73,66                   | 66,96                    | 91,2                         | 3,99                 | 1.662                          |                        |
| 29  | 13:40        | 1027,6                                  | 2,0128                                 | 28,6                    | 32,4                     | 91,14                        | 4,41                 | 0.824                          |                        |
| 30  | 13:50        | 405,2                                   | 2,0128                                 | 38,57                   | 40,32                    | 94,08                        | 11,53                | 0.406                          |                        |
| 31  | 14:00        | 917,4                                   | 2,0128                                 | 30,59                   | 52,89                    | 85,56                        | 4,63                 | 1.113                          |                        |
| 32  | 14:10        | 859,5                                   | 2,0128                                 | 38,28                   | 41,58                    | 98,94                        | 5,71                 | 0.701                          |                        |
| 33  | 14:20        | 1035,6                                  | 2,0128                                 | 40,92                   | 37,5                     | -                            | -                    | 1.662                          | Pompa Torak Beroperasi |
| 34  | 14:30        | 358,5                                   | 2,0128                                 | 24,14                   | 27,93                    | -                            | -                    | 1.28                           |                        |
| 35  | 14:40        | 205,6                                   | 2,0128                                 | 12,78                   | 15,84                    | -                            | -                    | 3.245                          |                        |
| 36  | 14:50        | 179,6                                   | 2,0128                                 | 9,94                    | 14,256                   | -                            | -                    | 1.878                          |                        |
| 37  | 15:00        | 144                                     | 2,0128                                 | 8,4                     | 13,992                   | -                            | -                    | 0.824                          |                        |

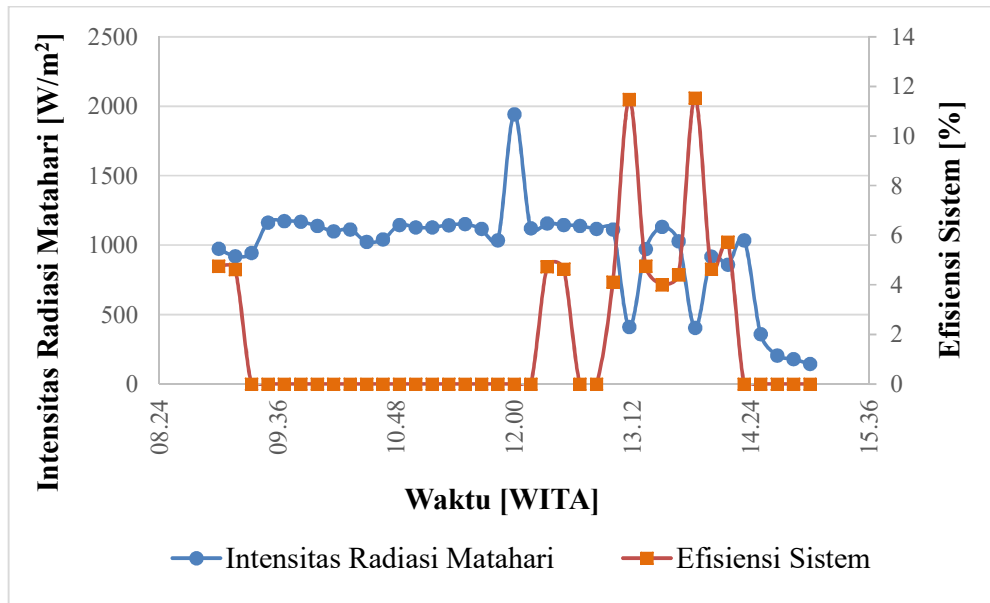


#### 4.7 Grafik dan Pembahasan



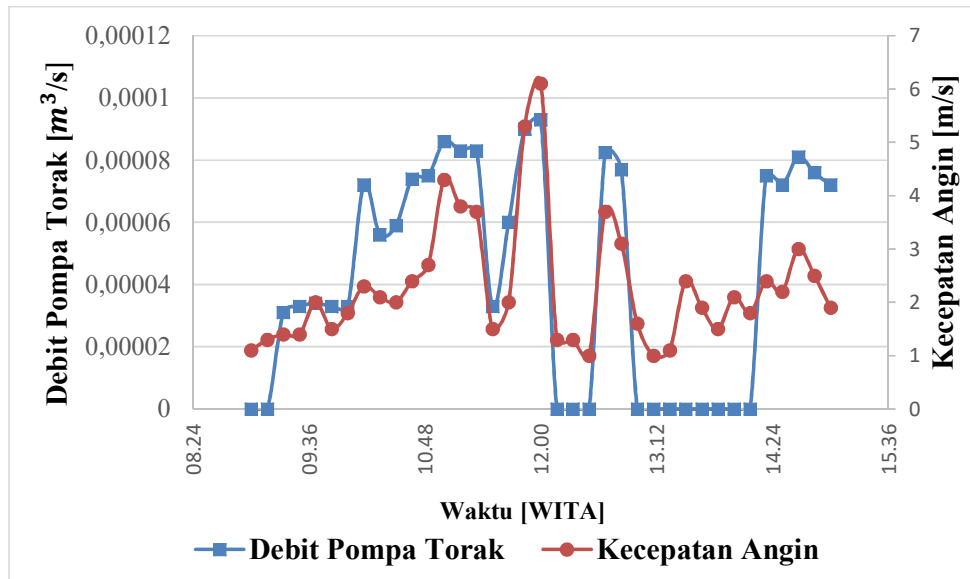
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan antara Intensitas Radiasi Matahari dan Tegangan Output PV, Tegangan Output SCC terhadap Waktu Pada Pengujian Pengisian Baterai

Gambar 4.10 menjelaskan tentang grafik hubungan antara intensitas radiasi matahari dan tegangan output PV, tegangan output SCC terhadap waktu. Trend grafik di atas yaitu fluktuatif. Nilai tertinggi tegangan output PV yaitu 15,7 volt pada pukul 13:30 WITA sedangkan nilai terendahnya yaitu 13,9 volt pada pukul 9:30 WITA. Adapun nilai tertinggi tegangan output SCC yaitu 14,9 volt pada pukul 14:40 WITA, 14:50 WITA dan 15:00 WITA sedangkan nilai terendahnya yaitu 13,31 volt pada pukul 10:30 WITA.



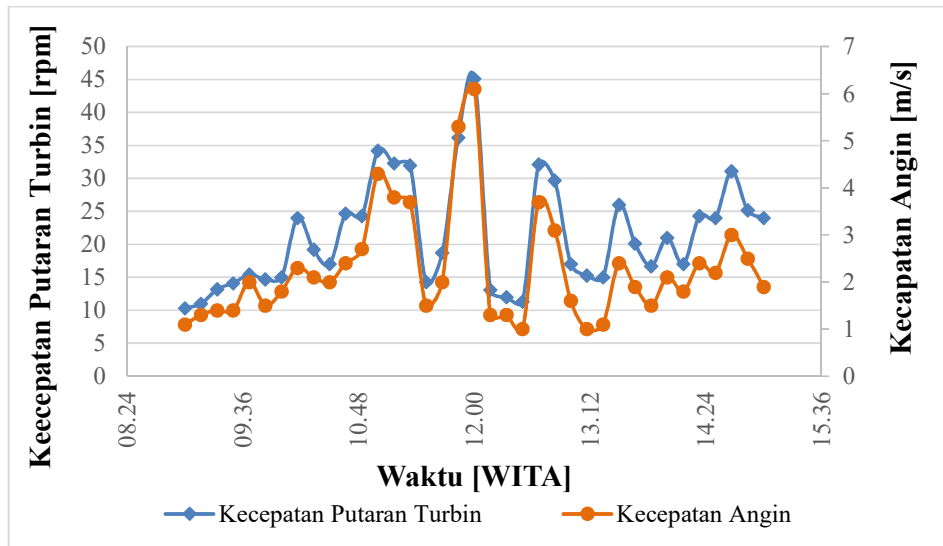
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan antara Intensitas Radiasi Matahari dan Efisiensi Sistem terhadap Waktu Pada Pengujian Sistem Otomatis Pompa

Gambar 4.11 menjelaskan grafik tentang hubungan antara intensitas radiasi matahari dan efisiensi sistem terhadap waktu. Trend grafik tersebut yaitu fluktuatif. Nilai tertinggi efisiensi sistem yaitu 11,53 % pada pukul 13:50 WITA sedangkan nilai terendah efisiensi sistem yaitu 3,99 % pada pukul 13:30 WITA.



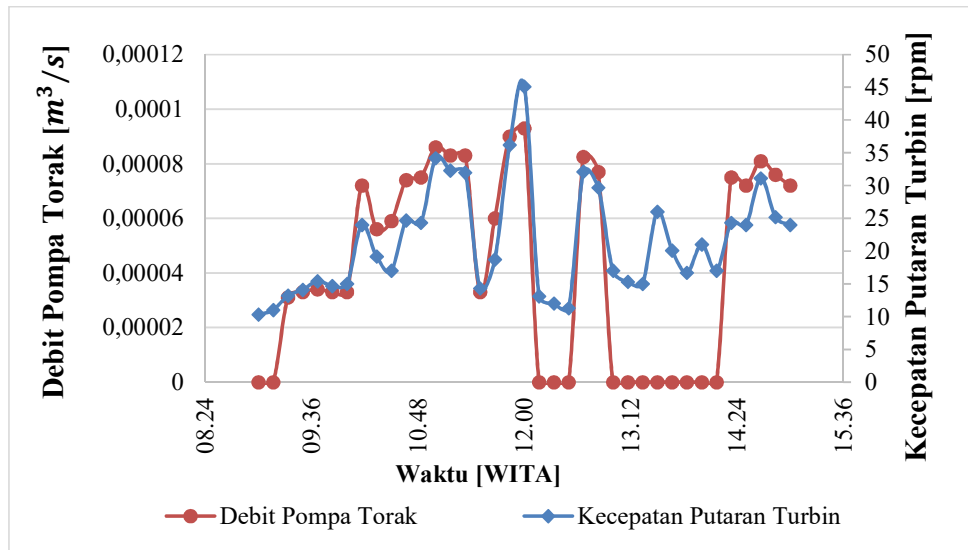
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan antara Debit Pompa Torak dan Kecepatan Angin terhadap Waktu Pada Pengujian Sistem Otomatis Pompa

Pada gambar 4.12 menjelaskan grafik hubungan antara debit pompa torak dan kecepatan angin terhadap waktu. Grafik tersebut memiliki trend fluktuatif namun menunjukkan bahwa kecepatan angin berbanding lurus dengan debit pompa torak. Dimana semakin besar kecepatan angin maka akan semakin besar nilai debit pompa torak yang akan dihasilkan. Kecepatan angin tertinggi yaitu 6,1 m/s dengan keluaran debit pompa torak yaitu 0,000093  $m^3/s$  pada pukul 12:00 WITA, sedangkan kecepatan angin terendah yaitu 1 m/s dengan keluaran debit pompa torak yaitu 0  $m^3/s$  pada pukul 12:30 WITA dan 13:10 WITA.



Gambar 4. 13 Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin dan Putaran Turbin terhadap Waktu Pada Pengujian Sistem otomatis Pompa

Pada gambar 4.13 menunjukkan grafik hubungan antara kecepatan angin berbanding lurus dengan kecepatan putaran turbin. Dimana semakin besar kecepatan angin maka kecepatan putaran turbin juga akan semakin besar. Adapun nilai tertinggi kecepatan angin yaitu 6,1 m/s dan kecepatan putaran turbin yaitu 45,1 rpm pada pukul 12:00 WITA. Sedangkan nilai terendah kecepatan angin yaitu 1 m/s dan kecepatan putaran turbin yaitu 11,3 rpm dan 15,3 rpm pada pukul 12:30 WITA dan pukul 13:10 WITA.



Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Kecepatan Putaran Turbin dan Debit Pompa Torak terhadap Waktu pada Pengujian Sistem Otomatis Pompa

Gambar 4.14 menunjukkan trend grafik fluktuatif namun kecepatan putaran turbin berbanding lurus dengan debit pompa torak yang dihasilkan. Dimana semakin besar kecepatan putaran turbin maka debit yang akan dihasilkan pompa torak juga akan semakin besar. Adapun nilai tertinggi kecepatan putaran turbin yaitu 45,1 rpm dengan keluaran debit pompa torak yaitu 0,000093  $m^3/s$ , sedangkan nilai terendah kecepatan putaran turbin yaitu 11,3 rpm dengan keluaran debit pompa torak yaitu 0  $m^3/s$ .

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian alat, maka diperoleh kesimpulan, yaitu:

- 1) PLTS dirancang dengan kapasitas panel 150 WP sebanyak 2 buah untuk menggerakkan pompa 12 V DC menggunakan mikrokontroler dan turbin angin savonius bertingkat dirancang untuk menggerakkan pompa torak.
- 2) Turbin angin berputar dengan kecepatan tertinggi yaitu 45,1 rpm dengan keluaran debit pompa torak tertinggi yaitu 336 L/hour pada pukul 12.00 WITA.
- 3) Sistem kontrol dibuat untuk mengendalikan kontinuitas air. Dimana pompa PLTS akan beroperasi apabila debit yang dihasilkan pompa torak = 0 L/hour dan pompa torak akan kembali beroperasi apabila debit sudah terbaca dilayar LCD.
- 4) Pompa DC aktif apabila sensor ultrasonik mengirimkan sinyal ketinggian air mencapai 30 cm dan mati apabila level air di dalam tangka air sudah mencapai ketinggian 10 cm dari sensor ultrasonik.
- 5) Kecepatan putaran turbin sangat mempengaruhi keluaran debit pada pompa torak. Dimana semakin besar kecepatan putaran turbin maka keluaran debit pompa torak juga akan besar.

## 5.2 Saran

- 1) Memperbaiki desain lengkungan *blade* agar dapat memanfaatkan energi angin yang lebih maksimal.
- 2) Untuk pengembangan selanjutnya menggunakan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) agar dapat dimonitor jarak jauh.
- 3) Menambahkan *blade* pada turbin angin savonius bertingkat agar dapat menghasilkan putaran poros turbin yang semakin cepat.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, Siti Rosdiana Rahma dan Abdehi Perdana Ain. (2020). “Rancang Bangun PLTS Untuk Pompa Air 12V DC Berbasis Arduino”. Laporan Tugas Akhir. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Farhan A. Khammas, et al. “Overview of Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) is one of the Wind Energy Application”. *Applied Mechanics and Materials*. 2015; 739: 388-392.
- gesainstech.com. (2021, 26 Mei). Cara Menghitung Kebutuhan PLTS Skala Rumahan | Panel Surya. Diakses pada 13 September 2022, dari <https://www.gesainstech.com/2021/05/cara-menghitung-kebutuhan-plts-skala.html?m=1>
- Herlambang, Y. D. (2016). Model turbin Savonius 1-tingkat sebagai penggerak mula pompa air tanpa bahan bakar untuk pengairan. *Eksergi: Jurnal Teknik Energi*, 9(1).
- Manwell, J. F., et al. (2002). “Wind Energy Explained: Theory, Design and Application”, John Wiley and Sons Chichester, USA.
- Nakhoda, Y. I., dan Saleh, C. (2015). “Rancang Bangun Kincir Angin Sumbu Vertikal Pembangkit Tenaga Listrik Portabel”. *Teknik Elektro*, Institut Teknologi Malang.
- Rusianto, T. dan Huda, S. (2019). “Pompa Air Dengan Penggerak Kincir Angin Untuk Pengairan Didusun Bugel 2, Kelurahan Bugel, Kecamatan Panjatan, Kabupaten Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta”. Jurusan Teknik Mesin, Institut Sains & Teknologi, AKPRIND Yogyakarta.



- Riyadi, Awang. (2008). “*Clearinghouse* Energi Terbaharukan dan Konservasi Energi.” Seri Kajian Ilmiah, Volume 15, No. 1. Hal. 59-66.
- Silitonga, A.S., Husin Ibrahim. (2020). “Buku Ajar Energi Baru dan Terbarukan”. Yogyakarta: Grup Penerbitan CV Budi Utama.
- Setiono, I. (2014). “Akumulator, Pemakaian dan Perawatannya.” Metana, Vol. 11, No. 01.
- Shaputra, R., Gunoto, P., & Irsyam, M. (2019). Kran air otomatis pada tempat berwudhu menggunakan sensor ultrasonik berbasis arduino uno. *Sigma Teknika*, 2(2), 192-201.
- Siregar, M., Evalina, N., Cholish, C., Abdullah, A., & Haq, M. Z. (2021). Analisa Hubungan Seri Dan Paralel Terhadap Karakteristik Solar Sel Di Kota Medan. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 3(2), 94-100.
- Supriyo, S. Model Turbin Angin Penggerak Pompa.
- Wahid, Rifqy Rinaldi dan Rima Zalsabillah. (2021). “Rancang Bangun Prototipe Sistem Kendali Suplai Air Berbasis Kombinasi Energi Angin dan Energi Surya”. Laporan Tugas Akhir. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Wijaksono, Mochamad Fajar dan Hidayat. (2017). “Mudah Belajar Mikrokontroler Arduino”. Bandung: Informatika Bandung.



## LAMPIRAN

## Lampiran 1 Listing Pemrograman

```
#include<Servo.h>
#include<LiquidCrystal_I2C.h>

int kondisi=0;
Servo servo1;
#define relay 8
#define trig 5
#define echo 6
long durasi, jarak;
LiquidCrystal_I2C lcd (0x27, 16,2);
volatile int flow_frequency; //Measures flow sensor pulses
unsigned int L_hour; //Calculated litres/hour
unsigned char flowsensor=2; //Sensor Input
unsigned long currentTime;
unsigned long cloopTime;
void flow() //Interrupt function

{
  flow_frequency++;
}
void setup()
{
  servo1.attach(4);
  pinMode(flowsensor, INPUT);
  pinMode(relay, OUTPUT);
  pinMode(trig, OUTPUT);
  pinMode(echo, INPUT);
  digitalWrite(flowsensor, HIGH); //Optional Internal Pull-Up
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(0,flow,RISING); //Setup Interrupt
```

```

sei(); //Enable interrupts
currentTime=millis();
cloopTime=currentTime;
// lcd.begin
lcd.init();
lcd.backlight();
lcd.print("MENYALAKAN ALAT");
Serial.println("MENYALAKAN ALAT");
delay(2000);
}
void loop()
{
digitalWrite(trig, LOW);
delayMicroseconds(8);
digitalWrite(trig, HIGH);
delayMicroseconds(8);
digitalWrite(trig,LOW);
delayMicroseconds(8);

durasi=pulseIn(echo, HIGH);
jarak=(durasi/2)/29.1;
Serial.print("Jarak=");
Serial.print(jarak);
Serial.println("CM");
currentTime=millis();
//Every second, calculate and print litres/hour
if(currentTime>=(cloopTime=1000))
{
cloopTime=currentTime; //Updates cloopTime
//Pulse frequency (Hz)=7.5Q,Q is flow rate in L/min.

```

```
L_hour=(flow_frequency*60/7.5); //(Pulse frequency x 60 min)/7.5Q= flowrate  
in L/hour
```

```
flow_frequency=0; //Reset Counter  
Serial.print(L_hour, DEC); //Print litres/hour  
Serial.println("L/hour");  
lcd.clear();  
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("VOL ALIRAN=");  
lcd.print(L_hour, DEC);  
lcd.setCursor(15,0);  
lcd.print("L");  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("TINGGI AIR=");  
lcd.print(jarak);  
delay(200);  
if(L_hour<=2){  
  servo1.write(0);  
  if(jarak<=10){  
    kondisi=1;  
  }  
  if(jarak>=30){  
    kondisi=2;  
  }  
  if(kondisi==1){  
    digitalWrite(relay, HIGH);  
    kondisi=0;  
  }  
  if(kondisi==2){  
    digitalWrite(relay, LOW);  
    kondisi=0;  
  }  
}
```

```
}  
else{  
  servo1.write(90);  
  if(jarak<=10){  
    kondisi=1;  
  }  
  if(jarak>=30){  
    kondisi=2;  
  }  
  if(kondisi==1){  
    digitalWrite(relay, HIGH);  
    kondisi=0;  
  }  
  if(kondisi==2){  
    digitalWrite(relay, LOW);  
    kondisi=0;  
  }  
}  
}  
}  
delay(1000);  
}
```



## Lampiran 2 Dokumentasi Kegiatan

### Proses Pembuatan Alat





## Proses Pengambilan Data





### Lampiran 3 Perhitungan Debit Pompa DC

$$Q = \frac{V}{t}$$

Keterangan :

Q = Debit Pompa DC (m<sup>3</sup>/s)

V = Volume tabung (m<sup>3</sup>)

t = Waktu (s)

- 1) Untuk data ke-15 pukul 11:20 WITA pada tabel 4.1 data hasil pengujian PLTS Berbeban, debit pompa DC yang dihasilkan, yaitu:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{\pi r^2 t_{\text{tabung}}}{t}$$

$$Q = \frac{3,14 \times (0,285 \text{ m})^2 \times 0,22 \text{ m}}{600 \text{ s}}$$

$$Q = 0,000093 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 2) Untuk data ke-16 pukul 11:30 WITA pada tabel 4.1 data hasil pengujian PLTS Berbeban, debit pompa DC yang dihasilkan, yaitu:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{\pi r^2 t_{\text{tabung}}}{t}$$

$$Q = \frac{3,14 \times (0,285 \text{ m})^2 \times 0,28 \text{ m}}{600 \text{ s}}$$

$$Q = 0,00012 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 3) Untuk data ke-17 pukul 11:40 WITA pada tabel 4.1 data hasil pengujian PLTS Berbeban, debit pompa DC yang dihasilkan, yaitu:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{\pi r^2 t_{\text{tabung}}}{t}$$

$$Q = \frac{3,14 \times (0,285 \text{ m})^2 \times 0,31 \text{ m}}{600 \text{ s}}$$

$$Q = 0,00013 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 4) Untuk data ke-18 pukul 11:50 WITA pada tabel 4.1 data hasil pengujian PLTS Berbeban, debit pompa DC yang dihasilkan, yaitu:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{\pi r^2 t_{\text{tabung}}}{t}$$

$$Q = \frac{3,14 \times (0,285 \text{ m})^2 \times 0,29 \text{ m}}{600 \text{ s}}$$

$$Q = 0,00012 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 5) Untuk data ke-19 pukul 12:00 WITA pada tabel 4.1 data hasil pengujian PLTS Berbeban, debit pompa DC yang dihasilkan, yaitu:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{\pi r^2 t_{\text{tabung}}}{t}$$

$$Q = \frac{3,14 \times (0,285 \text{ m})^2 \times 0,30 \text{ m}}{600 \text{ s}}$$

$$Q = 0,00013 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 6) Untuk data ke-20 pukul 12:10 WITA pada tabel 4.1 data hasil pengujian PLTS Berbeban, debit pompa DC yang dihasilkan, yaitu:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{\pi r^2 t_{tabung}}{t}$$

$$Q = \frac{3,14 \times (0,285 \text{ m})^2 \times 0,30 \text{ m}}{600 \text{ s}}$$

$$Q = 0,00013 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 7) Untuk data ke-21 pukul 12:20 WITA pada tabel 4.1 data hasil pengujian PLTS Berbeban, debit pompa DC yang dihasilkan, yaitu:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{\pi r^2 t_{tabung}}{t}$$

$$Q = \frac{3,14 \times (0,285 \text{ m})^2 \times 0,37 \text{ m}}{600 \text{ s}}$$

$$Q = 0,00016 \text{ m}^3/\text{s}$$