

RANCANG BANGUN TURBIN SAVONIUS PENGGERAK
POMPA *SUBMERSIBLE* SEBAGAI ALAT PENYIRAM
TANAMAN BERBASIS ARDUINO



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

MUH FATH HAQ 342 20 054

MAR'ANA 342 20 063

PROGRAM STUDI DIPLOMA TIGA TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
202

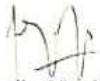
HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir dengan judul "Rancang Bangun Turbin Savonius Penggerak Pompa *Submersible* Sebagai Alat Penyiram Tanaman Berbasis *Arduino*" oleh Muh Fath Haq NIM 342 20 054 dan Mar'ana NIM 342 20 063 dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 2023

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Apollo, S.T., M.Eng.
NIP.19690723 199303 1 002

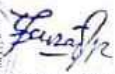


Prof. A.M. Shiddiq Yunus, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIP.19780804 200112 1 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Mesin




Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T.

NIP.19680105 199403 1 001



HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, 20 September 2023, tim penguji ujian sidang laporan tugas akhir telah menerima hasil ujian sidang laporan tugas akhir oleh mahasiswa: Muh Fath Haq 342 20 054 dan Mar'ana NIM 342 20 063 dengan judul "**Rancang Bangun Turbin Savonius Penggerak Pompa *Submersible* Sebagai Alat Penyiram Tanaman Berbasis Arduino**".

Makassar,

September 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

- | | | |
|---|---------------|---|
| 1. Yiyin Khalistafani, S.T., M.T. | Ketua |  |
| 2. Sukma Abadi, S.T., M.T. | Sekretaris |  |
| 3. Prof. Ir.Suryanto, M.Sc., Ph.D. | Anggota I |  |
| 4. Dr.Eng.Akhmad Taufik, S.T., M.T. | Anggota II |  |
| 5. Apollo,S.T., M.Eng | Pembimbing I |  |
| 6. Prof. A.M.Shiddiq Y, S.T.,M.Eng.Sc.Ph.D. | Pembimbing II |  |

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa. Atas berkat dan rahmat-Nyalah sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir ini yang berjudul “**Rancang Bangun Turbin Savonius Penggerak Pompa *Submersible* Sebagai Alat Penyiram Tanaman Berbasis Arduino**” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penulisan laporan tugas akhir ini tidak sedikit hambatan yang penulis alami. Namun, berkat bantuan berbagai pihak terutama pembimbing, hambatan tersebut dapat teratasi. Sehubungan dengan itu, pada kesempatan dan melalui lembaran ini penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan kepada:

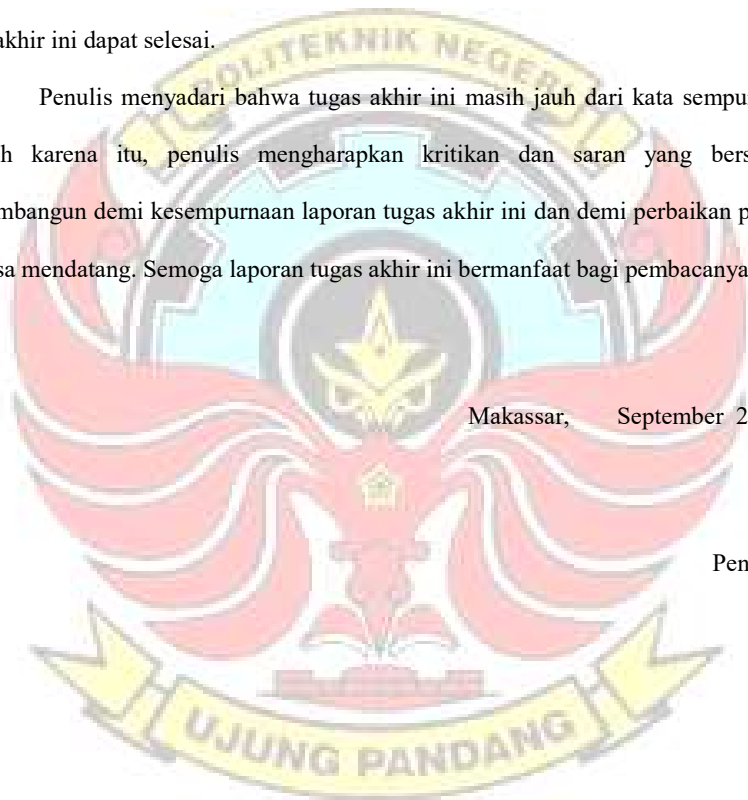
1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan nikmat berupa kekuatan dan kelancaran dalam bertindak dan berpikir untuk menyelesaikan tugas akhir.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Ketua Jurusan Teknik Mesin Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T.
4. Kordinator Program Studi D-3 Teknik Konversi Energi Ibu Sri Suwasti S.ST., M.T.
5. Bapak Apollo, S.T., M.Eng. sebagai pembimbing I dan Bapak Prof. A.M.Shiddiq Y, S.T., M.Eng.Sc.Ph.D. sebagai pembimbing II yang telah mencurahkan perhatian dan kesempatanya untuk mengarahakan kami dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

6. Kedua orang tua tercinta, juga kepada saudara-saudara kami yang telah memberikan banyak bantuan berupa dorongan moral, bantuan materi, serta tak henti-hentinya memberikan doa yang tulus kepada kami dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini.
7. Teman-teman yang telah berkenan membantu hingga laporan proposal tugas akhir ini dapat selesai.

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

Makassar, September 2023

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENERIMAAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN ATAU SINGKATAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
SURAT PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN	xv
RINGKASAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan	3
1.4 Tujuan Kegiatan	4
1.5 Manfaat Kegiatan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)	5
2.2 Energi Angin	5

2.3 Potensi Angin.....	7
2.4 Komponen PLTB	13
2.4.1 Turbin Angin.....	13
2.4.2 Turbin Angin Savonius	18
2.4.3 Generator.....	20
2.4.4 <i>Solar Charger Controller (SCC)</i>	21
2.4.5 Pulley	22
2.4.6 Sabuk (Belt).....	22
2.4.7 Bearing.....	23
2.4.8 Akumulator (Aki).....	24
2.4.9 <i>Charger Akumulator</i>	25
2.5 Pompa Listrik 12V DC.....	25
2.6 Komponen Sistem Kontrol	27
2.6.1 Mikrokontroler Arduino Uno R3	27
2.6.2 LCD (Liquid Crystal Display)	28
2.6.3 Soil Sensor.....	29
2.6.4 <i>Boost Converter</i> (converter step-up).....	30
2.6.5 Relay	31
2.7 Sprinkler	32
BAB III METODE KEGIATAN.....	33
3.1 Waktu dan Tempat Kegiatan	33
3.2 Alat dan Bahan.....	33
3.2.1 Alat	33
3.2.2 Bahan	34
3.3 Prosedur Kegiatan	35
3.3.1 Studi Literatur.....	35

3.3.2 Tahap Perancangan.....	35
3.3.3 Tahap Pembuatan dan Perakitan	36
3.3.4 Pengujian Alat.....	39
3.4 Diagram Alir Kegiatan	40
3.5 Blok Diagram Pemrograman.....	41
3.6 Perancangan Sistem Kontrol.....	41
3.7 Perancangan Kelistrikan	43
3.8 Metode Analisa	43
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 Hasil.....	46
4.1.1 Survei Lapangan.....	46
4.1.2 Hasil Perancangan Turbin Angin	47
4.1.3 Hasil Perancangan Sistem Kelistrikan Turbin Angin Vertikal 2 sudu	48
4.1.4 Perancangan Sistem Kontrol	49
4.1.5 Prinsip Kerja Alat	50
4.2 Kinerja Sprinkler.....	51
4.3 Pembahasan.....	52
4.3.1 Hasil Pengujian Mekanik Turbin Angin.....	52
4.3.2 Pengisian dan pengosongan Baterai Aki Pada Alat	52
4.3.3 Analisis Data.....	60
4.3.4 Hasil Analisis Data.....	63
4.3.5 Grafik dan Pembahasan.....	66
BAB 5 PENUTUP	75
5.1 Kesimpulan	75
5.2 Saran	75

DAFTAR PUSTAKA 76



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pemanfaatan potensi angin	9
Tabel 4. 1 Hubungan Ketinggian Pipa Sprinkler dan Jarak Penyiraman.....	52
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran dari Mekanik Turbin Angin.....	52
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Pengisian aki pada hari pertama tanggal 2 September 2023.....	53
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Pengosongan aki pada hari ke dua tanggal 3 September 2023.....	54
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Pengisian aki pada hari ke tiga tanggal 4 September 2023.....	55
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Pengosongan aki pada hari ke empat tanggal 5 September 2023.....	56
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Pengisian aki pada hari ke lima tanggal 6 September 2023.....	57
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Pengosongan aki pada hari ke lima tanggal 7 September 2023.....	58
Tabel 4. 9 Hasil analisis data pengisian baterai aki 2 September 2023.....	63
Tabel 4. 10 Hasil analisis data pengisian baterai aki 4 September 2023.....	64
Tabel 4. 11 Hasil analisis data pengisian baterai aki 6 September 2023	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Aliran Angin Gunung dan Lembah	8
Gambar 2. 2 Tips speed ratio turbin	11
Gambar 2. 3 Turbin Angin Horizontal.....	16
Gambar 2. 4 Turbin Angin Sumbu Verticalrtical	17
Gambar 2. 5 Jenis Turbin Sumbu Horizontal Tipe baling baling (HAWT) dan Turbin Sumbu Vertikal Desain Savonius, Darrieus, dan H-Rotor... ..	18
Gambar 2. 6 Turbin Savonius.....	19
Gambar 2. 7 Generator Magnet Permanen.....	21
Gambar 2. 8 Solar Charger Controller.....	22
Gambar 2. 9 Pulley	22
Gambar 2. 10 Sabuk V-belt.....	23
Gambar 2. 11 Bearing	23
Gambar 2. 12 Baterai Aki 12 V DC	25
Gambar 2. 13 Charger Akumulator	25
Gambar 2. 14 Pompa Celup (Submersible).....	26
Gambar 2. 15 Pompa Permukaan (Surface/Floating Pump)	27
Gambar 2. 16 Pompa Semi.....	27
Gambar 2. 17 Arduino R3	28
Gambar 2. 18 Liquid Crystal Display 16 x 2	29
Gambar 2. 19 Soil Sensor.....	30
Gambar 2. 20 Boost Converter (converter step-up).....	31
Gambar 2. 21 Relay	31

Gambar 2. 22 Sprikler.....	32
Gambar 3. 1 Sketsa Alat	35
Gambar 3. 2 Design Proses Kerja Alat	36
Gambar 3. 3 Design Turbin Savonius Penggerak Pompa Submersible Sebagai Alat Penyiram Tanaman Berbasis Arduino	38
Gambar 3. 4 Diagram Alir Kegiatan.....	41
Gambar 3. 5 Blok Diagram Pemograman.....	41
Gambar 3. 6 Perancangan Sistem Kontrol	42
Gambar 3. 7 Perancangan Kelistrikan	43
Gambar 4. 1 Kondisi Lapangan.....	46
Gambar 4. 2 Turbin Angin Savonius 2 blade.....	47
Gambar 4. 3 Sistem Kelistrikan.....	48
Gambar 4. 4 Arduino R3.....	49
Gambar 4. 5 Sensor Soil	49
Gambar 4. 6 Program Arduino Uno R3	50
Gambar 4. 7 Tampak Keseluruhan Alat.....	51
Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Kecepatan Angin (m/s) Terhadap Waktu (s).....	66
Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Daya Angin (Watt) Terhadap Kecepatan Angin (m/s)	67
Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Daya Turbin (Watt) terhadap Kecepatan Angin (m/s)	68
Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Daya Generator (Watt) terhadap Kecepatan Angin (m/s).....	69

Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Efisiensi Sistem (%) terhadap Kecepatan Angin (m/s)	70
Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Pengisian aki (V) terhadap waktu (s) pada tanggal 2 September 2023	71
Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Pengisian aki terhadap waktu pada tanggal 4 September 2023	71
Gambar 4. 15 Grafik Hubungan Pengisian aki (V) terhadap waktu (s) pada tanggal 6 September 2023	72
Gambar 4. 16 Grafik Hubungan Pengosongan aki (V) terhadap waktu (s) pada tanggal 3 September 2023	73
Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Pengosongan aki (V) terhadap waktu (s) pada tanggal 5 September 2023	73
Gambar 4. 18 Grafik hubungan antara pengosongan aki (V) terhadap waktu (s) pada tanggal 7 september	74



DAFTAR SIMBOL, SATUAN, DAN ATAU SINGKATAN

Simbol	Satuan	Keterangan
η_{sis}	(%)	Efisiensi System
P_{gen}	Watt	Daya Generator
P_a	Watt	Daya angin
V	Volt	Tegangan
I	Ampere	Arus
ρ	Kg/m^3	Massa jenis Udara
A	m^2	Luas permukaan penampang kincir yang terkena angin dan luas rotor
v	m/s	Kecepatan angin
P_v	Watt	Daya Angin (watt)
E_k	Joule	Energi Kinetik
P_{turbin}	Watt	Daya turbin angina
H	meter	Tinggi turbin
R	M	Jari-jari turbin

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perancangan alat	80
Lampiran 2 Perancangan Turbin	81
Lampiran 3 Perancangan kerangka.....	82
Lampiran 4 Ukuran Besi As.....	83
Lampiran 5 Ukuran Panjang Pipa.....	83
Lampiran 6 Proses Pembuatan Alat.....	84
Lampiran 7 Proses Pengujian Alat	87
Lampiran 8 Program Arduino	89



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Muh Fath Haq

Nim : 342 20 054

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul "Rancang Bangun Turbin Savonius Penggerak Pompa *Submersible* Sebagai Alat Penyiram Tanaman Berbasis Arduino" merupakan gagasan, hasil karya saya 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, 20 September 2023



Muh Fath Haq
NIM. 342 20 054

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mar'ana

Nim : 342 20 063

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan tugas akhir ini, yang berjudul "Rancang Bangun Turbin Savonius Penggerak Pompa *Submersible* Sebagai Alat Penyiram Tanaman Berbasis Arduino" merupakan gagasan, hasil karya saya 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, 20 September 2023


Mar'ana
NIM. 342 20 063

RINGKASAN

Pembangkit Energi Tenaga Angin adalah sebuah proses pembangkitan energi dengan menggunakan sumber daya alam jenis angin. Energi dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin angin. Dengan meningkatnya kebutuhan akan energi listrik saat ini, mengakibatkan pemanfaatan bahan bakar fosil pun juga meningkat. Penggunaan bahan bakar fosil ini akan mengalami penurunan. Selain itu, sulitnya kebutuhan air di musim kemarau dapat mengakibatkan tanah menjadi kering.

Maka dari itu alternatif yang sesuai dengan keadaan tersebut adalah proses perancangan pembangkitan energi untuk menyiram tanah secara otomatis dalam bentuk penyimpanan yaitu baterai. Pengujian pembangkit listrik tenaga angin turbin savonius tipe sumbu vertikal 2 sudu bertujuan untuk dapat merancang turbin *Savonius* untuk dapat menyiram tanaman secara otomatis, dan mampu mengetahui kinerja efisiensi turbin. Pada penelitian ini dilakukan percobaan selama 3 hari pengisian dan 3 hari pengosongan dengan menggunakan pompa *Submersible* 120 Watt dan Baterai 12 V. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan efisiensi sistem tertinggi yaitu 31,87 % pada pukul 17:30 WITA.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh M. Irhas Haris tentang “Rancang Bangun Turbin Savonius Penggerak Pompa Torak” pada tahun 2017, oleh karena itu kami berinisiatif mengembangkan rancang bangun tersebut. Pada penelitian kami kali ini mengganti pompa torak menjadi pompa *Submersible* dan mengontrol menggunakan sistem Arduino agar Sprinkler dapat secara otomatis menyiram tanaman .

Sebagai Indonesia terkenal sebagai negara yang kaya dengan potensi sumber daya alamnya terutama energi, baik yang berasal dari tambang, air dan udara. Berdasarkan jenisnya energi dapat digolongkan menjadi 2 yaitu energi terbarukan (*Renewable Energy*) dan energi tidak terbarukan (*Non-Renewable Energy*). Sumber energi di perbaharui adalah angin, biomassa, biogas, energi kayu. Sedangkan sumber energi seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam adalah sumber energi yang bersifat tidak dapat diperbaharui atau dapat habis.

Sumber energi tidak terbarukan (*Non-Renewable Energy*) seperti sumber energi fosil khususnya bahan bakar minyak akan segera habis, paling lambat akhir Abad XXI. Gas alam diprediksi para ahli akan habis lebih kurang 100 tahun lagi, sedangkan cadangan batubara akan habis lebih kurang 200 sampai 300 tahun yang akan datang. Kondisi ini sangat mengkhawatirkan terutama bagi kelangsungan kehidupan (Pudjanarsa, Astu, Nursuhud, dan Djati 2008).

Pada satu sisi lainnya, tingkat ketergantungan manusia terhadap bahan

bakar fosil ini ternyata telah menyumbang peran yang cukup besar dalam peningkatan suhu bumi (*Global Warning*). Kondisi ini akan semakin parah jika tidak segera ditemukan solusi energi yang lebih baik. Dalam bidang pertanian bahan bakar fosil di manfaatkan sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan pompa irigasi atau *drainase*. Pompa irigasi ini biasanya dipakai pada lahan pertanian yang letaknya jauh dari sumber air. Pompa irigasi biasanya digunakan untuk pengairan pada lahan sawah tadah hujan yang tidak memiliki potensi sungai untuk irigasi tersebut.

Sumber energi lain yang dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar fosil tersebut adalah sumber energi terbarukan khususnya energi angin. Pemanfaatan angin ini biasanya dengan menggunakan alat konversi kincir angin. Energi kinetik dari angin ditangkap oleh sudu-sudu dengan luasan tertentu sehingga terjadi putaran (rpm). Kincir angin merupakan teknologi yang jarang di manfaatkan oleh petani.

Kincir angin dapat dibedakan menjadi 2 yaitu :kincir angin poros horizontal (*Propeller*) dan kincir angin poros verikal (*Savonius*, *darrieus*, dan tipe-H). Salah satu kincir angin yang sangat baik dikembangkan adalah kincir angin poros vertikal tipe *Savonius*. Kincir angin ini tidak bergantung kepada arah datanya angin, sehingga kita dapat meletakkannya pada ketinggian berapapun yang ada anginya.

Pada penelitian ini kami menggunakan pompa *submersible* di karenakan pompa ini dapat mengalirkan debit air yang lebih besar di bandingkan pompa lainnya. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian mengenai

“Rancang Bangun Turbin *Savonius* Penggerak Pompa *Submersible* Sebagai Alat Penyiraman Tanaman Berbasis Arduino”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian yang terdapat dalam latar belakang di atas, maka masalah yang akan di bahas dalam penelitian ini dapat di identifikasikan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sebuah alat penyiram tanaman otomatis menggunakan turbin angin sumbu vertikal *Savonius* 2 sudu berbasis mikrokontroler?
2. Bagaimana cara kerja generator pada turbin untuk memenuhi kapasitas baterai agar dapat menyiram tanaman?
3. Bagaimana menghitung unjuk kerja (efisiensi) Pembangkit Listrik Tenaga Bayu menggunakan turbin angin sumbu vertikal *Savonius* 2 sudu?

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. Turbin angin yang digunakan adalah turbin sumbu vertikal *Savonius* dengan 2 sudu.
2. Pompa yang digunakan adalah pompa DC *Submersible* dengan daya 120 Watt.

3. Pengambilan data dilakukan mulai pukul 10.00-17.30 WITA.
4. Baterai yang digunakan berkapasitas 12 V.
5. Arduino yang digunakan adalah Arduino R3.
6. Sistem kontrol menggunakan *Soil Moisture Sensor* untuk mengatur kelembapan tanah.

1.4 Tujuan Kegiatan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan diatas, maka tujuan yang ingin dicapai yaitu sebagai berikut :

1. Dapat merancang alat penyiram tanaman otomatis menggunakan turbin angin sumbu vertical *Savonius* 2 sudu berbasis sistem mikrokontroler.
2. Mengetahui cara kerja generator pada turbin untuk memenuhi kapasitas baterai agar alat dapat menyiram tanaman.
3. Mampu menganalisis unjuk kerja efisiensi pembangkit listrik tenaga bayu menggunakan turbin angin *Savonius* 2 sudu.

1.5 Manfaat Kegiatan

1. Dapat menambah wawasan dalam merancang PLTB menggunakan turbin vertikal *savonius* 2 Sudu.
2. Dapat mempermudah menyiram tanaman secara otomatis dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan.
3. Dapat berkontribusi dalam membantu masyarakat mengatasi permasalahan dalam bidang pertanian pada saat musim kemarau dengan memanfaatkan teknologi energi terbarukan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB)

Bayu atau angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang terdapat di daerah dengan potensi hembusan angin yang besar. Pembangkit listrik energi bayu mengkonversi energi bayu menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin sebagai generator.

Prinsip kerja PLTB yaitu dengan mengkonversi energi kinetik angin menjadi listrik, proses konversi energi kinetik angin ini didapat dari perputaran baling-baling/blade oleh dorongan angin. Putaran yang lambat pada blade dikonversi menggunakan gearbox dengan rasio yang disesuaikan agar generator berputar dengan kecepatan nominalnya sehingga dapat menghasilkan energi listrik.

2.2 Energi Angin

Angin merupakan sumber energi yang terbarukan. Angin adalah udara yang bergerak sehingga memiliki kecepatan, tenaga, dan arah (Kadir, 1995). Pemanfaatan angin dan minyak sebagai sumber energi sudah lama dilakukan oleh manusia. Akan tetapi manusia lebih sering menggunakan minyak, dikarenakan sumber energi minyak masih melimpah dan murah. Namun, saat ini bahan bakar minyak harganya melambung tinggi sehingga sumber energi alternatif termasuk angin menjadi populer (Hotman & Harun, 1987).

Menurut ilmu Fisika Klasik energi kinetik dari sebuah benda dengan massa

dan kecepatan adalah $E = \frac{1}{2} mv^2$, dengan asumsi bahwa kecepatan tidak mendekati kecepatan cahaya. Rumus tersebut berlaku juga untuk menghitung energi kinetik yang diakibatkan oleh gerakan angin. Sehingga kita bisa menulis sebagai berikut:

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \dots\dots\dots(2-1)$$

Dimana:

E_k = Energi kinetik (Joule)

m = Massa udara (kg)

v = Kecepatan angin (m/s)

Laju aliran massa dapat menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\dot{m} = \rho v A \dots\dots\dots(2-2)$$

Dimana:

\dot{m} = Laju aliran massa udara (kg/s)

A = Luas daerah sapuan angin (m²)

ρ = Massa jenis udara (kg/m³)

v = Kecepatan angin (m/s)

Luas penampang dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$A = \pi.r^2 \dots\dots\dots(2-3)$$

Dimana :

A = Luas daerah sapuan angin (m²)

r = Jari-jari lingkaran turbin/panjang turbin (m)

π = 3,14

Dengan menggunakan persamaan (2-2) dan (2-3) dapat dihitung besar daya yang dihasilkan dari energi angin yaitu:

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

Dengan nilai:

Pa = daya angin (Watt).

Dimana :

ρ =Massa jenis udara (kg/m^3)

A =Luas penampang permukaan (m^2)

v =Kecepatan Angin (m/s)

2.3 Potensi Angin

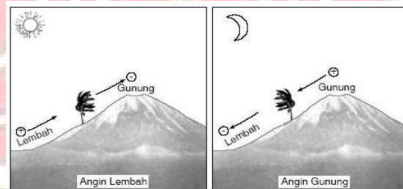
Potensi energi angin di Indonesia cukup memadai, karena kecepatan angin rata-rata berkisar 3,5-7 m/s. Di samping itu potensi angin di Indonesia mencapai 9,29 GW yang belum semua dimanfaatkan (Kementrian ESDM, 2005). Pada 120 lokasi menunjukkan beberapa wilayah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/s, diantaranya NTT, NTB, Sulawesi Selatan dan Pantai Selatan Jawa. (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, 2005).

Pengujian untuk mengetahui potensi pemakaian turbin *Savonius* untuk pompa air biaya murah dilakukan oleh *Brace Reserch Institute Canada*, dan disimpulkan bahwa meskipun turbin *Savonius* tidak se-efisien *windmill* bila dibandingkan ukurannya, namun sangat potensial digunakan untuk memompa air irigasi di daerah yang belum berkembang dikarenakan biaya awal yang murah, material yang sederhana, kontruksi yang sederhana, dan biaya perawatan yang murah.

(Simonds & Bodek, 1964).

Pemanfaatan energi yang dihasilkan oleh turbin mampu untuk menggerakkan generator yang dapat membangkitkan energi listrik. Salah satu jenis turbin yang memanfaatkan angin untuk membangkitkan listrik yaitu turbin angin model *Savonius*.

Angin seperti fluida yang lain pada umumnya mempunyai profil geseran atau profil kecepatan ketika mengalir melewati benda padat, misalnya permukaan bumi. Pada tepat di permukaan bumi, kecepatan relatif angin terhadap permukaan bumi sama dengan nol. Ada dua jenis profil geseran angin yang biasa digunakan untuk menghitung energi: profil geseran angin eksponensial (*exponential wind shear profile*) dan profil geseran angin kekasaran permukaan (*surface roughness wind shear stress*) (Daryanto, Y., 2007).



Gambar 2. 1 Aliran Angin Gunung dan Lembah

Sumber : Mutiara Nurazizah, 2014

Energi angin sudah sejak lama dimanfaatkan untuk membantu aktifitas manusia dengan memanfaatkan energi kinetik yang telah dikonversi. Salah satu pemanfaatan energi angin ini yaitu dikonversikan menjadi energi listrik dengan melalui tahapan-tahapan. Terdapat 2 tahap dalam pemanfaatan energi angin

menjadi energi listrik yaitu diawali dengan pemanfaatan energi kinetik dari angin untuk memutar baling- baling atau turbin turbin ini kemudian dihubungkan dengan rotor generator sehingga generator berputar sesuai dengan putaran rotor dari turbin, dari generator inilah akan menghasilkan keluaran energi listrik. Berdasarkan aliran kecepatan angin kemudian diklasifikasikan menjadi beberapa klasifikasi. Klasifikasi ini sangat berpengaruh dalam desain dalam proses konversi menjadi energi listrik dengan kecepatan angin yang kecil lambat maka listrik yang dihasilkan akan kecil dan sebaliknya jika kecepatan angin besar maka listrik yang dihasilkan makin besar pula.

Tabel 2. 1 Pemanfaatan potensi angin

Pemanfaatan potensi kecepatan angin 10 m diatas permukaan tanah dalam satuan knots di Indonesia (Miranda Murniati dan sudarti dalam Jurnal Surya Energi Vol.6 No.1).

Kelas	Kecepatan (m/s)	Kondisi Alam di Daratan
1	0,00-0,02	-
2	0,3-1,5	Angin tenang, asap lurus ke atas
3	1,6-3,3	Asap bergerak mengikuti arah angin
4	3,4-5,4	Wajah terasa ada dingin, daun-daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak
5	5,5-7,9	Debu jalan, kertas berterbangan, ranting pohon bergoyang

6	8,0-10,7	Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar
7	10,8-13,8	Ranting pohon besar bergoyang, air berombak kecil
8	13,9-17,1	Ujung pohon melengkung, hembusan terasa di telinga
9	17,2-20,7	Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin
10	20,8-24,4	Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh
11	24,5-28,4	Dapat merubuhkan pohon, menimbulkan kerusakan
12	28,5-32,6	Menimbulkan kerusakan parah
13	32,7-36,9	Tornado

Rasio kecepatan ujung (*Tip Speed Ratio*) merupakan rasio dari kecepatan ujung rotor terhadap kecepatan angin tertentu. Rasio kecepatan ujung ini akan berpengaruh pada kecepatan rotor berdasarkan kecepatan nominal angin tertentu.

Rasio kecepatan ujung dapat dihitung dengan persamaan :

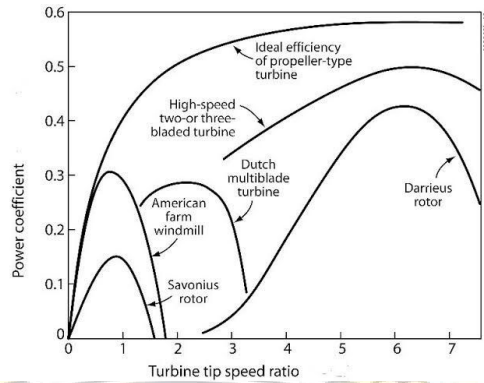
$$\lambda = \frac{\omega \cdot R}{v} \dots\dots\dots(2-5)$$

Dengan keterangan:

λ : *Tip Speed Ratio*

R: Jari jari atau panjang rotor (m)

v: Kecepatan Angin (m/s)



Gambar 2. 2 Tips speed ratio turbin

Sumber: Jurnal Nobertus Dodi dan Karnowo Vol.18 No.1

Berdasarkan Tip speed ratio maka didapatkan nilai Cp berikut:

$$C_p = 0,4 \dots\dots\dots (2-5)$$

Dengan nilai:

C_p = Koefisien daya pada turbin angin, efisiensi kerja turbin tidak dapat melebihi 0,593, hal tersebut dikenal sebagai limit betz.

$$P_t = C_p \rho A v^3 \dots\dots\dots (2-6)$$

Dengan nilai :

P_t = Turbin angin dalam kondisi ideal.

Luas Blade dapat di hitung sebagai berikut:

$$Solidity = \frac{B \times \alpha}{A} \dots\dots\dots (2-7)$$

Dimana:

B = Jumlah sudu

A = Luas Penampang (m^2)

α = Luasan Blade (m)

Luasan Blade dapat dihitung:

$$A = P \times L \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

P = Panjang *blade* (m)

L = Lebar *blade* (m)

Sedangkan luasan tangkapan angin bisa didapat dengan menggunakan persamaan (2-3):

Dimana:

r = jari-jari *blade* (m)

$\pi = 3,14$

Untuk menentukan nilai daya, arus dan tegangan yang diperoleh menggunakan generator, menggunakan rumus persamaan berikut:

$$P = V \times I \dots \dots \dots (2-9)$$

Dimana:

P = Daya (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Efisiensi turbin daya generator dibagi daya angin, dapat diperoleh persamaan:

$$\eta_s = \frac{P_g}{P_a} \times 100\% \dots \dots \dots (2-10)$$

Dimana:

η_s = Efisiensi Sistem (%)

P_g = Daya Generator (Watt)

P_a = Daya Angin (Watt)

Daya mekanis adalah daya yang dihasilkan kincir angin dengan mengkonversikan energi kinetik menjadi energi mekanik.

Daya mekanis dapat ditulis dengan Persamaan (2.11):s

$$P_t = \tau\omega \dots\dots\dots (2-11)$$

Dimana:

τ = adalah torsi (Nm)

ω = adalah kecepatan sudut (rad/s)

Sedangkan persamaan dari kecepatan sudut didapat dari Persamaan (2.11)

$$\omega = \frac{2\pi.n}{60} \dots\dots\dots (2-12)$$

2.4 Komponen PLTB

2.4.1 Turbin Angin

Turbin angin atau yang sering disebut kincir angin merupakan salah satu mesin konversi energi yang menghasilkan energi listrik, dari pemanfaatan perubahan energi kinetik angin menjadi energi mekanik untuk memutar generator dan mengeluarkan listrik, sehingga dapat membangkitkan energi listrik. Penggunaan desain berbagai kombinasi yang berbeda-beda, yang meliputi bentuk sudu, jumlah sudu, dan tentunya sudu tersebut ditetapkan sebagai variable untuk menetapkan perbandingan perlengkapan pada

transmisi untuk menghasilkan efisiensi lebih tinggi.

Turbin angin dapat dibedakan menjadi dua kelompok utama berdasarkan tipenya yaitu:

a. Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)

Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH) memiliki poros rotor utama dan generator listrik di puncak menara. Turbin berukuran kecil diarahkan oleh sebuah baling-baling angin (baling-baling cuaca) yang sederhana, sedangkan turbin berukuran besar pada umumnya menggunakan sebuah sensor angin yang mengubah perputaran kincir yang pelan menjadi lebih cepat berputar. Karena sebuah menara menghasilkan turbulensi di belakangnya, turbin biasanya diarahkan melawan arah angin menara. Bilah-bilah turbin dibuat kaku agar mereka tidak terdorong menuju menara oleh angin berkecepatan tinggi. Sebagai tambahan, bilah-bilah itu diletakkan di depan menara pada jarak tertentu dan sedikit dimiringkan (Saputra, 2016: 77). Karena turbulensi menyebabkan kerusakan struktur menara, dan realibilitas begitu penting, sebagian besar TASH merupakan mesin *up wind* (melawan arah angin). Meski memiliki permasalahan turbulensi, mesin *downwind* (menurut jurusan angin) dibuat karena tidak memerlukan mekanisme tambahan agar mereka tetap sejalan dengan angin, dan karena di saat angin berhembus sangat kencang, bilah-bilahnya bisa ditekuk sehingga mengurangi wilayah tiupan mereka dan dengan demikian juga mengurangi resintensi angin dari bilah-bilah (Saputra, 2016: 78).

Adapun kelebihan dan kekurangan turbin angin Horizontal yaitu:

Kelebihan:

- Dasar menara yang tinggi membolehkan akses ke angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki geseran angin (perbedaan antara laju dan arah angin) antara dua titik yang jaraknya relatif dekat di dalam atmosfer bumi. Di sejumlah lokasi geseran angin, setiap sepuluh meter ke atas, kecepatan angin meningkat sebesar 20%.

Kekurangan:

- Menara yang tinggi serta bilah yang panjang sulit diangkut dan juga memerlukan biaya besar untuk pemasangannya, bisa mencapai 20% dari seluruh biaya peralatan turbin angin.
- TASH yang tinggi sulit dipasang, membutuhkan derek yang sangat tinggi dan mahal serta para operator yangampil.
- Kontruksi menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, gearbox, dan generator.
- TASH yang tinggi bisa memengaruhi radar airport.
- Ukuran yangv tinggi merintangu jangkauan pandangan dan mengganggu penampilan landscape.
- Berbagai varian down wind menderita kerusakan struktur yang di sebabkan oleh turbulensi.



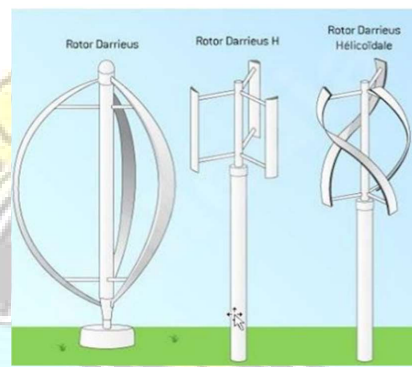
Gambar 2. 3 Turbin Angin Horizontal
Sumber :ejurnalunsam.id

b. Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)

Turbin angin sumbu vertical atau tegak memiliki poros utama yang disusun dengan bentuk tegak lurus, kelebihan utama turbin vertical ini yaitu tidak harus diletakkan pada arah mata angin, kelebihan ini sangat berguna pada tempat tempat yang arah anginnya bervariasi atau arah angin yang cukup rendah, turbin angin sumbu vertical mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah, dengan sumbu vertical ini generator serta gearbox biasa di tempatkan didekat tanah, jadi menara tidak perlu menyongkongnya dan lebih muda di akses untuk keperluan masyarakat. Tapi ini menyebabkan sejumlah desain yang menghasilkan tenaga putaran yang bisa menahan gaya pergerakan sebuah benda yang bias saja terciptakan pada saat kincir berputar. Karena lebih sulit dipasang di atas ketinggian maka turbin sumbu vertical ini lebih sering dipasang lebih dekat dari dasar tempat seperti tanah atau puncak bangunan. Kecepatan angin lebih pelan pada ketinggian yang rendah sehingga yang tersedia adalah energi yang sedikit. Jika tinggi puncak atau atap yang di pasang menara turbin mencapai kira-kira 50% dari tinggi bangunan, ini merupakan titik optimal bagi energi angin yang maksimal dan

turbulensi angin yang minimal (Saputra, 2016).

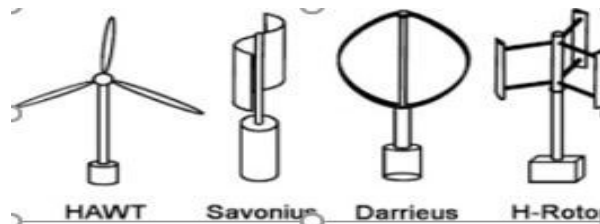
Turbin angin sumbu vertical atau tegak merupakan turbin angin sumbu tegak yang gerakan poros atau rotornya sejajar dengan arah angin, sehingga rotor dapat berputar ke semua arah angin (Nakhoda & Saleh, 2017).



Gambar 2. 4 Turbin Angin Sumbu Vertical

Sumber : Sumber: Kurniawan, 2016

Efisiensi tidak hanya dipengaruhi oleh tipe turbin angin melainkan jumlah propeler yang akan digunakan merupakan salah satu faktor pengaruh terhadap efisiensi pada turbin angin. Penelitian yang dilakukan oleh (Schubel & Crossley, 2012) mengungkapkan bahwa nilai efisiensi sesuai dengan jumlah propeler yang digunakan, turbin angin dengan 1 propeler mempunyai nilai efisiensi sebesar 43%, 2 propeler dengan efisiensi 47% dan 3 propeler dengan efisiensi 50%



Gambar 2. 5 Jenis Turbin Sumbu Horizontal Tipe baling baling (HAWT) dan Turbin Sumbu Vertikal Desain Savonius, Darrieus, dan H-Rotor

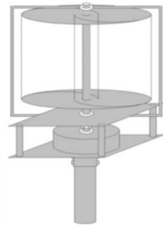
Sumber :Eriksson, 2008

Prinsip dasar kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari angin menjadi energi putar pada kincir, lalu putaran kincir digunakan untuk memutar generator, yang akhirnya akan menghasilkan listrik. Energi Listrik ini biasanya akan disimpan kedalam baterai sebelum dapat dimanfaatkan. Turbin angin sederhana terdiri dari sebuah roda atau rotor yang dilengkapi dengan baling-baling (*propeller*) atau sudu-sudu (*blade*). Baling- baling atau sudu-sudu inilah yang berfungsi untuk menangkap energi angin sehingga dapat membuat roda atau rotor turbin tersebut berputar. Energi putaran rotor turbin kemudian diteruskan melalui batang penggerak (*drive shaft*) untuk menjalankan generator listrik.

2.4.2 Turbin Angin Savonius

Turbin angin Savonius merupakan salah satu jenis turbin angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dan merupakan salah

satu jenis turbin angin yang tertua dari turbin angin jenis *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)*.



Gambar 2. 6 Turbin Savonius

Sumber : Melda Latif, 2013

Prinsip kerja turbin angin savonius yakni berdasarkan differential drag wind yaitu gaya yang sistem kerjanya berlawanan arah dengan arah angin yang memutar sudu turbin. Maka dari itu daya yang dihasilkan yaitu dengan memanfaatkan gaya drag yang dihasilkan dari tiap sudu konstruksi turbin savonius. Turbin angin vertikal tipe savonius dapat berputar dengan kecepatan angin rendah dikarenakan konstruksi turbin angin itu sendiri yang mudah dan memiliki koefisien daya yang rendah.

Untuk luas sapuan angin terhadap luas penampang turbin savonius dapat dihitung dengan persamaan:

$$A = h \cdot D \dots\dots\dots (2-13)$$

Dengan Keterangan :

A: Luas Sudu Turbin (Meter²)

H: Tinggi turbin (Meter)

D: Diameter turbin (Meter)

Kelebihan vertikal turbin savonius daripada turbin vertikal lainnya:

1. Bisa dipasang di dekat tanah atau tidak memerlukan tower yang tinggi.
2. Dapat bekerja pada kecepatan angin rendah.
3. Tidak memerlukan mekanisme YAW (membelokkan sudu turbin kearah angin).
4. Ramah Lingkungan dan juga memiliki estika yang indah.
5. Bisa di implementasikan di ketinggian yang dilarang dipasangnya turbin angin.

Kekurangan turbin vertikal savonius yaitu :

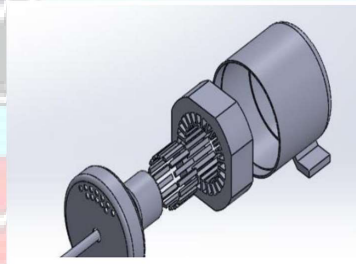
1. Memiliki efisiensi yang menurun karena turbulensi angin dari pada turbin horizontal.
2. Tidak mengambil keuntungan kecepatan angina diatas karena rotor yang terletak dekat tanah.
3. Mempunyai torsi awal yang rendah sehingga memerlukan energi awal untuk berputarnya turbin.

2.4.3 Generator

Generator merupakan peralatan utama penghasil listrik dan dapat mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator berfungsi mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik. Generator yang bekerja secara terus menerus tentunya akan mengalami penurunan efektifitas

bahkan dapat mengalami kerusakan-kerusakan yang salah satunya disebabkan oleh faktor *electrical* yang terletak pada lilitan atau winding. Hal ini disebabkan karena generator mengalami Kelebihan beban.

Prinsip kerja generator pada dasarnya bekerja berdasarkan hukum faraday, apabila rotor diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub magnet, sehingga terjadi perbedaan tegangan, dengan dasar inilah timbullah arus listrik, arus melalui kabel/kawat yang kedua ujungnya dihubungkan dengan cincin geser.



Gambar 2. 7 Generator Magnet Permanen

Sumber: Rosadi dkk, 2019: 4

2.4.4 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 *over charging* (kelebihan pengisian karena baterai 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. 8 Solar Charger Controller

Sumber: Wawan Septiawan Damanik Dkk, 2021

2.4.5 Pulley

Pulley adalah suatu elemen mesin yang berfungsi sebagai komponen atau penghubung antara poros turbin dan generator yang akan mentransmisikan gerak putaran dengan menggunakan sabuk atau *belt*.



Gambar 2. 9 Pulley

Sumber: Jurnal Teknik Mesin, Vol.9 ,No.2

2.4.6 Sabuk (Belt)

Sabuk berbahan fleksibel yang melingkar dan digunakan untuk

menghubungkan secara mekanis dua poros yang berputar. Sabuk juga sebagai sumber penggerak atau penyalur daya yang efisien atau untuk memantau pergerakan relative. Sabuk dilingkarkan pada dua *pulley* sehingga sabuk sapat mengendalikan pulley secara normal pasa satu arah menyilang. Sabuk digunakan sebagai sumber penggerak. Contohnya pada *conveyor* dimana sabuk secara mengulang membawa beban dari satu titik ke titik lain (Rua, 2014).



Gambar 2. 10 Sabuk V-belt
Sumber : Rua, 2014

2.4.7 Bearing

Menurut Sularso (2004:103), bearing yaitu bagian mesin yang bisa menahan poros berbeban, agar gesekannya bolak-balik bisa berlangsung secara halus, aman dan panjang umurnya. Bearing dalam suatu mesin mempunyai peran yang sangat penting agar putaran didalam mesin lancar dan juga dapat mengurangi gesekan.



Gambar 2. 11 Bearing
Sumber : Sularso (2004:103)

2.4.8 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 PbO₂ sebagai katoda dengan elektrolit

H₂SO₄ (Setiono, 2014).



Gambar 2. 12 Baterai Aki 12 V DC
Sumber :Setiono, 2014

2.4.9 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.



Gambar 2. 13 Charger Akumulator
Sumber: Setiono, 2014

2.5 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 Sun Buddy. Pompa submersible cocok digunakan apabila kedalaman muka air tanah (*Water Table*) lebih dari 6 meter.



Gambar 2. 14 Pompa Celup (Submersible)

Sumber: Jurnal Pendidikan Fisika Vol.9 No.2

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.



Gambar 2. 15 Pompa Permukaan (Surface/Floating Pump)

Sumber: Jurnal Pendidikan Fisika Vol.9 No.2

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.



Gambar 2. 16 Pompa Semi

Sumber: Jurnal Pendidikan Fisika Vol.9 No.2

2.6 Komponen Sistem Kontrol

2.6.1 Mikrokontroler Arduino Uno R3

Abdul Kadir (2016) berpendapat bahwa Arduino merupakan perangkat keras sekaligus sebagai perangkat lunak yang memungkinkan siapa pun untuk membuat *prototype* rangkaian elektronik berbasis

mikrokontroler dengan mudah dan cepat. Arduino adalah sebuah rangkaian elektronik yang bersifat *open source*, dan mempunyai piranti keras dan lunak yang mana mudah untuk digunakan. Arduino mampu mengenali lingkungan sekitar melalui berbagai jenis sensor serta dapat mengontrol lampu, motor, dan berbagai jenis actuator lainnya. Arduino Uno memiliki 14 pin input dengan tegangan kerja 5 volt atau 12 volt.



Gambar 2. 17 Arduino R3
Sumber: Abdul Kadir, 2016

2.6.2 LCD (Liquid Crystal Display)

Liquid Crystal Display (LCD) Merupakan salah satu komponen Elektronika yang bisa digunakan untuk menampilkan suatu data dari suatu proses. Data yang ditampilkan bisa berupa angka, huruf maupun karakter. LCD ini terbuat dari lapisan kaca bening dan elektroda yang bila mana diaktifkan dengan tegangan atau medan listrik akan memancarkan cahaya dan karakter dari lapisan reflektor dan lapisan *sandwich* yang bahannya terbuat dari bahan polarizer. Dalam pengaplikasiannya LCD memiliki beberapa pin dengan masing –masing

kegunaan sebagai berikut:

a. Pin data

Berfungsi untuk menyalurkan data yang ingin ditampilkan pada LCD.

b. Pin Rs

Berfungsi menentukan jenis data yang ingin di tampilkan apakah termasuk data atau suatu perintah.

c. Pin R/W (*Read Write*)

Berfungsi sebagai pengatur instruksi data pada modul.

d. Pin E (*Enable*)

Berfungsi untuk mengontrol data keluar dan data masuk.

e. Pin VLCD

Berfungsi mengatur kontras tampilan pada LCD.



Gambar 2. 18 Liquid Crystal Display 16 x 2

Sumber : Jurnal Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana, Vol.8 No.1

2.6.3 Soil Sensor

Soil moisture sensor FC-28 adalah sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. Sensor ini sangat sederhana, tetapi ideal untuk memantau taman kota, atau tingkat air pada tanaman pekarangan. Sensor ini terdiri dua probe untuk melewatkan arus melalui tanah, kemudian

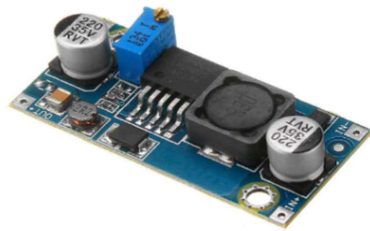
membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar). Sensor ini sangat membantu untuk mengingatkan tingkat kelembaban pada tanaman atau memantau kelembaban tanah. (Husdi, 2018).



Gambar 2. 19 Soil Sensor
Sumber: (Husdi, 2018)

2.6.4 *Boost Converter* (converter step-up)

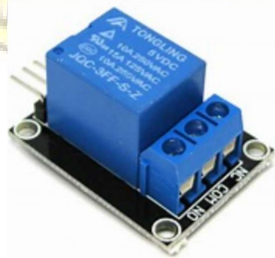
Boost Converter (converter step-up) adalah sebuah alat konverter daya dari DC-ke-DC dengan tegangan output yang lebih besar dari pada tegangan input. Ini termasuk switching-mode power supply (SMPS) yang mengandung setidaknya dua komponen semikonduktor (dioda dan transistor) dan setidaknya satu elemen penyimpanan energi, kapasitor, induktor, atau dua dalam kombinasi.



Gambar 2. 20 Boost Converter (converter step-up)
Sumber:Rendi Febrianto, Dkk 2018

2.6.5 Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.



Gambar 2. 21 Relay
Sumber:Muhammad Saleh, 2017

2.7 Sprinkler

Sprinkler adalah alat penyiram tanaman dengan *system overhead irrigation* yakni dengan menyemburkan air dari bawah ke atas sehingga mampu menyiram tanaman yang ada di lahan secara merata dalam waktu singkat.



Gambar 2. 22 Sprikler
Sumber: Jurnal Teknik Mesin Vol.6, No.1



BAB III METODE KEGIATAN

3.1 Waktu dan Tempat Kegiatan

Lokasi pembuatan alat di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang ,selama 7 bulan mulai dari bulan Maret 2023 sampai September 2023.

Pengujian alat dilaksanakan di Pelabuhan Perikanan Untia ,Jalan Salodong, Makassar,Sulawesi Selatan,selama 6 Hari mulai 2-7 September 2023.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

1. Anemometer
2. Tachometer
3. Multimeter
4. Las Listrik
5. Solder
6. Mesin Gerindra
7. Kunci Pas
8. Tang Potong
9. Bor
10. Rol Meter

11. Obeng

3.2.2 Bahan

1. LCD 16 X2
2. Arduino UNO R3
3. Sabuk Mesin (v-belt)
4. Solar Charger Control
5. Booster Modul Step Up Dc
6. Pulley
7. Besi Siku
8. Bearing
9. Sensor Soil
10. Mur dan Baut
11. Baterai Aki 12 V 20 Ah
12. Relay 5V
13. Generator DC
14. Plat Alumunium 0,7 mm
15. Sprinkle Water
16. Pompa Air Submersible 12 V DC
17. Pipa
18. Elbow Pipa
19. Sok Drat



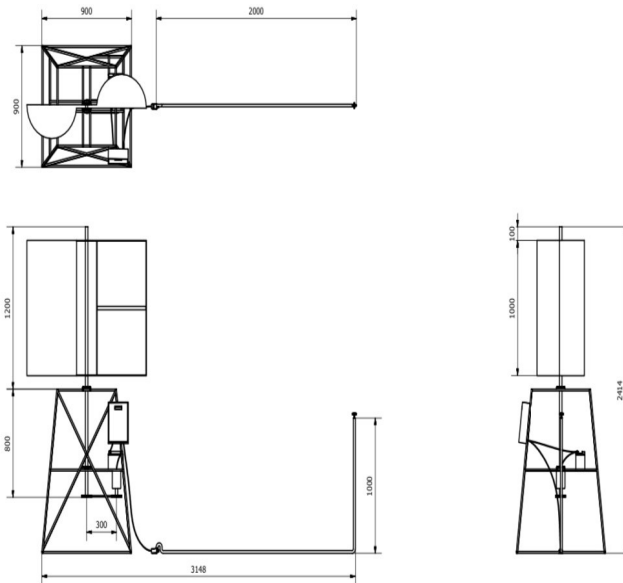
3.3 Prosedur Kegiatan

3.3.1 Studi Literatur

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

3.3.2 Tahap Perancangan

Tahap perancangan merupakan langkah sebelum diaplikasikan suatu alat tersebut .Tahap ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum dari sistem yang akan berjalan dan mempertimbangkan beberapa rancangan agar alat yang akan dibuat bisa bekerja dengan baik.



Gambar 3. 1 Sketsa Alat



Gambar 3. 2 Design Proses Kerja Alat

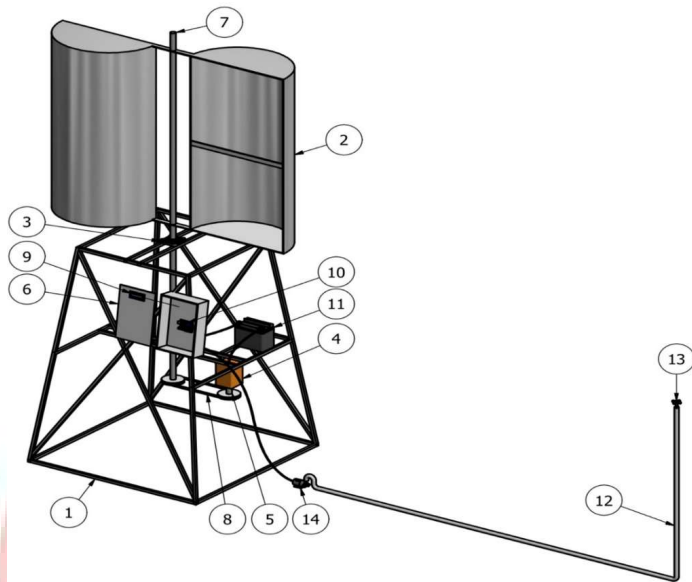
3.3.3 Tahap Pembuatan dan Perakitan

Setelah proses perencanaan 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. Pembuatan rangka penyangga Turbin Savonius.
3. Membuat Turbin Savonius 2 sudu.
4. Pembuatan Rangka penyangga alat sensor.
5. Pembuatan rangka penyangga beban uji.
6. Membuat Panel Box.
7. Pembuatan program pendeteksi kelembapan.
8. Menginput program ke arduino Uno R3.
9. Memasang seluruh Komponen.





Gambar 3. 3 Design Turbin Savonius Penggerak Pompa Submersible Sebagai Alat Penyiram Tanaman Berbasis Arduino

Keterangan :

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| 1. Rangka | 11. Aki 12V 20 Ah |
| 2. Turbin Savonius berjumlah 2 sudu | 12. Perpipaan |
| 3. Pillow Blok | 13. Sprinkler |
| 4. Generator | 14. Pompa Submersible 12V DC |
| 5. Pulley | |
| 6. Panel Box | |
| 7. Poros | |
| 8. V-Belt (Sabuk) | |
| 9. LCD 16 x 2 | |
| 10. Arduino R3 | |

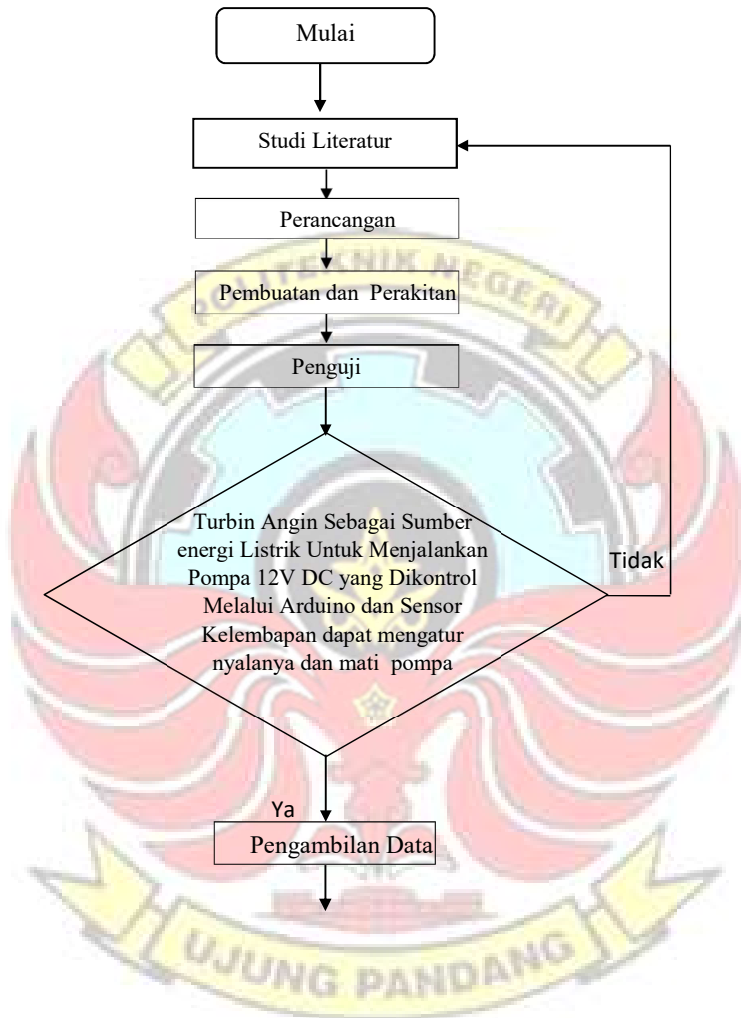
3.3.4 Pengujian Alat

Setelah rancang bangun selesai, dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dilakukan di Pelabuhan Perikanan Untia.

Langkah – langkah yang akan dilakukan dalam pengujian yaitu;

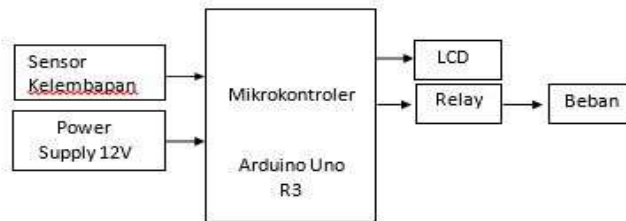
1. Memastikan rangka-rangka yang terhubung satu sama lain dalam keadaan kuat (tidak longgar).
2. Menyiapkan alat ukur yang digunakan dalam proses pengujian.
3. Memastikan Turbin Savonius terputar dengan baik.
4. Memastikan sirkulasi air menuju sprinkler tersirkulasi dengan baik
5. Mengkalibrasi semua alat .
6. Menyalakan sistem kelistrikan
7. Menjalankan Arduino uno.
8. Melakukan pengujian pada sensor kelembapan tanah.
9. Pengujian dilakukan secara bertahap untuk mengetahui tegangan dan kecepatan.
10. Melakukan pengambilan data dan foto. Data yang diambil adalah:
 - Tegangan (V), Arus (I), Daya (Watt) ,Putaran (RPM) yang dihasilkan generator.
 - Tegangan (V), Arus (I), Daya (Watt) Pompa *Submersible*.
 - Ah yang terpakai pada aki 12V 20 A
 - Kecepatan angin.

3.4 Diagram Alir Kegiatan



Gambar 3. 4 Diagram Alir Kegiatan

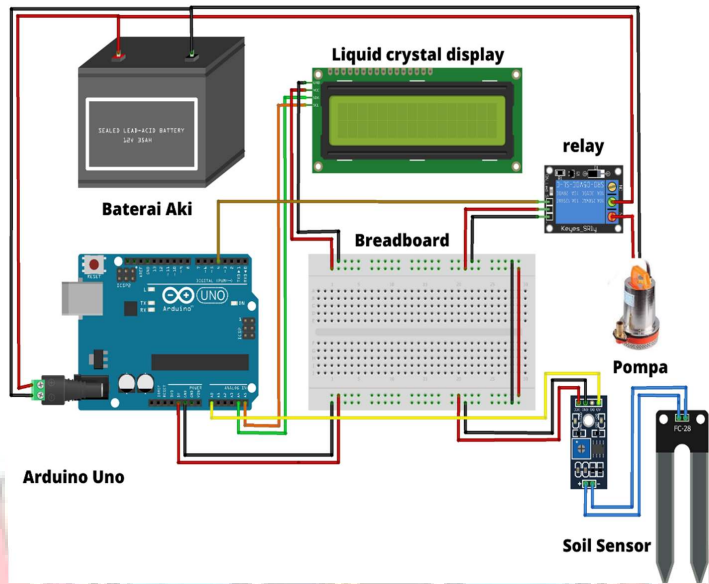
3.5 Blok Diagram Pemograman



Gambar 3. 5 Blok Diagram Pemograman

3.6 Perancangan Sistem Kontrol

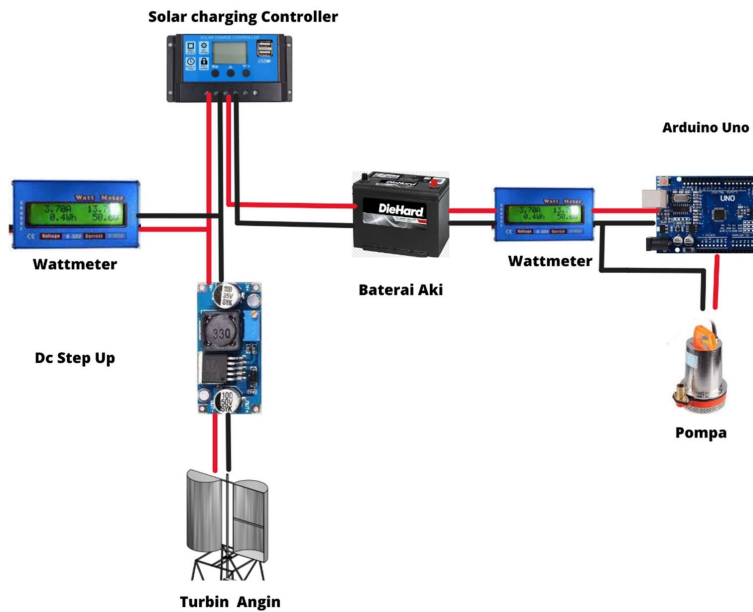




Gambar 3. 6 Perancangan Sistem Kontrol



3.7 Perancangan Kelistrikan



Gambar 3. 7 Perancangan Kelistrikan

3.8 Metode Analisa

a. Daya angin (P_a)

- Luas Area Baling-baling (A) = $A = \pi r^2$
- Sehingga Daya Angin (P_a) = $\frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v^3$

Dimana :

ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)

A = Luas penampang permukaan (m^2)

v = Kecepatan Angin (m/s)

P_a = daya angin (Watt)

b. Daya Turbin (P_t)

$$P_t = C_p \times \rho \cdot A \cdot v^3$$

Dimana :

ρ = Massa jenis udara (m/s^2)

A = Luas penampang permukaan (m^2)

v = Kecepatan angin (m/s)

P_t = Daya turbin (Watt)

Atau

$$P_t = \frac{P_g}{\eta_t}$$

Dimana:

P_g = Daya Generator (Watt)

P_t = Daya Turbin (Watt)

c. Daya Generator

Daya yang di hasilkan oleh generator dapat di hitung dengan rumus:

$$P_{gen} = V_{gen} \times I_{gen}$$

Dimana :

P_{gen} = Daya Generator (Watt)

V_{gen} = Tegangan Generator (V)

I_{gen} = Arus Genrator (A)

d. Efisiensi Sistem

Cara mengitung efisiensi sistem adalah:

$$\eta_s = \frac{P_g}{P_a} \times 100\%$$

Dimana :

η_s =Efisiensi Sistem (%)

P_{gen} = Daya Generator (Watt)

P_{angin} = Daya angin (Watt)



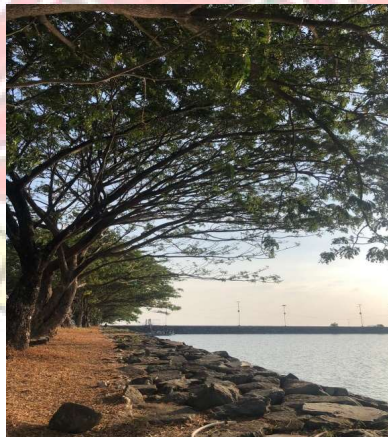
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan di bahas hasil serta Pembahasan pada Turbin Savonius Penggerak Pompa *Submersible* Sebagai Alat Penyiraman Tanaman Berbasis Arduino. Dari hasil pengujian diperoleh data kemudian dilakukan pembahasan mengenai kinerja alat yang dibuat.

4.1 Hasil

4.1.1 Survei Lapangan

Survei lapangan bertujuan untuk mengetahui kebutuhan kecepatan angin dan mengetahui faktor terhadap perancangan pembangkit. Hal ini kemudian menjadi dasar perancangan alat “Rancang Turbin Savonius Penggerak Pompa *Submersible* Sebagai Alat Penyiraman Tanaman Berbasis Arduino”.



Gambar 4. 1 Kondisi Lapangan

Pengukuran data kecepatan angin dilakukan dengan metode primer. Metode primer yang diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung di

lapangan.

4.1.2 Hasil Perancangan Turbin Angin

Setelah melakukan perakitan pada turbin angin, maka dihasilkan PLTB seperti berikut.



Gambar 4. 2 Turbin Angin Savonius 2 blade

Pada gambar diatas dapat dilihat bagian-bagian dari hasil perakitan turbin angin. Turbin Savonius dibuat menggunakan bahan plat alumunium dengan ketebalan 0,7 mm dengan dimensi tinggi turbin 1 meter dan lebar 0,50 m. Pada rangka turbin tersebut memiliki ketinggian 120 cm dan lebar 90 cm. Rangka PLTB yang dibuat berfungsi sebagai penopang dan tempat melekatnya komponen dari PLTB seperti Turbin Angin, Panel Listrik,Aki,Wattmeter dan *Solar Control Charger*. Komponen-komponen tersebut dirakit dengan menggunakan las listrik dan baut sebagai pemas setiap bagian.

4.1.3 Hasil Perancangan Sistem Kelistrikan Turbin Angin Vertikal 2 sudu

Perakitan sistem kelistrikan Pembangkit Listrik Tenaga Angin menghasilkan rangkaian yang terdiri dari Generator sebagai alat yang mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik, *Boster* Modul Step Up DC sebagai penaik tegangan dari keluaran generator, Watt Meter sebagai pengukur arus dan tegangan sebelum masuk ke SCC. SCC sebagai pelindung juga yang bertugas melakukan otomatisasi pada pengisian baterai/aki sehingga dapat mengoptimalkan sistem. dan menjaga agar masa pakai baterai dapat dimaksimalkan. Arduino yang terpasang sensor kelembapan serta terhubung dengan pompa yang berfungsi untuk mengontrol nyala matinya pompa. Aki yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi listrik yang telah dihasilkan dan terakhir pompa yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan dan kecepatan air untuk penyiraman tanaman Berikut merupakan hasil dari perakitan sistem kelistrikan dari PLTB.



Gambar 4. 3 Sistem Kelistrikan

4.1.4 Perancangan Sistem Kontrol

Sistem Kontrol dirancang agar penyiraman tanaman dengan sprinkler dapat dikendalikan sehingga Pompa *Submersible* dapat bekerja Sesuai dengan yang telah di Program.Sistem Kontrol Menggunakan Arduino Uno R3 yang disambungkan ke sensor kelembapan dimana hasil pembacaan kelembapan tanah akan tertera pada layar LCD.



Gambar 4. 4 Arduino R3



Gambar 4. 5 Sensor Soil

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

TAARDUINO
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

const int sensor = A0; //inisialisasi pin sensor
const int relay = 5; //inisialisasi pin relay
const int ledGreen = 6; //inisialisasi pin led hijau
const int ledYellow = 7; //inisialisasi pin led kuning
const int ledRed = 8; //inisialisasi pin merah

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  pinMode(lcd, OUTPUT);
  digitalWrite(powerPin, LOW);

  Serial.begin(4800);
  pinMode(sensor, INPUT); //menetapkan pin A0 sebagai input
  pinMode(relay, OUTPUT); //menetapkan pin 5 sebagai output
  pinMode(ledGreen, OUTPUT); //menetapkan pin 6 sebagai output
  pinMode(ledYellow, OUTPUT); //menetapkan pin 7 sebagai output
  pinMode(ledRed, OUTPUT); //menetapkan pin 8 sebagai output
}

void loop() {
  int dataAnalog = analogRead(sensor); //membaca nilai dari pin sensor
  Serial.print("KELEMBAPAN : ");
  Serial.println(dataAnalog);
}
```

Gambar 4. 6 Program Arduino Uno R3

4.1.5 Prinsip Kerja Alat

Turbin angin mengubah Energi Mekanik Menjadi Energi listrik menggunakan transmisi sabuk belt yang menghubungkan turbin angin dengan generator sehingga listrik dapat terbangkitkan dan disuplai ke aki. SCC berfungsi memantau tegangan pada aki sehingga tegangannya dapat terjaga. Arduino dan pompa pun akan beroperasi karena mendapatkan sumber listrik dari aki. Pompa yang telah beroperasi dalam penyiraman tanaman akan dikontrol melalui Arduino yang telah terpasang sensor kelembapan yang dimana pompa akan mati dan menyala jika variabel yang telah diprogram pada sensor kelembapan telah tercapai.



Gambar 4. 7 Tampak Keseluruhan Alat

4.2 Kinerja Sprinkler

Sprinkler adalah alat penyiram tanaman dengan Sistem *overhead irrigation*, yakni dengan menyemburkan air dari bawah ke atas sehingga mampu menyirami seluruh tanaman yang ada di lahan secara merata dalam waktu singkat. Prinsip Kerja Dari Sprinkler ialah Air Terlebih dahulu dialirkan dari sumber air, seperti sumur atau sungai melalui pompa ke sistem sprinkler. Air mengalir melalui pipa utama ke nozzle (sprinkler Head). Nozzle disetel sedemikian rupa sehingga air desemprotkan dengan tekanan tertentu dan pola tertentu diatas tanaman. Pada Alat ini kami memakai sprinkler Tipe Butterfly dengan jarak penyiraman 8 – 12, 5 meter dan juga sistem penyiraman ditunjukkan untuk tanaman seperti jagung dan bawang merah yang berarti pada pengujian ini kami memakai ketinggian pipa sprinkler yang berbeda beda.

Tabel 4. 1 Hubungan Ketinggian Pipa Sprinkler dan Jarak Penyiraman

No	Ketinggian Pipa Sprinkler	Jarak Penyiraman
1.	1,5 Meter	7 Meter
3.	1 Meter	8,2 Meter
4.	0,5 Meter	9,5 Meter

4.3 Pembahasan

4.3.1 Hasil Pengujian Mekanik Turbin Angin

Setelah melakukan perakitan pada sistem mekanik, maka dapat diketahui dimensi *real* dari turbin, sehingga didapatkan hasil pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran dari Mekanik Turbin Angin

Parameter	Nilai	Satuan
ρ (massa jenis udara)	1,2	(kg/m ³)
R (jari-jari turbin)	0,50	(m)

4.3.2 Pengisian dan pengosongan Baterai Aki Pada Alat .

Pengujian ini di lakukan selama 6 hari dimana pada tanggal 2,4,dan 6 September 2023 yaitu pengujian pengisian baterai aki sedangkan tanggal 3,5,dan 7 September 2023 yaitu pengujian pengosongan baterai aki

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Pengisian aki pada hari pertama tanggal 2 September 2023.

No	Waktu (WITA)	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan (V)	Arus Generator (A)	Tegangan Pengisian Baterai (V)
1	10:00	4,6	218	12	1,04	12,07
2	10:30	4,5	207	12	1,01	12,08
3	11:00	5,0	253	12	1,23	12,08
4	11:30	5,1	255	12	1,25	12,12
5	12:00	4,9	250	12	1,17	12,13
6	12:30	5,4	294	12	1,39	12,18
7	13:00	5,6	322	12	1,57	12,25
8	13:30	5,3	285	12	1,30	12,27
9	14.00	5,4	296	12	1,45	12,35
10	14.30	5,6	325	12	1,59	12,41
11	15.00	5,2	259	12	1,27	12,45
12	15.30	5,0	254	12	1,24	12,54
13	16.00	4,8	234	12	1,14	12,63
14	16.30	4,6	218	12	1,07	12,70
15	17.00	4,4	201	12	0,98	12,75
16	17.30	3,9	194	12	0,95	12,75

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Pengosongan aki pada hari ke dua tanggal 3 September 2023.

No	Waktu (WITA)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Lama waktu pompa menyala (s)	AH yang terpakai
1	10:00	12,75	1,43	18,87	5 menit	0,833
2	10:30	12,73	1,44	18,33	11 menit	1,80
3	11:00	12,71	1,44	18,30	16 menit	2,67
4	11:30	12,67	1,46	18,49	23 menit	3,84
5	12:00	12,65	1,49	18,84	29 menit	4,8
6	12:30	12,62	1,50	18,93	34 menit	5,67
7	13:00	12,54	1,53	19,18	44 menit	7,31
8	13:30	12,46	1,56	19,43	54 menit	9
9	14.00	12,37	1,58	19,54	1 jam 8 menit	10,67
10	14.30	12,31	1,61	19,81	1 jam 18 menit	12,4
11	15.00	12,25	1,64	20,09	1 jam 28 menit	14
12	15.30	12,23	1,66	20,30	1 jam 34 menit	15,67
13	16.00	12,21	1,66	20,26	1 jam 37 menit	16,03
14	16.30	12,21	1,67	20,39	1 jam 39 menit	16,05
15	17.00	12,18	1,67	20,34	1 jam 44 menit	17,33
16	17.30	12,15	1,70	20,65	1 jam 49 menit	18,2

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Pengisian aki pada hari ke tiga tanggal 4 September 2023.

No	Waktu (WITA)	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan (V)	Arus Generator (A)	Tegangan Pengisian Baterai (V)
1	10:00	4,1	170	12	0,80	12,15
2	10:30	4,5	280	12	1,03	12,20
3	11:00	4,6	217	12	1,05	12,24
4	11:30	4,2	177	12	0,86	12,27
5	12:00	4,3	184	12	0,90	12,30
6	12:30	4,9	240	12	1,17	12,34
7	13:00	5,5	316	12	1,54	12,37
8	13:30	5,8	351	12	1,71	12,41
9	14.00	5,6	322	12	1,62	12,46
10	14.30	6,1	378	12	1,82	12,50
11	15.00	6,2	380	12	1,86	12,56
12	15.30	5,9	369	12	1,83	12,61
13	16.00	4,8	234	12	1,14	12,66
14	16.30	4,5	205	12	1	12,70
15	17.00	4,4	200	12	0,97	12,74
16	17.30	4,1	170	12	0,80	12,83

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Pengosongan aki pada hari ke empat tanggal 5 September 2023.

No	Waktu (WITA)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Lama waktu menyala pompa (s)	AH yang terpakai
1	10:00	12,83	1,56	20,01	4 menit	0,67
2	10:30	12,79	1,56	19,95	9 menit	1,5
3	11:00	12,76	1,56	19,90	14 menit	2,33
4	11:30	12,74	1,57	20	18 menit	3
5	12:00	12,66	1,59	20,12	28 menit	4,64
6	12:30	12,59	1,61	20,26	37 menit	6,17
7	13:00	12,52	1,63	20,40	47 menit	7,87
8	13:30	12,45	1,64	20,41	56 menit	9,3
9	14:00	12,38	1,64	20,30	1 jam 7 menit	11,17
10	14:30	12,36	1,65	20,39	1 jam 11 menit	11,83
11	15:00	12,34	1,66	20,48	1 jam 16 menit	12,67
12	15:30	12,29	1,68	20,64	1 jam 26 menit	14,3
13	16:00	12,20	1,69	20,61	1 jam 36 menit	16
14	16:30	12,18	1,71	20,70	1 jam 41 menit	16,8
15	17:00	12,15	1,72	20,89	1 jam 46 menit	18,67

16	17.30	12,10	1,74	21,05	1 jam 52 menit	18,80
----	-------	-------	------	-------	-------------------	-------

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Pengisian aki pada hari ke lima tanggal 6 September 2023.

No	Waktu (WITA)	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran Generator (rpm)	Tegangan (V)	Arus Generator (A)	Tegangan Pengisian Batrai (V)
1	10:00	4,2	178	12	0,86	12,10
2	10:30	4,5	209	12	1,03	12,14
3	11:00	4,3	185	12	0,90	12,17
4	11:30	4,8	234	12	1,14	12,21
5	12:00	4,7	224	12	1,10	12,25
6	12:30	4,2	178	12	0,86	12,31
7	13:00	4,5	210	12	1,03	12,33
8	13:30	5,4	296	12	1,45	12,38
9	14.00	5,7	340	12	1,68	12,46
10	14.30	5,3	285	12	1,39	12,50
11	15.00	4,9	240	12	1,17	12,58
12	15.30	4,9	241	12	1,18	12,64
13	16.00	4,7	225	12	1,10	12,69
14	16.30	3,9	154	12	0,70	12,73
15	17.00	4,0	164	12	0,80	12,78
16	17.30	3,7	131	12	0,49	12,82

Commented [D1]:

Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Pengosongan aki pada hari ke lima tanggal 7 September 2023.

No	Waktu (WITA)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (Watt)	Lama waktu pompa menyala (s)	AH yang terpakai
1	10:00	12,82	1,47	18,84	6 menit	1
2	10:30	12,78	1,48	18,91	13 menit	2,16
3	11:00	12,75	1,49	18,99	19 menit	3,16
4	11:30	12,73	1,50	19,09	24 menit	4
5	12:00	12,70	1,50	19,05	30 menit	5
6	12:30	12,67	1,52	19,25	37 menit	6,62
7	13:00	12,65	1,53	19,35	42 menit	7
8	13:30	12,53	1,54	19,29	59 menit	9,9
9	14:00	12,45	1,55	19,29	1 jam 9 menit	11
10	14:30	12,37	1,57	19,42	1 jam 19 menit	13,4
11	15:00	12,31	1,59	19,57	1 jam 29 menit	14,83
12	15:30	12,24	1,61	19,70	1 jam 39 menit	16,5
13	16:00	12,21	1,63	19,90	1 jam 45 menit	17,5
14	16:30	12,19	1,65	20,11	1 jam 50	18,33

					menit	
15	17.00	12,13	1,68	20,37	1 jam 57 menit	19,83
16	17.30	12,11	1,70	20,58	1 jam 59 menit	19,86

Berdasarkan pada tabel 4.4 Dapat kita lihat bahwa nyala pompa bervariasi tiap satuan waktu nya. Dengan menggunakan patokan waktu selama 30 menit, nyala pompa terlama pada pukul 13.30 -14.00 WITA yaitu selama 14 menit, hal ini dipengaruhi oleh panas matahari yang sangat terik sehingga membuat pompa lebih sering menyala. Total waktu menyala pompa pada tanggal 3 september 2023 selama 1 jam 49 menit dan memakai energi aki sebanyak 18,2 AH.

Berdasarkan pada tabel 4.6 Dapat kita lihat bahwa nyala pompa bervariasi tiap satuan waktu nya. Dengan menggunakan patokan waktu selama 30 menit, nyala pompa terlama pada pukul 13.30 -14.00 WITA yaitu selama 11 menit, hal ini dipengaruhi oleh panas matahari yang sangat terik sehingga membuat pompa lebih sering menyala. Total waktu menyala pompa pada tanggal 5 september 2023 selama 1 jam 52 menit dan memakai energi aki sebanyak 18,80 AH.

Berdasarkan pada tabel 4.8 Dapat kita lihat bahwa nyala pompa bervariasi tiap satuan waktu nya. Dengan menggunakan patokan waktu selama 30 menit, nyala pompa terlama pada pukul 13.30 -13.30 WITA yaitu selama 17 menit, hal ini dipengaruhi oleh panas matahari yang sangat terik sehingga membuat pompa lebih sering menyala. Total waktu menyala pompa pada tanggal 7 september 2023 selama 1 jam 59 menit dan memakai energi aki sebanyak 19,86 AH.

4.3.3 Analisis Data

1) Daya Angin (P_a)

Untuk menghitung Daya angin dapat dihitung menggunakan persamaan (2.4) menggunakan data ke satu hari pertama pada lampiran tabel 4.2 sebagai berikut:

$$P_a = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Berdasarkan Tabel 4.2, diketahui;

$$\text{Massa Jenis Udara } (\rho) = 1,2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Jari-jari Turbin } (r) = 0,50 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Area Baling-baling } (A) &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times (0,50)^2 \text{ m}^2 \\ &= 0,78 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan Angin } (v) = 4,6 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga, Daya Angin } (P_a) &= \frac{1}{2} \rho A v^3 \\ &= \frac{1}{2} \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 0,78 \text{ m}^2 \times (4,6)^3 \text{ m/s} \\ &= 45,55 \text{ Watt} \end{aligned}$$

2) Daya Turbin (P_t)

Untuk menghitung daya turbin menggunakan rumus pada persamaan (2.6) menggunakan data satu pada hari pertama lampiran Tabel 4.2

sebagai berikut:

$$P_t = C_p \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$$

Dimana $C_p = 0,4$ merupakan angka asumsi

$$= 0,4 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 0,78 \text{ m}^2 \times (4,6)^3 \text{ m/s}$$

$$= 36,44 \text{ Watt}$$

$\eta_g = 0,8$ atau 80% merupakan angka asumsi

$$\eta_s = \frac{P_g}{P_t} = \frac{12,48 \text{ Watt}}{P_t}$$

$$P_t = \frac{12,48 \text{ Watt}}{0,8} = 15,6 \text{ Watt}$$

3) Daya Generator (P_g)

Untuk menghitung daya generator menggunakan rumus pada persamaan (2.9) menggunakan data ke satu pada hari pertama lampiran Tabel 4.2, maka didapatkan nilai daya generator sebagai berikut:

$$P_g = V_g \cdot I_g$$

$$= 12 \text{ V} \cdot 1,04 \text{ A}$$

$$= 12,48 \text{ Watt}$$

4) Efisiensi Sistem (η_s)

Untuk menghitung efisiensi sistem menggunakan rumus pada persamaan (2.10) Menggunakan data kelima pada tabel 4.2 maka didapatkan nilai efisiensi sitem sebagai berikut:

$$\eta_s = \frac{P_g}{P_a} \times 100\%$$

$$\eta_s = \frac{12,48 \text{ Watt}}{45,55 \text{ Watt}} \times 100\%$$

$$= 27,39 \%$$



4.3.4 Hasil Analisis Data

Tabel 4. 9 Hasil analisis data pengisian baterai aki 2 September 2023.

No	Waktu (s)	Kecepatan Angin (m/s)	P _{angin} (A)	P _{turbin} (Watt)	P _{generator} (Watt)	Tegangan pengisian batrai (V)	η_s (%)
1	10:00	4,6	45,55	15,6	12,48	12,07	27,39
2	10:30	4,5	42,64	15,15	12,12	12,08	28,42
3	11:00	5,0	58,5	18,45	14,76	12,08	25,23
4	11:30	5,1	62,08	18,75	15	12,12	24,16
5	12:00	4,9	55,05	17,55	14,04	12,13	25,50
6	12:30	5,4	73,69	20,85	16,68	12,18	22,85
7	13:00	5,6	82,18	23,55	18,84	12,25	22,92
8	13:30	5,3	69,67	19,5	15,6	12,27	22,39
9	14.00	5,4	73,69	21,75	17,4	12,35	19,54
10	14.30	5,6	82,18	23,85	19,08	12,41	23,21
11	15.00	5,2	65,80	19,08	15,24	12,45	23,16
12	15.30	5,0	58,5	18,6	14,88	12,54	25,43
13	16.00	4,8	51,75	17,1	13,68	12,63	26,43
14	16.30	4,6	45,55	16,05	12,84	12,70	28,18
15	17.00	4,4	39,86	14,70	11,76	12,75	29,50
16	17.30	3,9	27,76	14,25	11,4	12,75	41,06

Tabel 4. 10 Hasil analisis data pengisian baterai aki 4 September 2023.

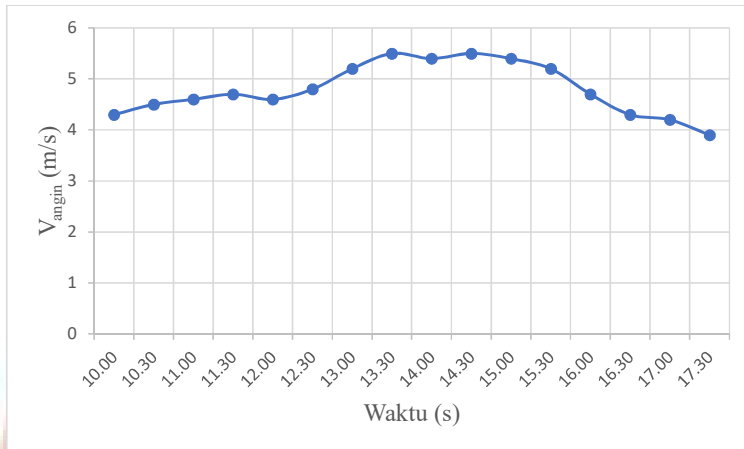
No	Waktu (s)	Kecepatan Angin (m/s)	P_{angin} (A)	P_{turbine} (Watt)	$P_{\text{generator}}$ (Watt)	Tegangan Pengisian Batrai (V)	η_s (%)
1	10:00	4,1	32,25	12	9,6	12,15	29,76
2	10:30	4,5	42,64	15,45	12,36	12,20	28,98
3	11:00	4,6	45,55	15,75	12,6	12,24	27,66
4	11:30	4,2	34,67	12,90	10,32	12,27	29,76
5	12:00	4,3	37,20	13,50	10,8	12,30	29,03
6	12:30	4,9	55,05	17,55	14,04	12,34	25,50
7	13:00	5,5	77,86	23,10	18,48	12,37	23,73
8	13:30	5,8	91,31	25,65	20,52	12,41	22,47
9	14:00	5,6	82,18	24,30	19,44	12,46	23,65
10	14:30	6,1	106,22	27,30	21,84	12,50	20,56
11	15:00	6,2	111,53	27,90	22,32	12,56	20,01
12	15:30	5,9	96,11	27,45	21,96	12,61	22,84
13	16:00	4,8	51,75	17,02	13,62	12,66	26,31
14	16:30	4,5	42,64	15	12	12,70	28,14
15	17:00	4,4	39,86	14,55	11,64	12,74	29,20
16	17:30	4,1	32,25	12	9,6	12,83	29,76

Tabel 4. 11 Hasil analisis data pengisian baterai aki 6 September 2023

No	Waktu (s)	Kecepatan Angin (m/s)	P_{angin} (A)	P_{turbin} (Watt)	$P_{\text{generator}}$ (Watt)	Tegangan Pengisian Baterai (V)	η_s (%)
1	10:00	4,2	34,67	12,9	10,32	12,10	29,76
2	10:30	4,5	42,64	15,45	12,36	12,14	28,98
3	11:00	4,3	37,20	13,5	10,8	12,17	29,03
4	11:30	4,8	51,75	17,1	13,68	12,21	26,43
5	12:00	4,7	48,58	16,5	13,2	12,25	27,17
6	12:30	4,2	34,67	12,9	10,32	12,31	29,76
7	13:00	4,5	42,64	15,45	12,36	12,33	28,98
8	13:30	5,4	73,69	21,75	17,4	12,38	23,61
9	14:00	5,7	86,67	25,2	20,16	12,46	23,26
10	14:30	5,3	69,67	20,85	16,68	12,50	23,94
11	15:00	4,9	55,05	17,55	14,04	12,58	25,50
12	15:30	4,9	55,05	17,7	14,16	12,64	25,72
13	16:00	4,7	48,58	16,5	13,2	12,69	27,17
14	16:30	3,9	27,76	10,5	8,4	12,73	30,25
15	17:00	4,0	29,95	12	9,6	12,78	32,05
16	17:30	3,7	23,70	7,35	5,88	12,82	24,81

4.3.5 Grafik dan Pembahasan

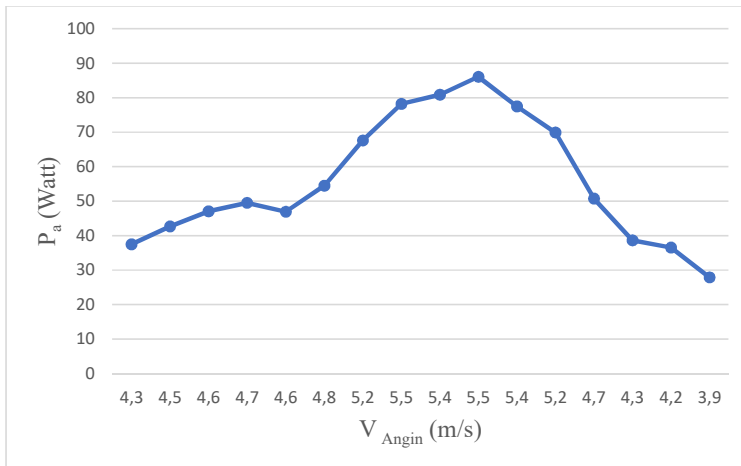
1. Hubungan Kecepatan Angin Terhadap Waktu



Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Kecepatan Angin (m/s) Terhadap Waktu (s)

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin pada saat pengamambilan data dimulai dengan berfluktuasi. Nilai rata-rata tertinggi untuk kecepatan angin yaitu 5,5 m/s pada pukul 13.30 dan 14.30 WITA, sedangkan terendah yaitu 3,9 m/s pada pukul 17.30 WITA.

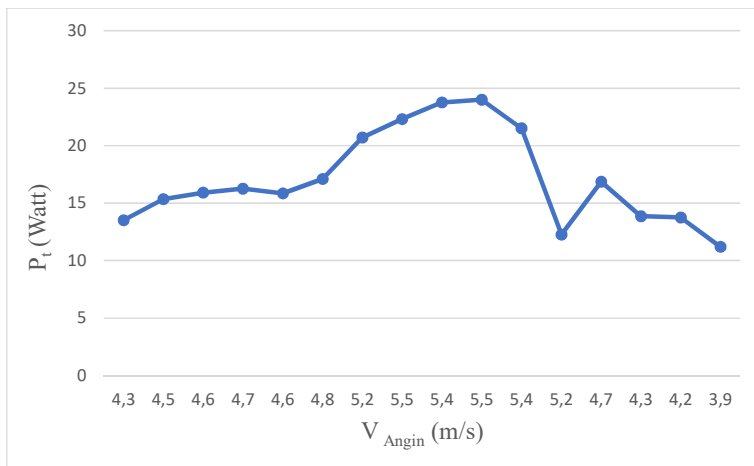
2. Hubungan Daya Angin Terhadap Kecepatan Angin



Gambar 4. 9 Grafik Hubungan Daya Angin (Watt) Terhadap Kecepatan Angin (m/s)

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa, kecepatan angin mempengaruhi kenaikan dan penurunan daya angin. Semakin tinggi kecepatan angin maka daya angin yang dihasilkan semakin tinggi. Nilai rata-rata tertinggi daya angin yaitu 86,02 Watt dengan kecepatan angin 5,5 m/s pada pukul 14.30 WITA. Sedangkan nilai daya angin terendah yaitu 27,90 Watt dengan kecepatan angin 3,9 m/s pada pukul 17.30 WITA.

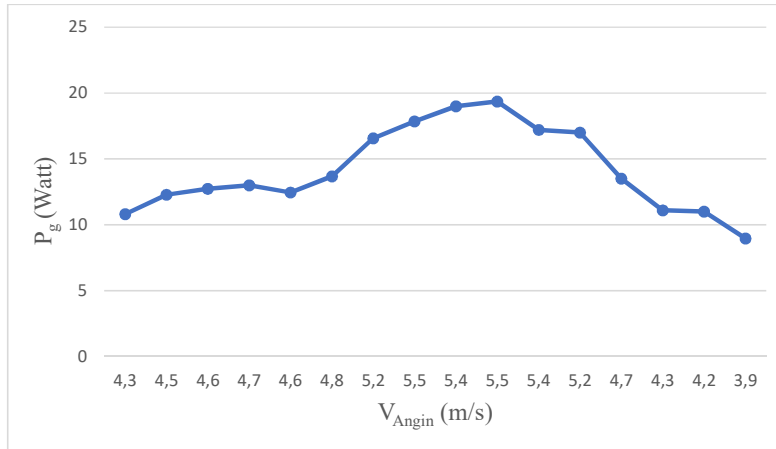
3. Hubungan Daya Turbin Terhadap Kecepatan Angin



Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Daya Turbin (Watt) terhadap Kecepatan Angin (m/s)

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui bahwa daya turbin pada saat pengambilan data dimulai berfluktuasi. Hal itu dikarenakan kenaikan dan penurunan kecepatan angin pada saat pengujian. Nilai rata-rata tertinggi daya turbin yaitu 24 Watt pada kecepatan angin 5,5 m/s dalam penunjukan waktu 14.30 WITA. Sedangkan nilai rata-rata terendah daya turbin 11,2 Watt dengan kecepatan angin 3,9 m/s pada pukul 17:30 WITA.

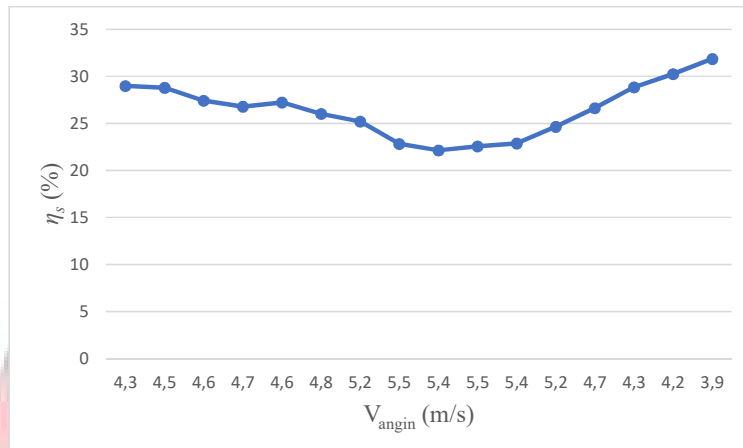
3. Hubungan Daya Generator Terhadap Kecepatan Angin



Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Daya Generator (Watt) terhadap Kecepatan Angin (m/s)

Berdasarkan grafik di atas maka dapat diketahui bahwa Daya generator (Watt) pada saat pengambilan data dimulai berfluktuasi, pada saat pengambilan data tegangan output generator cenderung konstan. Hal ini dikarenakan kenaikan dan penurunan kecepatan angin serta pemakaian komponen Modul Steap Up pada saat pengujian. Nilai rata-rata tertinggi daya generator yaitu 19,36 Watt pada kecepatan angin 5,5 m/s dalam penunjukkan waktu 14.30 WITA. Sedangkan terendah daya generator yaitu 8,96 Watt pada kecepatan angin 3,9 m/s dalam penunjukkan waktu 17.30 WITA.

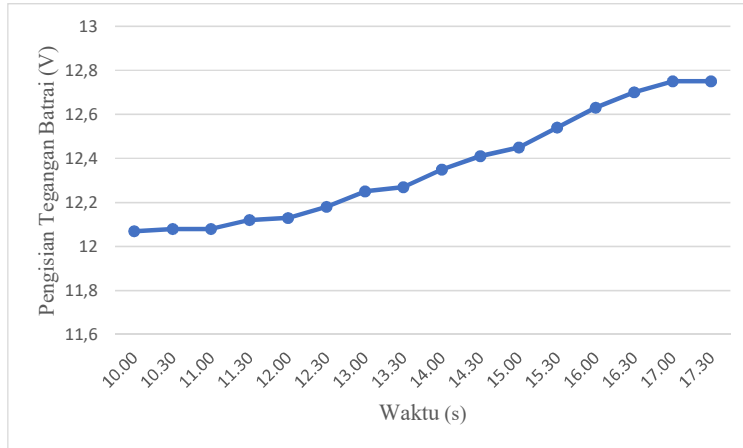
4. Hubungan Efisiensi Sistem Terhadap Kecepatan Angin



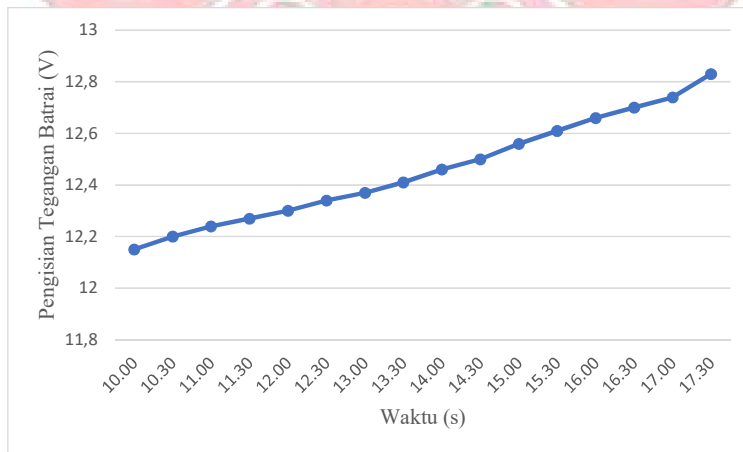
Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Efisiensi Sistem (%) terhadap Kecepatan Angin (m/s)

Dari grafik di atas dapat kita lihat nilai rata-rata efisiensi sistem (%) tertinggi yaitu 31,87% pada pukul 17.30 WITA dengan kecepatan angin 3,9 m/s dan efisiensi sistem (%) terendah yaitu 22,15 % pada pukul 14.30 WITA dengan kecepatan angin 5,5 m/s. Hal ini dikarenakan nilai daya turbin yang peningkatannya semakin besar seiring meningkatnya kecepatan angin. Akan tetapi, pada kecepatan angin maksimum daya generator yang dihasilkan cenderung konstan sehingga efisiensi yang dihasilkan semakin menurun.

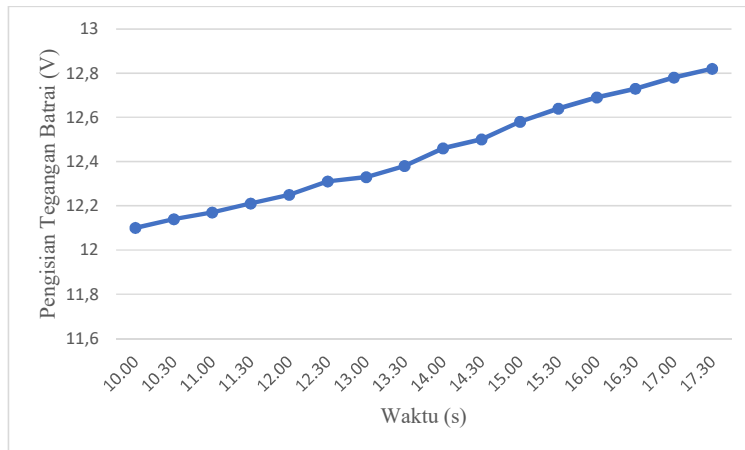
6. Hubungan Pengosongan dan pengisian terhadap waktu



Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Pengisian aki (V) terhadap waktu (s) pada tanggal 2 September 2023

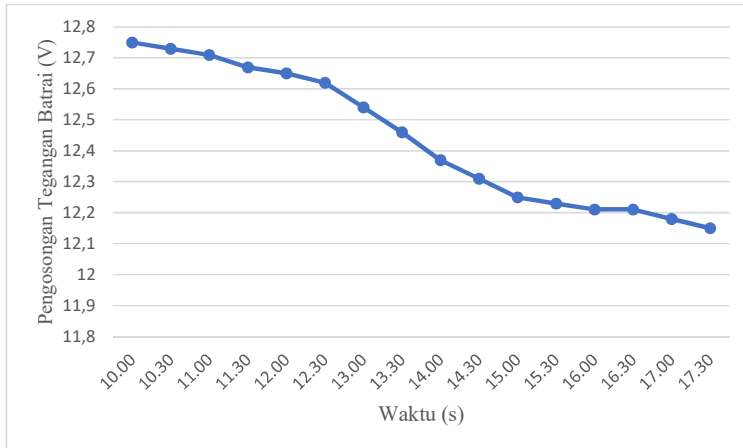


Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Pengisian aki terhadap waktu pada tanggal 4 September 2023

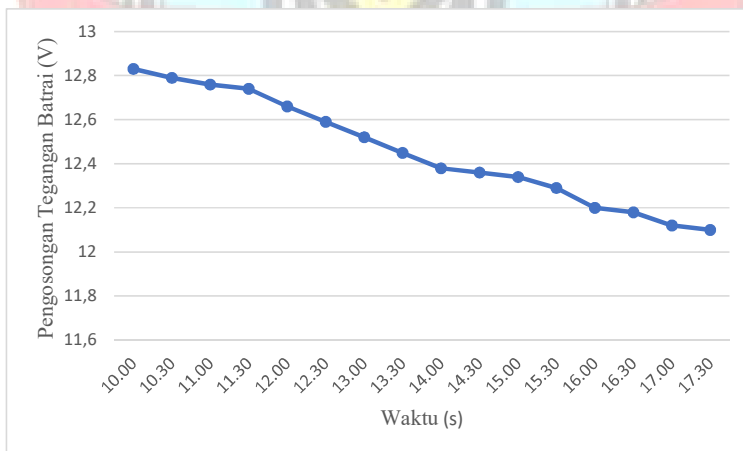


Gambar 4. 15 Grafik Hubungan Pengisian aki (V) terhadap waktu (s) pada tanggal 6 September 2023

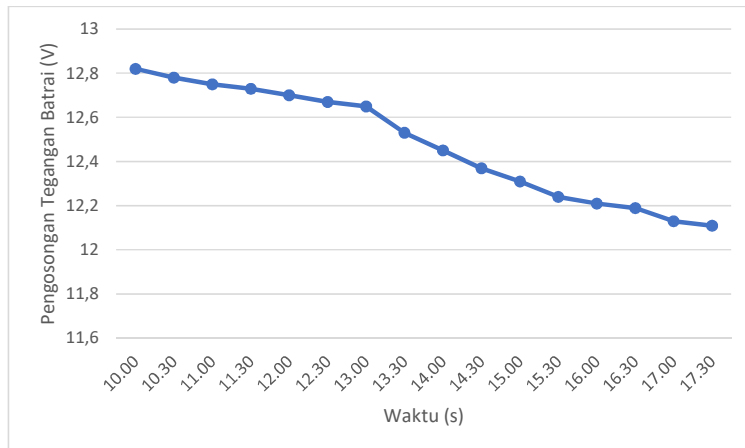
Berdasarkan Grafik diatas dapat kita lihat Bahwa Pengisian Baterai aki Pada Tanggal 2,4,6 september Mengalami Peningkatan yang cukup konstan. Total nilai pengisian aki tertinggi terletak tanggal 4 september yaitu dengan nilai 12,83 Volt pada pukul 17.30 WITA, sedangkan total nilai pengisian terendah terletak pada tanggal 6 September dengan nilai 12,10 Volt pada pukul 10.00 WITA. Hal Ini disebabkan angin cenderung berfluktuasi.



Gambar 4. 16 Grafik Hubungan Pengosongan aki (V) terhadap waktu (s) pada tanggal 3 September 2023



Gambar 4. 17 Grafik Hubungan Pengosongan aki (V) terhadap waktu (s) pada tanggal 5 September 2023



Gambar 4. 18 Grafik hubungan antara pengosongan aki (V) terhadap waktu (s) pada tanggal 7 september

Berdasarkan Grafik diatas dapat kita Simpulkan Bahwa Pemakaian Baterai Aki pada tanggal 3,5,7 September mengalami tingkat penurunan kapasitas baterai yang berbeda-beda. Tingkat pemakaian aki tertinggi terletak pada tanggal 5 september yaitu pada tegangan 12,83 V pada pukul 10.00 WITA dan pemakaian aki terendah terletak pada tanggal 5 september yaitu pada tegangan 12,10 V pada pukul 17.30 WITA . Hal ini dipengaruhi oleh tingkat panas matahari yang cukup tinggi yang menyebabkan sensor yang tertancap menjadi kering yang akan membuat pompa kembali beroperasi untuk penyiraman tanaman.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan pada bab sebelumnya maa dapat disimpulkan bahwa:

1. Penelitian yang telah dilakukan menghasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu dengan Area Baling-Baling 0,78 m, tinggi 1,20 m serta jari-jari turbin 0,50 m PLTB , yang telah memenuhi kebutuhan penyiraman yaitu pompa Submersible 120 Watt.
2. Berdasarkan hasil pengujian dengan memakai generator DC 12 V dan Arduino Uno R3 mampu mengontrol nyala dan matinya pompa berdasarkan variable yang telah di atur, patokan waktu untuk nyala matinya pompa yaitu 30 menit ,yang di mulai dari pukul 10.00 WITA- 17.30 WITA.
3. Berdasarkan hasil pengujian kecepatan angin pada saat di lapangan telah di rata-rata mulai dari tanggal 2-7 September efisiensi sistem yang tertinggi yaitu 31,87 % pada jam 17.30 WITA dengan kecepatan angin 3,9 m/s.

5.2 Saran

Pada Tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan oleh karena itu saran dan pengembangan penelitian ini kedepannya adalah sebagai berikut:

1. Disarankan untuk menambahkan sensor kelembapan di sekitar sprinkler.
2. Disarankan untuk menambah flowmeter dalam sistem penyiraman agar bisa mengetahui debit air yang terpakai.
3. Disarankan menambah blade turbin

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Swandi, Dkk 2021."Menganalisa Hubungan Debit Pompa Listrik Submersible DC 12 Volt Terhadap Ketinggian Penampungan Air Melalui Pembelajaran Berbasis Proyek", dalam Jurnal Pendidikan Fisika, Vol.9 No.2.
- Daryanto,Y.2007.Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu.Yogyakarta:BALAI PPTAGG-UPT-LAGG.
- Eriksson.(2008).Cara Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Bayu.Skripsi ,UniversitasPadjajaran,Padang.
- Hotman, H. dan Harun. 1987. Energi Angin. Bina Cipta.Jakarta.
- Pudjanarsa, Astu dan Nursuhud, Djati, 2008, Mesin Konversi Energi, edisi ke-2, Penerbit ANDI: Yogyakarta.
- Kurniawan . (2016). Turbin Angin Savonius Vertikal dan Horizontal.Skripsi. Universitas Padjajaran, Padang.
- Melada Latif."Efisiensi Prototipe Turbin Savonius Pada Kecepatan Angin Rendah",dalam Jurnal Rekayasa Elektrikal,Vol.10 No.3.
- M. Irhas Haris.2017 .Rancang Bangun Turbin Savonius Sebagai Penggerak Pompa Torak. Skripsi .Makassar.Jurusan Teknik MesinPoiteknik Negeri Ujung Pandang.
- Mutiara Nur Azizah.2014.Sistem Off-Grid Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB).Disertai.Jawa Timur:Universitas Jember.
- M.Taufik Qurohman ,Dkk 2020."Analisis Putaran Pulley Pada Mesin Penggiling Jagung", dalam Jurnal Teknik Mesin , Vol.9 No.2.
- Muhammad Saleh, 2017."Rancang Bangun Sistem Keaman Rumah Menggunakan Relay", dalam Jurnal Teknik Elektro, Vol.8 No.3.
- Nahkoda , YI dan Chorul Saleh. 2016. Rancang Bangun Generator Magnet

- Permanen Untuk Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Menggunakan Kincir Angin Savonius Portabel. *Jurnal Ilmiah SETRUM*, V (2):71-76.
- Nobertus Dodi, Karnowo 2020."Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius", dalam *Jurnal Teknik Mesin* ,Vol.18 No.1.
- Peter J.Scuble,Ricard J.Crossley.Wind Turbine Blade Design.*Jurnal University of Nottingham , University Park, Nottingham NGD 2RD, UK.*
- Rahesa Dwi Putri."Perencanaan dan Analisa Sistem *Sprinkler* Otomatis dan Kebutuhan Air Pemadam *Fire Fighting* Hotel XX", dalam *Jurnal Teknik Mesin*,Vol.6, No. 1, Februari 2017.
- Rendi Febrianto, Dkk 2018."Rancang Bangun *Boost Converter* Untuk Proses *Discharging* Baterai Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya", dalam *Jurnal Teknik Elektro*, Vol.2 No.1.
- Rosadi ,dkk. Prinsip kerja Gnerator. Terhadap Putaran Angin. Laporan Penelitian . Padang. Jurusan Teknik Mesin.
- Ritha,Dkk 2017."Prototype Sistem Monitoring Temperatur Menggunakan Arduimo Uno R3 Dengan Komunikasi Wireless", dalam *Jurnal Teknik Elektro*, Vol.8 No.1.
- Rua,F.(2018).Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik *Pico Hydro* (Doctoral dissertation,Institut Teknologi Nasional).
- Saputa, M .2016. Kajian Literatur Sudu Turbin Angin Untuk Skala Kecepatan Angin Rendah . *Jurnal Mekanova*, Vol (2):74-83.
- Setiono , "Akumulator, Pemakaian dan Perawatannya, "*METANA* , Vol.11, no .1, PP.31-26,Jul.2015.
- Simonds,M.H.,Bodek,A.PerformanceTest of Savonius Rotor.Canada:McGill

University.1964.

Sularso ,(2004). Dasar Perancangan dan Pemilihan Mesin. Jakarta:Pradya Paramita.

Setiono,"Akumulator, Pemakaian dan Perawatan", METANA,Vol.11. No.1,PP.31-36,Jul.2015.

Wawan Septiawan Demanik Dkk,2021."Pengujian *Solar Charger Control (SCC)* Pada Teknologi Pembuangan Sampah", dalam Jurnal Teknik Elektor Vol.3 No.2.



L

A

M

P

I

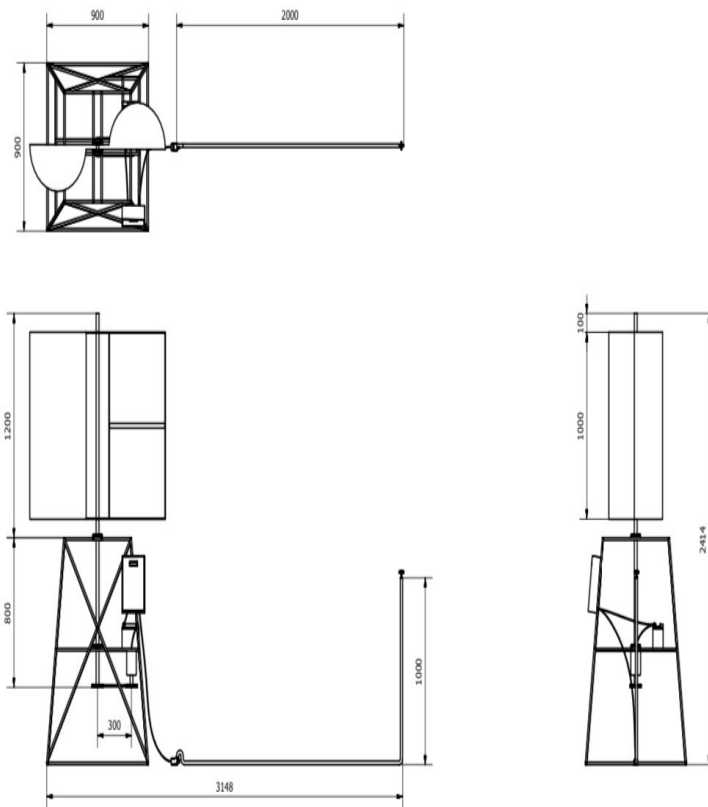
R

A

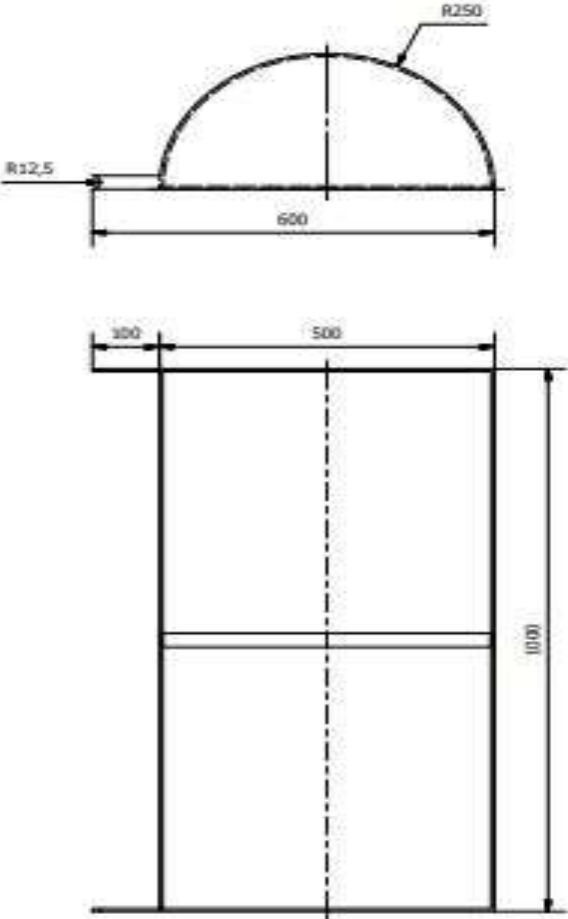
N



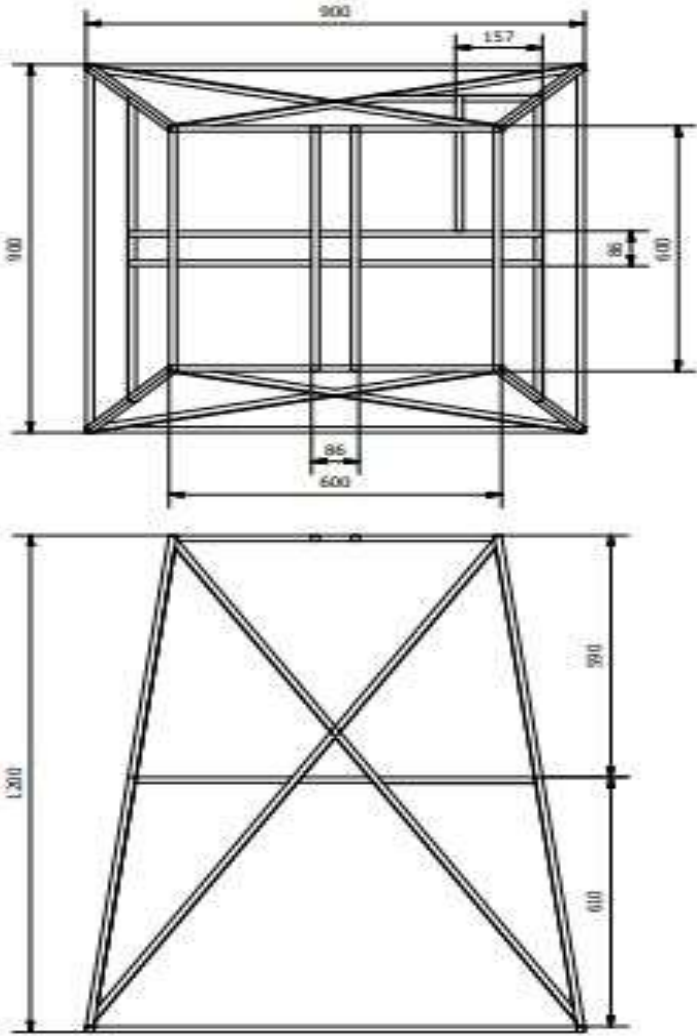
Lampiran 1 Perancangan alat



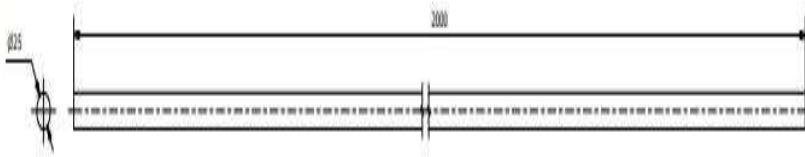
Lampiran 2 Perancangan Turbin



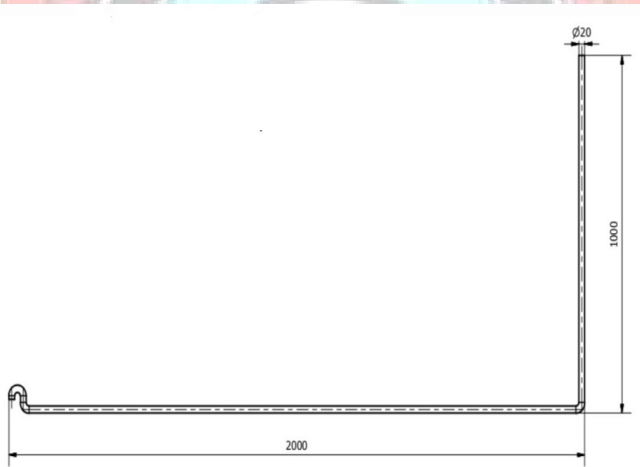
Lampiran 3 Perancangan kerangka



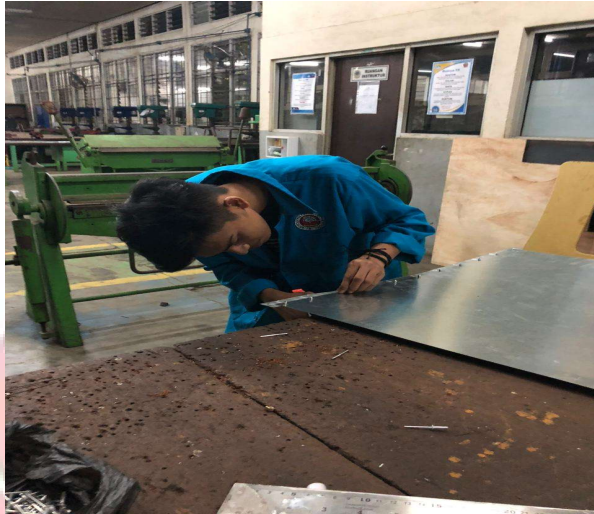
Lampiran 4 Ukuran Besi As



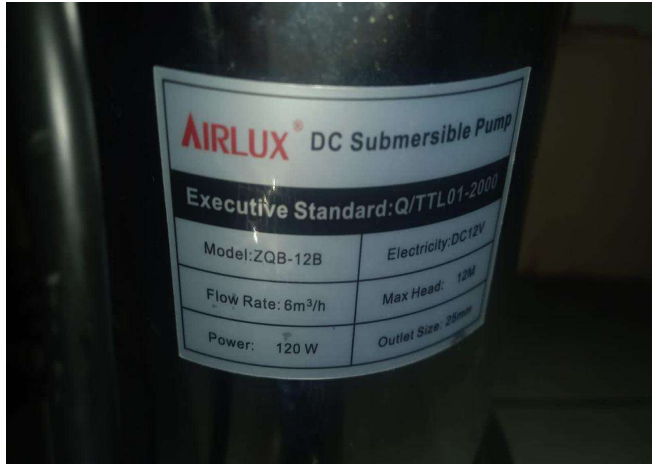
Lampiran 5 Ukuran Panjang Pipa



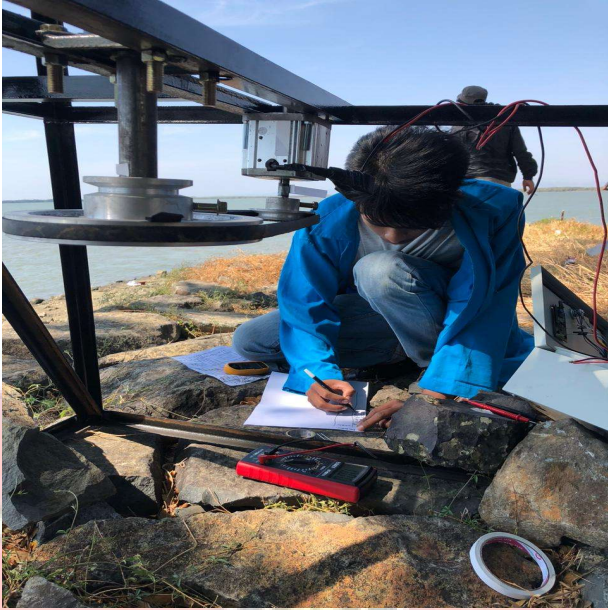
Lampiran 6 Proses Pembuatan Alat

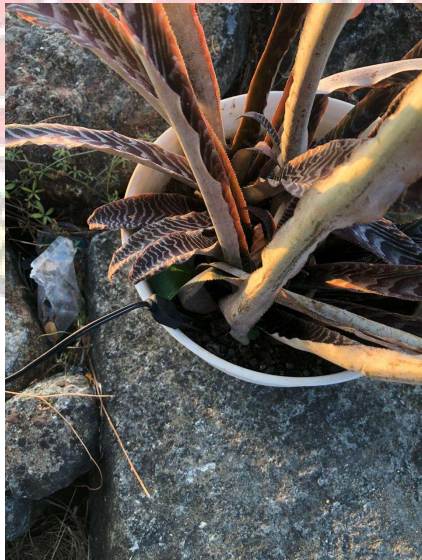
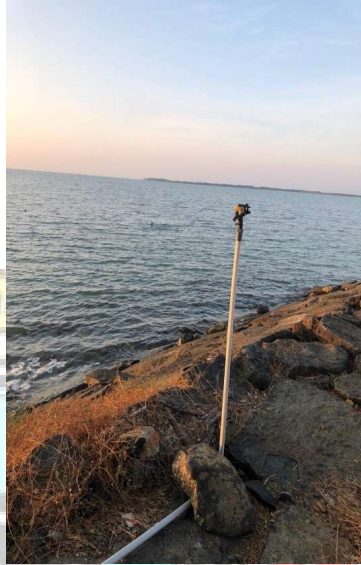






Lampiran 7 Proses Pengujian Alat





Lampiran 8 Program Arduino

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

const int sensor = A0; //inisialisasi pin sensor
const int relay = 5;    //inisialisasi pin relay
const int ledGreen = 6; //inisialisasi pin led hijau
const int ledYellow = 7; //inisialisasi pin led kuning
const int ledRed = 8;  //inisialisasi pin merah

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  //pinMode(lcd, OUTPUT)
  //digitalWrite(powerPin, LOW);

  Serial.begin(4800);
  pinMode(sensor, INPUT); //menetapkan pin A0 sebagai input
  pinMode(relay, OUTPUT); //menetapkan pin 5 sebagai output
  pinMode(ledGreen, OUTPUT); //menetapkan pin 6 sebagai output
  pinMode(ledYellow, OUTPUT); //menetapkan pin 7 sebagai output
  pinMode(ledRed, OUTPUT); //menetapkan pin 8 sebagai output
}

void loop() {
  int dataAnalog = analogRead (sensor); //membaca nilai dari pin sensor
  Serial.print ("KELEMBAPAN : ");
  Serial.println (dataAnalog);

  //lcd.setCursor(0,0)
```

```

//lcd.print("kelembapan: ");
//lcd.println (dataAnalog);
//lcd.setCursor(0,1);
//lcd.println("status: ");
//delay(500);

//jika nilai A0 kurang dari 500, print kata serta nyalakan led hijau dan matikan led kuning,
merah dan juga relay
if (dataAnalog < 500) { //nilai awalnya 500 (jika nilainya kecil/500 dan tanah sedikit
basah maka relay off)
  Serial.print("status : Media Masih Basah");
  Serial.println("");
  digitalWrite (relay, HIGH); //jika nilainya besar/1500 dan tanah sedikit basah
maka relay on)
  digitalWrite (ledGreen,LOW );
  digitalWrite (ledYellow, LOW);
  digitalWrite (ledRed,HIGH );

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("kelembapan: ");
  lcd.println(dataAnalog);
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.println("media Masih Basah ");
}

//tetapi, jika nilai A0 kurang dari 900, print kata serta nyalakan led kuning dan relay
kemudian matikan led hijau dan juga merah
else if (dataAnalog < 800) {
  Serial.print("status : Tanah Cukup Basah");
  Serial.println("");
  digitalWrite (relay, LOW);

```

```
digitalWrite (ledGreen, HIGH);  
digitalWrite (ledYellow, LOW);  
digitalWrite (ledRed, LOW);
```

```
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("kelembapan: ");  
lcd.println(dataAnalog);  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.println("cukup basah");
```

```
}
```

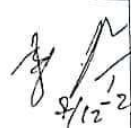



```
}
```



LEMBAR REVISI JUDUL TUGAS AKHIR

Nama : Muh Fath Ilah/Mar'ana
 NIM : 34220054/34220063

Catatan Daftar Revisi Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1.	Prof. Suryanto	<ul style="list-style-type: none"> - Daya turbin sama dengan efisiensi generator ditang dengan daya angin (Hal. 57) - tambahkan penjelasan/ analisis hubungan antara energi yg ditimbulkan penguatan energi yg ditimbulkan oleh pompa 	
2.	Dr-Eng. Akhmad Taufiq	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki judul pada sampul ("komponen") - Tambahkan metode pada ringkasan - Kurangi latar belakang di ringkasan - Perbaiki tujuan kegiatan (yg lebih tinggi dari pada mengontrol) - Perbaiki persamaan (2-2) - Perbaiki skema mesin jenis ulara - Perbaiki persamaan (2-1) 	
3.	Sulena Abadi	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki skema dan judul keluar tabel pengototora ole - Beri sedikit penjelasan untuk waktu nyata pmp 	
4.	Yiyin Klistafani	<ul style="list-style-type: none"> - Perbaiki daftar tabel - Pada bagian latar belakang, tambahkan penelitian sebelumnya - Padatkan kesimpulan menjadi 3 point - Cari sumber lain dari tabel efisiensi angin (Hal. 9) - Cari semua sumber dan link internet - Perbaiki perhitungan efisiensi sistem, pakai daya turbin - Cp tidak konstan - Cari nama asli daya turbin, komunikasi di spes D - Lensa/objektif/okuler bisa konformasi di lensa/objektif - Gambar dari penulis tidak usah dicantumkan sumbernya - Pada perhitungan daya turbin, tuliskan bahwa Cp adalah angka abstrak 	

Makassar, 22 September 2023
 Ketua Ujian Sidang,


 Yiyin Klistafani, S.T., M.T.
 NIP. 199005172015042001

Catatan: Jika ada perubahan Judul Tugas Akhir konfirmasi secepatnya ke bagian Akademik.