



TUGAS AKHIR – LI1956404

**PEMANFAATAN TURBIN SAVONIUS DALAM
PENYEDIAAN ENERGI TERBARUKAN
SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR TAMBAK
GARAM BERBASIS MIKROKONTROLER**

Oleh:

**Putri Ayu Damayanti
NRP. 33112301028**

Dosen Pembimbing:

**M. Sohibul Hajah, S.T., M.T. (Pembimbing I)
A Labib Fardany Faisal, M.T.I. (Pembimbing II)**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI MADURA
SAMPANG
2026**



TUGAS AKHIR – LI1956404

**PEMANFAATAN TURBIN SAVONIUS DALAM
PENYEDIAAN ENERGI TERBARUKAN
SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR TAMBAK
GARAM BERBASIS MIKROKONTROLER**

Oleh:

**Putri Ayu Damayanti
NRP. 33112301028**

Dosen Pembimbing:

**M. Sohibul Hajah, S.T., M.T. (Pembimbing I)
A Labib Fardany Faisal, M.T.I. (Pembimbing II)**

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI MADURA
SAMPANG
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Politeknik Negeri Madura, Kementerian Pendidikan, Tinggi, Sains dan Teknologi:

Nama : Putri Ayu Damayanti
NRP : 33112301028
Program Studi : D3 Teknik Listrik Industri
Jurusan : Teknologi Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan judul “Pemanfaatan Turbin Savonius Dalam Penyediaan Energi Terbarukan Sebagai Penggerak Pompa Air Tambak Garam Berbasis Mikrokontroler”:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali

pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.

- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka Tugas Akhir saya ini dibatalkan.



Sampang, 1 Juli 2026

Putri Ayu Damayanti
NRP. 33112301028

LEMBAR PENGESAHAN

Pemanfaatan Turbin Savonius Dalam Penyediaan Energi Terbarukan Sebagai Penggerak Pompa Air Tambak Garam Berbasis Mikrokontroler

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar Ahli Madya Teknik
Pada,
Jurusan Teknologi Elektro
Politeknik Negeri Madura

Oleh:
Putri Ayu Damayanti
NRP. 33112301028

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal, 28 Juli 2026
dan telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. M. Sohibul Hajah, S.T., M.T. (Pembimbing I)
2. A Labib Fardany Faisal, M.T.I. (Pembimbing II)
3. Ir. Akhmad Arif Kurdianto, S.ST., M.T. (Penguji I)
4. Norma Mahmudah, S.T., M.T. (Penguji II)
5. Aries Alfian Prasetyo, S.Pd., M.Kom. (Penguji III)
6. Endin Tri Hartanto, A. Md., S.T., M.T., M. Tr.Opsla. (Penguji IV)

Sampang

28 Juli 2026

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Turbin Savonius Dalam Penyediaan Energi
Terbarukan Sebagai Penggerak Pompa Air Tambak
Garam Berbasis Mikrokontroler

Penulis : Putri Ayu Damayanti

NRP : 33112301028

Program Studi : DIII Teknik Listrik Industri

Jurusan : Teknologi Elektro

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan.

Ditandatangani di Gedung A, Politeknik Negeri Madura.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



A Labib Fardany Faisal, M.T.I.
NIP. 199304132022031015

Dosen Pembimbing I



M. Sohibul Hajah, S.T., M.T.
NIP. 19750527015041001

Koordinator Program Studi

Teknik Listrik Industri



Bayu Praharsena, S.ST., M.T.
NIP. 199405312019031009

Ketua Jurusan

Teknologi Elektro



Mohammad Nur, S.Si., M.T.
NIP. 198605082019031007



ABSTRAK



**PEMANFAATAN TURBIN SAVONIUS DALAM
PENYEDIAAN ENERGI TERBARUKAN SEBAGAI
PENGGERAK POMPA AIR TAMBAK GARAM
BERBASIS MIKROKONTROLER**

Nama : Putri Ayu Damayanti
NRP : 33112301028
Dosen Pembimbing I : M. Sohibul Hajah, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing II : A Labib Fardany Faisal, M.T.I.

ABSTRAK

Kabupaten Sampang merupakan salah satu wilayah penghasil garam di Pulau Madura yang masih menghadapi kendala dalam proses pemompaan air laut menuju tambak. Pemompaan yang masih bergantung pada sumber energi konvensional dapat meningkatkan biaya operasional dan pemanfaatan bahan bakar fosil. Tugas Akhir ini bertujuan memanfaatkan Turbin Savonius sebagai sumber Energi Terbarukan untuk menghasilkan Energi Listrik yang digunakan dalam sistem pemompaan air tambak secara otomatis. Turbin Savonius dirancang menggunakan bilah Galvanis dan dihubungkan dengan generator melalui sistem

transmisi *pulley* untuk meningkatkan putaran generator. Energi listrik yang dihasilkan kemudian disalurkan melalui *Solar Charge Controller* (SCC) untuk mengisi aki sebagai sumber daya sistem. Pengendalian pompa dilakukan menggunakan Arduino Uno, Sensor *water level float switch*, relay, dan *push button*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa generator mampu mencapai putaran sebesar 328,8 RPM dengan tegangan 19,61 V dan arus 0,3334 A pada kecepatan angin 6,0 m/s. Pengujian sistem pemompaan menunjukkan bahwa pompa dapat menyala ketika ketinggian air berada pada kondisi rendah dan berhenti ketika air mencapai kondisi penuh pada mode START. Pada mode STOP, pompa tetap berada dalam kondisi mati. Berdasarkan kinerja sistem tersebut Turbin Savonius dapat dimanfaatkan sebagai Sumber Energi Terbarukan untuk mendukung pemompaan air tambak dengan sistem kontrol otomatis berbasis mikrokontroler.

Kata Kunci = Turbin Savonius, Energi Terbarukan, Generator, Pemompaan Air Tambak, Arduino Uno



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

ABSTRACT



THE USE OF SAVONIUS TURBINES IN RENEWABLE ENERGY GENERATION TO POWER MICROCONTROLLER-BASED SALT POND WATER PUMPS

Name : Putri Ayu Damayanti
NRP : 33112301028
Supervisor I : M. Sohibul Hajah, S.T., M.T.
Supervisor II : A Labib Fardany Faisal, M.T.I.

ABSTRACT

Sampang Regency is one of the salt-producing regions on Madura Island that still faces challenges in pumping seawater into salt ponds. Pumping that remains dependent on conventional energy sources can increase operational costs and fossil fuel consumption. This final project aims to utilize a Savonius turbine as a renewable energy source to generate electricity for use in an automated salt pond water pumping system. The Savonius turbine is designed using galvanized blades and is connected to a generator via a pulley transmission system to increase the generator's rotational speed. The generated electricity is then routed through a

Solar Charge Controller (SCC) to charge a battery, which serves as the system's power source. Pump control is managed using an Arduino Uno, a float switch water level sensor, a relay, and a push button. Test results show that the generator is capable of reaching a rotational speed of 328.8 RPM with a voltage of 19.61 V and a current of 0.3334 A at a wind speed of 6.0 m/s. Testing of the pumping system shows that the pump turns on when the water level is low and stops when the water reaches full capacity in START mode. In STOP mode, the pump remains off. Based on the system's performance, the Savonius turbine can be utilized as a renewable energy source to support pond water pumping with a microcontroller-based automatic control system.

Keywords = Savonius Turbine, Renewable Energy, Generator, Pond Water Pumping, Arduino Uno



KATA PENGANTAR



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa yang telah memberi kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tujuan penulisan Laporan Tugas Akhir adalah memenuhi salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk dapat menyelesaikan pendidikan Diploma-3 Program Studi D3 Teknik Listrik Industri jurusan Teknologi Elektro di Politeknik Negeri Madura.

Laporan Tugas Akhir dengan judul “Pemanfaatan Turbin Savonius Dalam Penyediaan Energi Terbarukan Sebagai Penggerak Pompa Air Tambak Berbasis Mikrokontroler” dapat diselesaikan dengan baik melalui bantuan, bimbingan, dan dorongan dari orang-orang yang berada di sekitar penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Laily Ulfiyah, S.T., MT., Direktur Politeknik Negeri Madura .
2. M. Musta'in, S.T., MT., Wakil Direktur Bidang Akademik.

3. Mohammad Nur, S.Si., M.T., Ketua Jurusan Teknologi Elektro
4. Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc., Sekretaris Jurusan Teknologi Elektro
5. Moch. Nur Adiwana, M. T., Koordinator Program Studi Teknik Listrik Industri
6. M. Sohibul Hajah, S.T., M.T., Dosen Pembimbing I
7. A Labib Fardany Faisal, M.T.I., Dosen Pembimbing II
8. Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah melayani mahasiswa selama penulis menempuh pendidikan di sini.
9. Kepada Ayah tercinta terimakasih atas segala jerih payah, dan dukungan yang tak pernah putus, sebagai penguat utama bagi penulis dari awal perkuliahan hingga Proposal Tugas Akhir ini selesai.
10. Kepada Ibu tercinta atas segala doa, perhatian dan kasih sayangnya, terimakasih sudah menjadi tempat pulang dan sumber kekuatan terbesar hingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini dengan baik dan benar.
11. Seluruh anggota keluarga yang senantiasa memberikan doa, motivasi, serta dukungan moral

maupun material dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir .

12. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Listrik Industri Angkatan 2023, dan semua pihak yang telah memberikan arahan, dalam proses penyusunan Proposal Tugas Akhir.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk tugas akhir ini.

Sampang, 01 Juli 2026

Putri Ayu Damayanti
NRP. 33112301028

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR ISI



DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN.....	x
LEMBAR PENGESAHAN.....	xii
LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR.....	xiii
ABSTRAK	x
<i>ABSTRACT</i>	x
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	4
1.6 Luaran	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	7
2.2 Landasan Teori.....	15
2.2.1 Energi Terbarukan	15
2.2.2 Turbin Angin Savonius.....	16
2.2.3 Pompa Air.....	17

2.2.4	Mikrokontroler Arduino Uno.....	19
2.2.5	<i>Water Level Floating Sensor</i>	20
2.2.6	Generator DC.....	21
2.2.7	SCC (<i>Solar Charge Controller</i>).....	22
2.2.8	Relay.....	23
2.2.9	Pompa Listrik 12V DC	24
2.2.10	Aki 12V DC.....	25
2.2.11	<i>Pulley</i>	26
2.2.12	Sabuk (<i>belt</i>)	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		29
3.1	Tahapan Penelitian.....	29
3.2	Diagram Alir Penelitian	30
3.3	<i>Flowchart</i> Sistem Kerja Alat	31
3.4	Blok Diagram Sistem	33
3.5	Desain Sistem Turbin Savonius	35
3.5.1	Desain 2D Turbin Savonius.....	35
3.5.2	Desain 3D Turbin Savonius.....	36
3.5.3	Wiring Rangkaian.....	39
3.5.4	Spesifikasi Komponen	40
3.6	Proses dan Prosedur Pengerjaan.....	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		6
4.1	Perancangan dan Bentuk Alat Turbin Savonius.....	7
4.2	Perancangan Sistem Kelistrikan Turbin Angin.....	9
4.3	Perancangan Sistem Kontrol Pemompaan Air	10
4.4	Pengujian Daya Output Turbin	12
4.4.1	Pengujian Output Turbin tanpa Aki.....	13

4.4.2	Pengujian Output Turbin dengan Aki.....	15
4.5	Pengujian sistem pemompaan otomatis	20
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		24
5.2	Kesimpulan	24
5.2	Saran	25
DAFTAR PUSTAKA.....		27
LAMPIRAN.....		30
BIODATA PENULIS.....		33



DAFTAR TABEL



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya	13
Tabel 3. 1 Spesifikasi Komponen	40
Tabel 3. 2 Proses dan Prosedur Pengerjaan.....	42
Tabel 4. 1 Tabel Pengujian Pada Saat 08 Juli 2026	13
Tabel 4. 2 Tabel Pengujian Pada Saat 10 Juli 2026	14
Tabel 4. 3 Tabel Pengujian Pada Saat 18 Juli 2026	15
Tabel 4. 4 Tabel Pengujian Pada Saat 19 Juli 2026	16
Tabel 4. 5 Pengujian Perputaran Pulley	18
Tabel 4. 6 Hasil dari perhitungan rasio (3,26:1)	18
Tabel 4. 7 Pengujian Perputaran Pulley	19
Tabel 4. 8 Hasil dari perhitungan rasio (3,26:1)	19
Tabel 4. 9 Pengujian Pompa ke-1.....	20
Tabel 4. 10 Pengujian pompa ke-2.....	21
Tabel 4. 11 Pengujian Pompa ke-3.....	21
Tabel 4. 12 Pengujian Pompa ke-4.....	21

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bilah Turbin Savonius.....	17
Gambar 2. 2 Kincir Angin sebagai Pemompaan pada daerah tambak	18
Gambar 2. 3 Mikrokontroler Arduino Uno	20
Gambar 2. 4 Water Level Floating Sensor.....	21
Gambar 2. 5 Generator DC	22
Gambar 2. 6 SCC (<i>Solar Charge Controller</i>)	23
Gambar 2. 7 <i>Module Relay</i>	24
Gambar 2. 8 Pompa Celup Listrik DC	25
Gambar 2. 9 Aki	26
Gambar 2. 10 <i>Pulley</i>	26
Gambar 2. 11 <i>Belt</i>	27
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Alir Penelitian.....	30
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Sistem Kerja.....	32
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem	33
Gambar 3. 4 Desain 2D Turbin Savonius	35
Gambar 3. 5 Desain 3D Turbin Savonius	36
Gambar 3. 6 Perbandingan Rasio <i>Pulley</i>	37
Gambar 3. 7 Wiring Rangkaian.....	39
Gambar 4. 1 Hasil Rancangan Alat.....	8
Gambar 4. 2 Sistem Kelistrikan Pada Panel.....	10
Gambar 4. 4 Program Arduino Uno R3	12
Gambar 4. 5 Grafik Pengujian.....	13
Gambar 4. 6 Grafik Pengujian.....	14
Gambar 4. 7 Grafik Pengujian.....	16
Gambar 4. 8 Grafik Pengujian.....	17

Halaman ini sengaja dikosongkan



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTER



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTER



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTER



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

DC = *Direct Current*

RPM = Rotasi Per Menit

SCC = *Solar Charge Control*



DAFTAR LAMPIRAN



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 QR <i>Code</i> Program Arduino Uno	30
Lampiran 1. 2 Dokumentasi Tugas Akhir.....	31



BAB 1

PENDAHULUAN



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil garam terbesar di Asia Tenggara. Berdasarkan data nasional, terdapat 13 provinsi yang menjadi pusat produksi garam, dengan Jawa Timur sebagai penghasil terbesar mencapai 812 ribu ton per tahun. Tingginya produksi di Jawa Timur ini tidak terlepas dari keberadaan Pulau Madura yang sejak lama dikenal sebagai wilayah utama tambak garam rakyat di Indonesia [1]. Madura juga tidak hanya memiliki julukan sebagai “Pulau Garam”, tetapi juga memiliki peran penting dalam pemenuhan kebutuhan Garam Nasional serta mengurangi ketergantungan terhadap impor. Kabupaten Sampang termasuk wilayah dimadura yang memiliki tingkat produksi garam yang tinggi dibandingkan beberapa wilayah lainnya, terutama di Desa Pangarengan, Camplong, dan Jrengik yang sejak lama dikenal sebagai sentra produksi garam yang kuat baik di pasar lokal maupun regional [2].

Dibalik besarnya potensi produksi garam tersebut, petani garam di beberapa wilayah termasuk Kabupaten Sampang, masih menghadapi berbagai kendala teknis dalam proses produksi, terutama pada tahap pemompaan air laut menuju tambak garam yang dilakukan secara mekanik menggunakan kincir angin. Berdasarkan hasil wawancara dengan petani garam setempat, diketahui bahwa mereka masih menggunakan kincir angin tradisional yang tidak bisa menyesuaikan arah angin (statis) dan hanya dapat bekerja secara optimal apabila arah kincir angin sesuai dengan arah angin yang datang. Maka ketika arah angin berubah, kincir tidak mampu berputar secara maksimal sehingga proses pemompaan air laut sering terhenti, melambat, atau bahkan membutuhkan biaya serta tenaga tambahan (Pompa air diesel) untuk mengaliri air laut pada tambak. Hal tersebut akan menurunkan efisiensi kerja petani garam dan menghambat proses produksi garam secara keseluruhan. Permasalahan tersebut menunjukkan perlunya pemanfaatan teknologi Energi Terbarukan berupa Turbin Savonius yang mampu menangkap angin dari segala arah tanpa memerlukan mekanisme pengarah atau penyesuaian posisi.

Teknologi Turbin savonius sangat dibutuhkan oleh petani garam, sehingga penulis menuangkan dalam Tugas Akhir dengan judul “Pemanfaatan Turbin Savonius Dalam Penyediaan Energi Terbarukan Sebagai Pemompaan Air Tambak Garam Berbasis Mikrokontroler”. Teknologi ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih efektif dan berkelanjutan bagi petani garam khususnya pada daerah di Kabupaten Sampang sehingga proses produksi garam dapat berjalan dengan baik.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, Rumusan Masalah yang diambil antara lain, sebagai berikut:

1. Bagaimana memanfaatkan Turbin Savonius yang adaptif terhadap kondisi arah dan kecepatan angin di lingkungan tambak ?
2. Bagaimana kinerja Sistem Turbin Savonius dan Generator sebagai sumber energi listrik untuk menggerakkan pompa air?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang ada dalam tugas akhir ini adalah, sebagai berikut:

1. Pemompaan air dilakukan secara elektrik menggunakan energi listrik dari generator yang digerakkan turbin Savonius.
2. Sistem penghentian pemompaan air dilakukan secara otomatis berdasarkan sensor ketinggian air.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disusun, berikut tujuan yang ingin dicapai dalam Tugas Akhir ini:

1. Memanfaatkan Turbin Savonius yang adaptif terhadap kondisi arah dan kecepatan angin di lingkungan tambak.
2. Memanfaatkan energi listrik dari Generator bertenaga Turbin Savonius sebagai sumber energi penggerak pompa air.

1.5 Manfaat

Tugas Akhir ini memberikan beberapa manfaat, yaitu diantaranya sebagai berikut:

1. Manfaat untuk peneliti

Penelitian ini membantu peneliti meningkatkan pemahaman serta keterampilan dalam memanfaatkan kinerja Turbin Savonius untuk Pemompaan air secara efisien.

2. Manfaat untuk instansi

Penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi pengembangan teknologi energi terbarukan skala kecil untuk penelitian selanjutnya di bidang konversi energi .

3. Manfaat untuk masyarakat

Penelitian ini memberikan alternatif sistem pemompaan air tambak yang hemat biaya dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan potensi energi angin di area pegaraman.

1.6 Luaran

Luaran dari Tugas Akhir ini berupa hasil yang diperoleh setelah seluruh tahapan perancangan dan pengujian sistem telah selesai dilakukan.

1. Luaran dari tugas akhir ini berupa sebuah sistem pembangkit listrik tenaga angin menggunakan Turbin

Savonius yang terintegrasi dengan generator dan dilengkapi dengan pemompaan air secara otomatis.

2. Luaran dari tugas akhir ini juga menyediakan Data hasil pengujian antara Rotasi per menit (Rpm) dan Daya listrik yang dihasilkan Generator, sebagai acuan untuk memenuhi kebutuhan daya pada sistem.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada bagian ini membahas tentang penelitian sebelumnya yang relevan dengan topik yang diusulkan oleh penulis.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Jamal Jamal dengan judul “Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Savonius”. Penelitian ini melakukan pengujian pada kinerja Turbin Savonius dengan variasi jumlah sudu turbin yang berbeda, diantaranya adalah 2, 3 dan 4 buah sudu, dengan kecepatan angin yang berbeda yaitu 3,5 m/s, 4,5 m/s, 5,5 m/s dan 6,5 m/s. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah sudu yang paling efektif dalam menghasilkan putaran dan efisiensi turbin dalam berbagai kecepatan angin yang ditambah dengan beban. Pengujian ini menggunakan Alat Ukur Pegas, Tachometer dan Anemometer yang berguna untuk mengetahui beban pada poros turbin, mengukur putaran turbin dan mengukur kecepatan angin. Hasil analisis dari penelitian ini menunjukkan bahwa pada kecepatan angin 3,5 m/s dengan

beban 0,1 – 1,0 N untuk turbin 2 sudu diperoleh efisiensi 4,99 – 28,32 %, pada turbin 3 sudu diperoleh efisiensi 4,58 – 40,59% dan pada turbin 4 sudu diperoleh efisiensi 4,73 – 40,95%, pada kecepatan angin 4,5 m/s dan 5,5 m/s serta 6,5 m/s diperoleh kecenderungan yang sama terlebih jika pembebanan diteruskan hingga putaran turbin berhenti [1]. Dengan adanya penelitian inilah penulis bisa membuat turbin savonius yang bisa menghasilkan torsi serta kecepatan yang sesuai dengan kebutuhan yang ada pada tambak garam untuk aplikasi pemompaan air laut serta pemanfaatan energi terbarukan yang menghasilkan energi listrik.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Zilman Syarif dan Duma Pabiban dengan judul “Aplikasi Kincir Angin Turbin Savonius Untuk Pengairan Tambak Garam”. Pada penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan Teknologi tepat guna menggunakan Kincir Angin tipe Savonius untuk menggantikan penggunaan pompa berbahan bakar fosil seperti bensin sebagai proses pengairan tambak di Provinsi Nusa Tenggara Timur. Secara umum, proses produksi garam dilakukan melalui penguapan air laut menggunakan sinar matahari, dimana kebutuhan pengairan lahan seluas 1 hektar memerlukan waktu sekitar 3 jam dengan konsumsi bahan

bakar kurang lebih 3 liter setiap proses pengairan berlangsung. Turbin Savonius sebagai solusi agar dapat mengurangi biaya tersebut, Turbin Savonius dimanfaatkan sebagai penggerak pompa mekanik yang mampu bekerja pada kecepatan angin 3-7 km/jam, menghasilkan 50-70 putaran per menit dan debit air sebesar 19,625 – 27,475 liter per menit [2]. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwasannya sistem mampu mengalirkan air pada tambak secara efektif serta berpotensi mengurangi penggunaan bahan bakar fosil dan beralih pada pemanfaatan Energi Terbarukan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Saifuddin, Mohd. Arskadius A, dan Jenne Syarif dengan judul “PKM Pemanfaatan Kincir Angin Untuk Peningkatan Pendapatan dan Penguatan Kapasitas Kelembagaan Kelompok Petani Garam Tradisionil Di Kecamatan Lapang Kabupaten Aceh Utara”. Pada penelien ini alat yang dibuat yaitu sebuah Teknologi tepat guna yang dipilih untuk mengairi lahan garam petani dengan Turbin Savonius *type rotor L*, kincir angin ini sangat cocok pada kecepatan angin 3 sampai 7 km/menit sehingga dapat diperoleh daya isap pompa secara maksimal. Manfaat dibuatnya alat ini adalah untuk menghindari permasalahan, yakni tidak tersedianya Cadangan

stok air asin (air laut) dikarenakan hanya petani mengandalkan air pasang. Dengan adanya alat ini bisa untuk mencukupi ketersediaan air 30 hari/bulan sehingga stok air dan produktifitas peningkatan pendapatan petani garam akan terus meningkat. Komponen untuk membuat alat ini terdiri dari, Blade Arm (Lengan Sudu) yang dipasang agar memiliki lengan penyangga sudu yang kuat, Poros Penggerak yang dibawahnya di pasang puli untuk merubah putaran rotasi menjadi translasi (lurus) untuk menggerakkan poros pompa, Serta Mekanisme Penggerak Pompa berfungsi agar mengubah Gerak rotasi turbin menjadi Gerak translasi yang menggerakkan pompa torak. Pompa memakai pompa torak bekerja dengan dipasangnya T sebagai pintu keluar air, selanjutnya dialirkan kepada pintu air pasang surut yang sudah dibuat dan di komunikasikan dengan Masyarakat desa setempat [3].

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Firman Rhamadhan, Maria Fransisca Soetanto, Muhammad Rizki Zuhri dengan judul “Rancang Bangun Sistem Pompa dan Pipa pada Turbin Angin Savonius Dua Tingkat Sebagai Sistem Pengaliran Air”. Pada penelitian ini, dilakukan perancangan sebuah system pemompaan air beserta instalasi

pipa yang digerakkan oleh turbin savonius sumbu vertikal dua Tingkat. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan energi terbarukan yaitu energi angin yang ramah lingkungan dan melimpah untuk Solusi alternatif pengaliran air bagi daerah yang sulit menjangkau sumber air bersih. Alat ini bekerja dengan memanfaatkan gaya hambat (drag) dari hembusan angin yang ditangkap oleh bilah turbin, kemudian energi rotasi yang didapat akan di konversikan ke poros penggerak untuk menjalankan sistem pompa. Pompa yang digunakan membutuhkan mekanisme Gerak bolak-balik (piston) yang menimbulkan suatu perbedaan tekanan antara saluran masuk (inlet) dan saluran keluar (outlet), sehingga fluida dapat dialirkan dari satu titik ke titik lainnya. Pada tahap pengujian, dilakukannya analisis terhadap tiga variasi sistem perpipaan yang memiliki debit aliran paling optimal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sistem perpipaan memiliki Tingkat efisiensi yang sangat tinggi, dengan nilai efisiensi maksimum sebesar 99,92% pada masing-masing konfigurasi, dan dengan nilai efisiensi minimum yang bervariasi, yaitu 99,77% pada bentuk pipa 1, 99,62% pada bentuk pipa 2, dan 99,69% pada bentuk pipa 3 [4].

Pada Penelitian terdahulu memiliki kelebihan dan

kekurangan tersendiri. Kelebihannya, penelitian tersebut berhasil membuktikan bahwa perancangan Turbin Savonius sangat tepat dan efektif diterapkan di area tambak untuk memompa air laut pada produksi garam. Namun, kekurangannya adalah sistem yang dibuat hanya berfokus pada satu fungsi mekanis tanpa dilengkapi sistem pengerem atau penghenti putaran turbin secara otomatis. Oleh karena itu, melalui Tugas Akhir ini, penulis mengintegrasikan Turbin Savonius dengan sistem pembangkit listrik untuk pemompaan air laut yang dilengkapi sensor sebagai kendali otomatis berbasis mikrokontroler. Dengan adanya sistem kendali ini, pengoperasian pompa dapat diatur secara lebih efektif sesuai kebutuhan tambak, sekaligus memanfaatkan sumber daya alam angin secara lebih efisien.

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

No.	Penelitian Terkait	Judul Penelitian	Sistem Pemompaan air	Turbin Savonius	Sistem Pemompaan air otomatis berbasis mikrokontroler
1.	Jamal [1], 2019	Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Savonius.	TIDAK	YA	TIDAK
2.	Zilman Syarif, dkk [2], 2017	Aplikasi Kincir Angin Turbin Savonius Untuk Pengairan Tambak Garam	YA	YA	TIDAK
3.	Saifuddin, dkk [3], 2021	PKM Pemanfaatan Kincir Angin Untuk Peningkatan Pendapatan Dan Penguatan Kapasitas	YA	YA	TIDAK

No.	Penelitian Terkait	Judul Penelitian	Sistem Pemompaan air	Turbin Savonius	Sistem Pemompaan air otomatis berbasis mikrokontroler
		Kelembagaan Kelompok Petani Garam Tradisionil Di Kecamatan Lapang Kabupaten Aceh Utara			
4.	Firman Rhamadhan, dkk [4], 2025	Rancang Bangun Sistem Pompa dan Pipa pada Turbin Angin Savonius Dua Tingkat Sebagai Sistem Pengaliran Air	YA	YA	TIDAK

2.2 Landasan Teori

Landasan teori pada Bagian ini berisi tentang teori-teori dasar yang dijadikan sebagai landasan dan referensi untuk mendukung proses penyusunan tugas akhir.

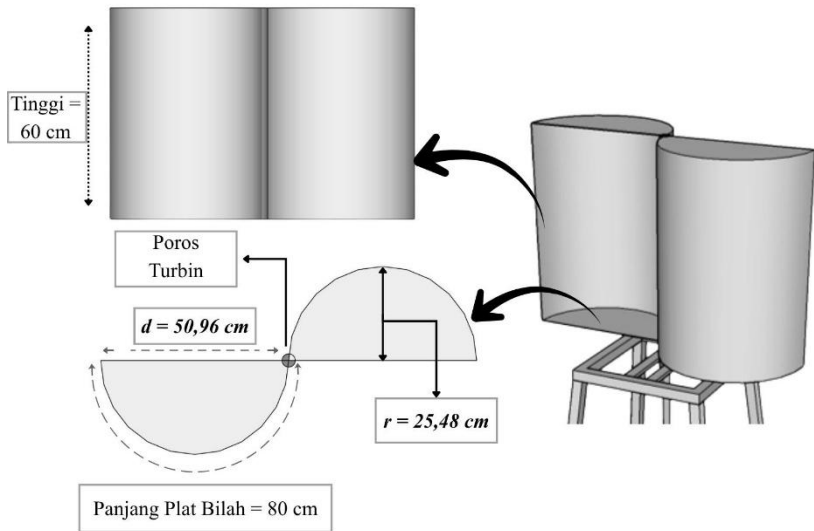
2.2.1 Energi Terbarukan

Energi terbarukan semakin menjadi fokus utama dalam transisi energi global, termasuk Indonesia. Salah satu sumber energi terbarukan yang terus berkembang adalah energi angin [5]. Angin adalah udara yang bergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan lebih rendah. Pergerakan angin inilah yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu energi terbarukan yang dikonversi menjadi energi lainnya. Cara mengkonversi energi angin tersebut dengan menjadikannya energi mekanik yang dapat dilakukan menggunakan turbin angin savonius [1].

Diperlukannya teknologi tepat guna untuk pengadaan air bersih, dengan memanfaatkan energi terbarukan yaitu energi yang dapat diperbaharui dan apabila dikelola dengan baik, sumber daya itu tidak akan habis salah satunya yaitu tenaga angin itu sendiri yang dapat dimanfaatkan untuk menggerakkan kincir angin selanjutnya memompa air asin untuk digunakan mengairi lahan tambak garam [2].

2.2.2 Turbin Angin Savonius

Turbin angin savonius merupakan salah satu jenis turbin dengan sumbu vertikal dengan struktur yang sederhana. Turbin angin bekerja dengan mengubah energi kinetik menjadi energi listrik atau untuk menjalankan mesin seperti pompa turbin angin [6]. Gerakan rotasi tersebut yang di timbulkan turbin angin akan diteruskan ke poros elemen mesin yang lain, seperti generator, roda gigi (*gear box*) atau transmisi puli dan sabuk (*belt*), untuk meningkatkan putaran yang akan ditransfer ke poros engkol dan generator guna menyalakan Listrik dan pompa. Energi listrik yang dihasilkan akan di transmisikan menuju penyimpanan energi listrik atau aki (akumulator), sedangkan untuk pompa digunakan agar menaikkan air dari permukaan rendah ke permukaan yang lebih tinggi.



Gambar 2. 1 Bilah Turbin Savonius

2.2.3 Pompa Air

Pompa air adalah alat yang memindahkan air dari tempat bertekanan rendah ke tempat dengan tekanan yang lebih tinggi [7]. Pompa air beroperasi secara mekanis dengan memanfaatkan gerak putar Turbin Savonius yang digerakkan oleh energi angin untuk memompa dan menyalurkan air laut menuju tambak. Berikut gambar pompa yang digerakkan secara mekanik menggunakan putaran kincir angin:



Gambar 2. 2 Kincir Angin sebagai Pemompaan pada daerah tambak

Pada Gambar 2. 2 , menunjukkan pemompaan air dari kincir angin tradisional yang masih digunakan sampai saat ini oleh petani garam setempat di Kabupaten Sampang. Berdasarkan gambar tersebut, penulis merancang sistem pemompaan

elektrik menggunakan Turbin Savonius sebagai penghasil energi listrik. Sistem ini dilengkapi dengan otomatisasi penghentian pompa berbasis mikrokontroler. Energi terbarukan yang dihasilkan dapat dimanfaatkan, baik saat pompa hidup maupun pompa mati, sebagai penerangan atau kegiatan yang membutuhkan listrik.

2.2.4 Mikrokontroler Arduino Uno

Mikrokontroler Arduino Uno adalah sebuah komputer kecil (*special purpose computers*) di dalam satu IC (*Integrated Circuit*) yang berisi CPU, memori, *timer*, saluran komunikasi serial dan paralel, port input/output, ADC. Mikrokontroler digunakan untuk suatu tugas dan menjalankan suatu program [7]. Pada Tugas Akhir ini, Mikrokontroler Arduino Uno digunakan sebagai pemrograman sensor untuk pemompaan agar pemompaan bisa digunakan secara otomatis.



Gambar 2. 3 Mikrokontroler Arduino Uno

Sumber : <https://www.arduinoindonesia.id/2018/08/arduino-uno-r3.html>

2.2.5 *Water Level Floating Sensor*

Water Level Floating Sensor merupakan saklar mekanis yang bekerja dengan memanfaatkan pelampung berbentuk bola atau silinder yang bergerak naik dan turun sesuai ketinggian permukaan air untuk mendeteksi ketinggian air secara akurat pada tambak. Sensor ini bekerja dengan membuka dan menutup rangkaian listrik berdasarkan ketinggian air untuk mengendalikan kerja pompa. Pada Tugas Akhir ini sensor digunakan mengatur pompa secara otomatis, sehingga petani dapat mencegah kelebihan air dan mengoptimalkan pemanfaatan energi listrik yang dihasilkan oleh generator.



Gambar 2. 4 *Water Level Floating Sensor*

Sumber : <https://www.amazon.in/uxcell-Switch-Liquid-Sensor-Length/dp/B07DYX44ZT>

2.2.6 Generator DC

Generator adalah suatu mesin yang menggunakan magnet untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Prinsip Generator secara sederhana dapat dikatakan bahwa tegangan diinduksikan pada konduktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya [8]. Pada Tugas Akhir, Generator DC digunakan untuk mengonversi energi mekanik dari putaran Turbin Angin Savonius menjadi energi listrik guna menyuplai kebutuhan daya pada seluruh sistem.



Gambar 2. 5 Generator DC

Sumber : <https://indohose.co.id/product/takatori-tk-550pg/>

2.2.7 SCC (*Solar Charge Controller*)

Dalam sistem pembangkit listrik secara *off-grid*, energi listrik yang dihasilkan pembangkit listrik disimpan dalam komponen penyimpan energi seperti baterai atau aki. Dalam menyuplai energi listrik ke aki atau baterai, pembangkit listrik menggunakan sistem pengontrolan pengecasan baterai yang dikenal dengan nama *Baterai Unit Charge Controller* (BUCC). Jenis BUCC yang umum digunakan adalah *Solar Charge Controller* (SCC) dengan tipe Pulse Width Modulation yang berfungsi untuk mengatur

tegangan dan arus yang masuk ke baterai [9]. Pada Tugas Akhir ini, *Solar Charge Controller* (SCC) digunakan untuk mengontrol tegangan dan arus keluaran generator sebelum disalurkan ke aki, sehingga proses pengisian berlangsung dengan aman dan stabil.



Gambar 2. 6 SCC (*Solar Charge Controller*)

Sumber : <https://roelspace.wordpress.com/2021/04/11/user-manual-solar-charge-controller-hijau-support-lithium-dan-lifepo4/>

2.2.8 Relay

Relay merupakan peralatan listrik untuk menghubungkan atau memutuskan suatu rangkaian listrik dari yang satu ke yang lainnya, yang bekerja secara otomatis dan digunakan oleh magnet yang dapat di kontrol [10]. Pada Tugas Akhir ini, digunakan untuk menonaktifkan pompa secara otomatis saat kebutuhan air ditambah telah terpenuhi.



Gambar 2. 7 *Module Relay*

Sumber : <https://handsontec.com/dataspecs/relay/1Ch-relay.pdf>

2.2.9 Pompa Listrik 12V DC

Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dan 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 [11]. Pada Tugas Akhir ini, pompa digunakan untuk mengalirkan air laut ke dalam petakan tambak garam.

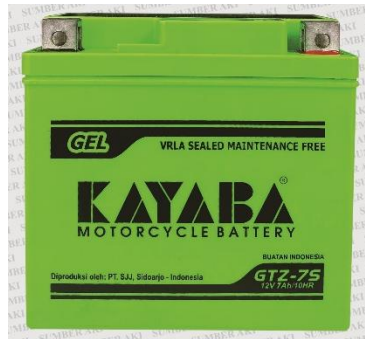


Gambar 2. 8 Pompa Celup Listrik DC

Sumber : <https://11nq.com/zp1k8lo>

2.2.10 Aki 12V DC

Akumulator atau Aki adalah sumber tegangan listrik DC yang bersifat portable dan bisa dipakai dimana saja tanpa harus berada di daerah atau tempat yang mendapatkan pasokan Energi Listrik [11]. Pada Tugas Akhir ini, Aki 12V DC digunakan untuk mensuplai tegangan mikrokontroler dan Pompa Listrik V DC.



Gambar 2. 9 Aki

Sumber : [https://id.scribd.com/document/688616024/
Safety-Hand-Book-Rev2022](https://id.scribd.com/document/688616024/Safety-Hand-Book-Rev2022)

2.2.11 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* [11].



Gambar 2. 10 *Pulley*

Sumber : <https://bahagiabearing.com/product/pulley/>

2.2.12 Sabuk (*belt*)

Sabuk berbahan fleksibel yang melingkar dan digunakan untuk menghubungkan secara mekanis dua poros yang berputar [11]. Pada Tugas Akhir ini, sabuk dilingkarkan pada dua *pulley* sehingga sabuk dapat mengendalikan *pulley* turbin dan motor agar bergerak satu arah sesuai arah mata angin.



Gambar 2. 11 *Belt*

Sumber : <https://www.blibli.com/p/v-belt-fanbelt-mitsuboshi-a62/ps--HAM-70182-00244>



BAB III **METODOLOGI PENELITIAN**



BAB III

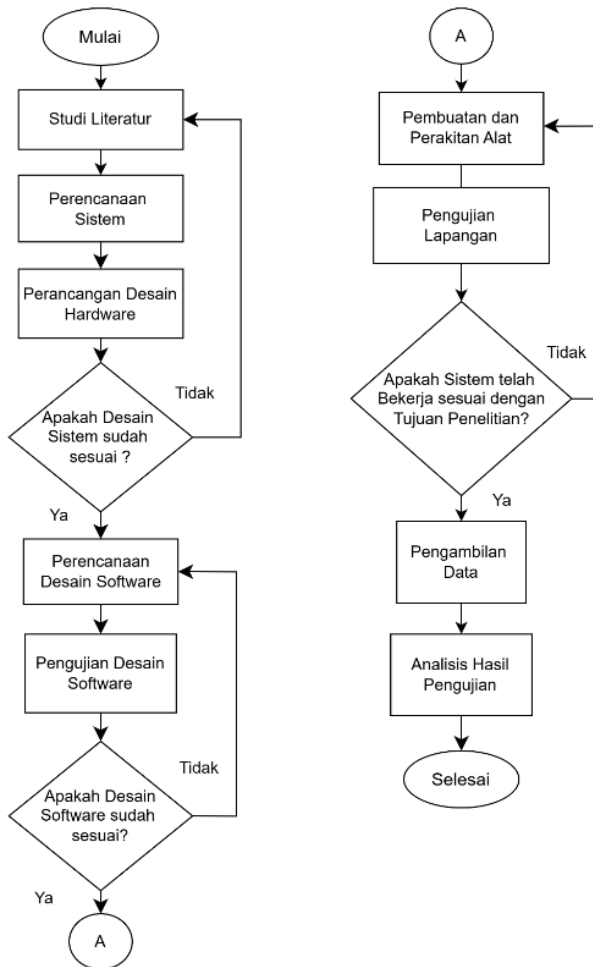
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian pada metodologi dibutuhkan agar tujuan yang diharapkan dari penelitian dapat tercapai. Tahapan penelitian ini dimulai dengan studi literatur yang berkaitan tentang penggunaan turbin savonius untuk menggantikan kincir tradisional yang statis terhadap angin di tambak garam. dari studi literatur tersebut akan di kembangkan suatu sistem baru yang meliputi turbin savonius dengan sistem pemompaan air laut secara mekanik berbasis mikrokontroler. Dilakukannya pembuatan desain dan program agar alat bisa dijalankan sesuai perencanaan. Sistem yang telah dibuat akan diuji efektifitas pemompaan dan kendali sensor untuk pengaliran air laut secara otomatis yang akan menghentikan pemompaan secara otomatis jika air sudah memenuhi sesuai kebutuhan pada tambak. Data hasil dari pengujian akan dianalisis untuk mengevaluasi kinerja sistem dan kesesuaiannya dengan tujuan penelitian, kemudian diakhiri dengan penarikan kesimpulan dan penyusunan laporan penelitian.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 3.1 berikut:

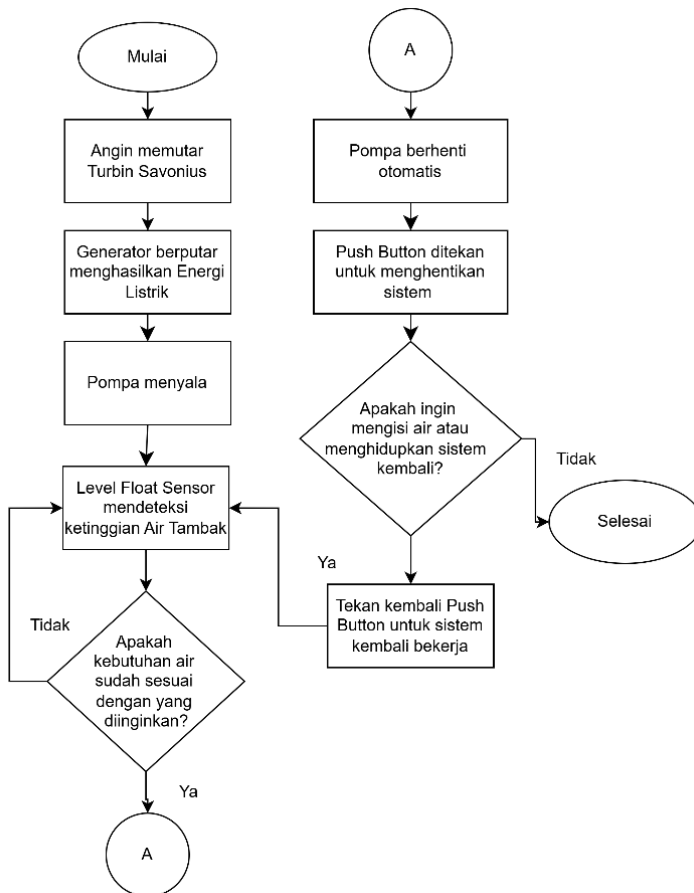


Gambar 3. 1 *Flowchart* Alir Penelitian

Diagram alir penelitian merupakan diagram alir (*flowchart*) penelitian yang menggambarkan seluruh tahapan pelaksanaan kegiatan tugas akhir secara menyeluruh. Pada tahap pertama yang dilakukan adalah studi literatur, pada tahap ini dilakukan untuk mencari referensi dari sebuah jurnal mengenai sistem yang memanfaatkan Turbin Savonius sebagai perencanaan dalam pembuatan tugas akhir. Tahap selanjutnya yaitu perancangan desain hardware dari Turbin Savonius dengan memasang pompa air sebagaimana digunakan pada tambak dan sebagainya, perancangan desain *hardware* berguna agar penyusunan komponen dan pemilihan material menjadi efisien dan aman. Tahap kedua yaitu melakukan perencanaan dan pengujian Desain Software, pada tahap ini dilakukannya pemrograman pada sensor dan sistem pengereman otomatis serta pengujian dari hasil pemrograman tersebut. Apabila pada desain *hardware* dan *software* sudah selesai dan bekerja dengan baik, maka akan dilakukannya pendataan hasil dan analisis hasil.

3.3 *Flowchart* Sistem Kerja Alat

Untuk mempermudah memahami cara kerja sistem pembangkit listrik Turbin Savonius pada pemompaan otomatis, berikut diagram *Flowchart* sistem kerja alat:



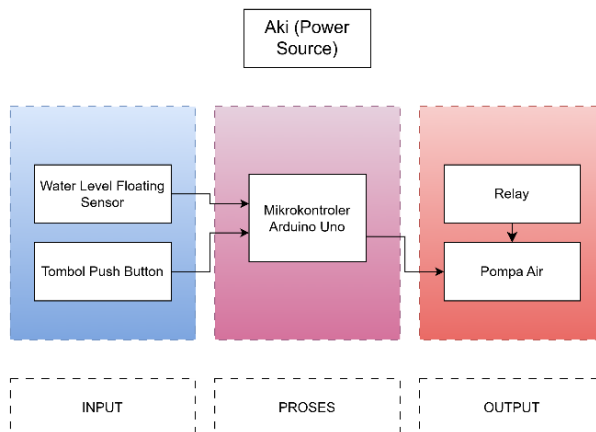
Gambar 3. 2 *Flowchart* Sistem Kerja

Gambar 3.2 menunjukkan *Flowchart* Sistem Kerja Alat, proses tersebut dimulai dari Ketika angin bertiup kencang memutar turbin savonius sehingga menghasilkan energi mekanik berupa putaran, yang kemudian terhubung dengan

putaran Generator untuk menghasilkan listrik. Sensor pelampung akan mulai mendeteksi ketinggian air laut apakah kebutuhan air laut sudah terpenuhi atau tidak. Pada saat sensor pelampung aktif maka pompa akan bekerja dari listrik yang di dapat dari generator. Jika pemompaan tidak diperlukan untuk memompa air, maka mikrokontroller akan dihentikan dengan menekan tombol push button.

3.4 Blok Diagram Sistem

Untuk memahami alur kerja alat secara menyeluruh, berikut disajikan blok diagram sistem yang mencakup bagian input, proses, dan output:

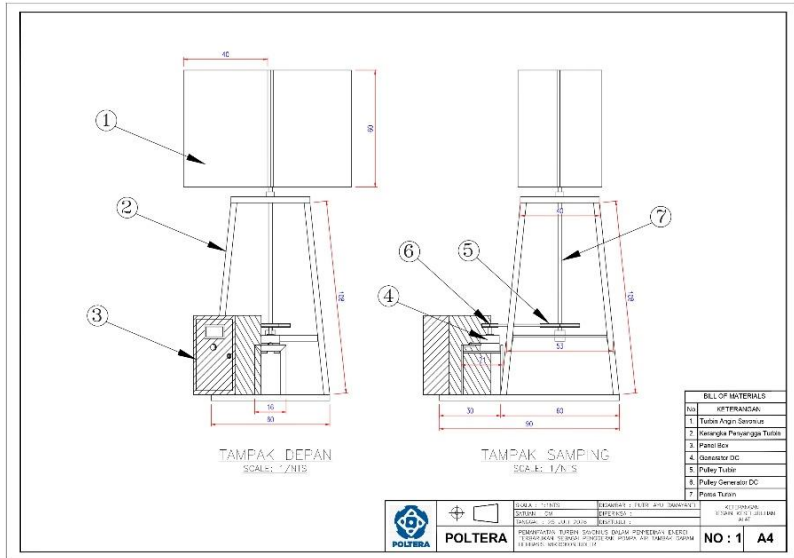


Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem

Gambar 3. 3 menunjukkan Blok Diagram Sistem kontrol otomatis pemompaan air tambak. Sistem terdiri atas bagian input, proses, dan output. Bagian input terdiri dari *Water Level Floating* Sensor yang berfungsi mendeteksi ketinggian permukaan air serta tombol push button sebagai kontrol manual untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sistem. Berdasarkan standar operasional tambak garam, waduk atau bozem penampungan umumnya memiliki ketinggian air sekitar 70 cm, saluran peminihan sekitar 35 cm, dan meja garam sekitar 12 cm pada tahap awal persiapan [12]. Perbedaan ketinggian air pada setiap petak menunjukkan bahwa proses pemompaan perlu dikendalikan sesuai kebutuhan agar distribusi air dapat berlangsung secara efektif. Data dari kedua input tersebut diproses oleh mikrokontroler Arduino Uno sebagai pusat pengandali. Arduino Uno kemudian memberikan sinyal kendali kepada relay untuk menghubungkan atau memutus suplai daya ke pompa air. Pompa air akan bekerja secara otomatis ketika permukaan air telah mencapai batas maksimum. Seluruh sistem memperoleh sumber daya dari aki sebagai catu daya utama.

3.5 Desain Sistem Turbin Savonius

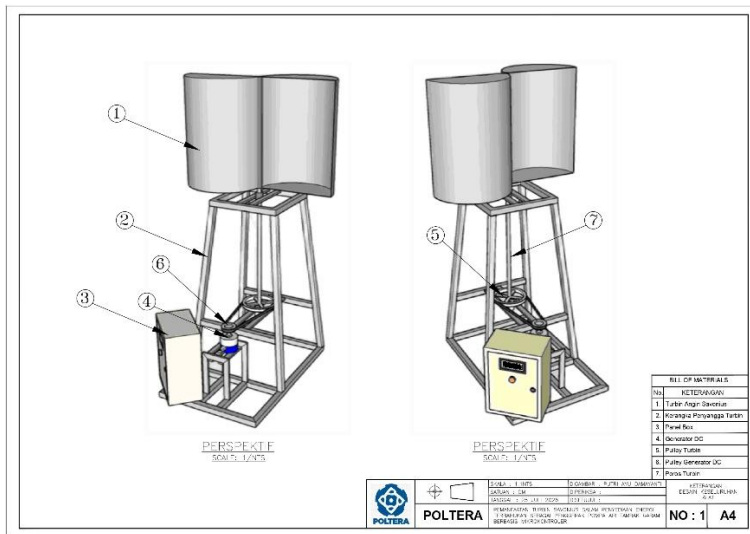
3.5.1 Desain 2D Turbin Savonius



Gambar 3. 4 Desain 2D Turbin Savonius

Gambar 3. 4 menyajikan menyajikan desain 2D rancangan alat yang terdiri dari beberapa komponen utama. Berdasarkan penomoran pada gambar, komponen-komponen tersebut meliputi: (1) turbin angin Savonius, (2) kerangka penyangga turbin, (3) panel *box*, (4) generator DC, (5) *pulley* turbin, (6) *pulley* generator DC, dan (7) poros turbin.

3.5.2 Desain 3D Turbin Savonius



Gambar 3. 5 Desain 3D Turbin Savonius

Berdasarkan Gambar Desain diatas diperlukan perhitungan perbandingan *pulley* untuk menentukan hubungan antara putaran Turbin Savonius dan generator. Perbandingan diameter *pulley* digunakan untuk menyesuaikan kecepatan putaran yang diteruskan dari turbin menuju generator, sehingga generator dapat berputar secara optimal dan menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk proses pengisian aki.

RASIO PERBANDINGAN DIAMETER *PULLEY*

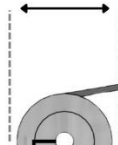
D turbin : D generator

24,8 : 7,6

3,26 : 1

PULLEY GENERATOR

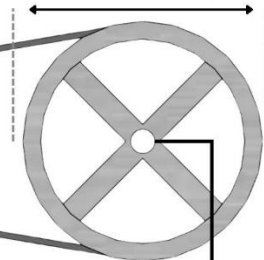
Diameter Luar = 7,6 cm



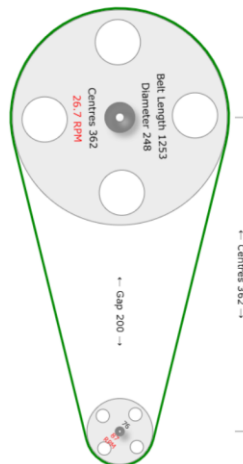
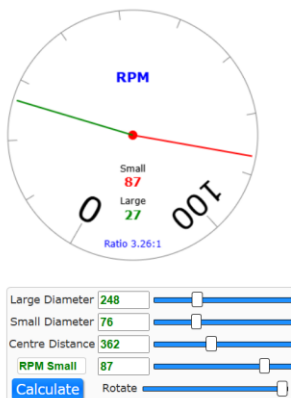
Diameter Poros
Generator = 16 mm

PULLEY TURBIN

Diameter Luar = 24,8 cm



Diameter Poros
Turbin = 20 mm



Belt Length **1253**

Ratio **3.26 : 1**

RPM Small **87**

RPM Large **26.7**

Belt Speed **20.8** m / min

Pulley Gap **200**

Belt Contact Length Large **449**

Belt Contact Length Small **101**

Belt Contact Angle Small **152.5°**

Belt Contact Angle Large **207.5°**

Gambar 3. 6 Perbandingan Rasio *Pulley*

Sumber : <https://www.blocklayer.com/pulley-belt>

Berdasarkan Gambar 3. 6 Sistem transmisi Turbin Savonius menggunakan dua *pulley* dengan diameter yang berbeda agar sistem putaran generator lebih cepat dan mencapai target yang ditentukan. Perbedaan *pulley* yang ada pada Gambar 3. 6 tersebut digunakan untuk mengatur perbandingan kecepatan putaran antara turbin dan generator. Semakin besar perbedaan antara diameter *pulley* penggerak dan *pulley* yang digerakkan, maka semakin besar pula perbandingan kecepatan putaran yang dihasilkan. Oleh karena itu, perhitungan rasio perbandingan dilakukan untuk mengetahui hubungan antara putaran turbin savonius dengan generator. Berikut perhitungan dari persamaan *pulley* Turbin dan Generator:

➤ Hubungan Kecepatan

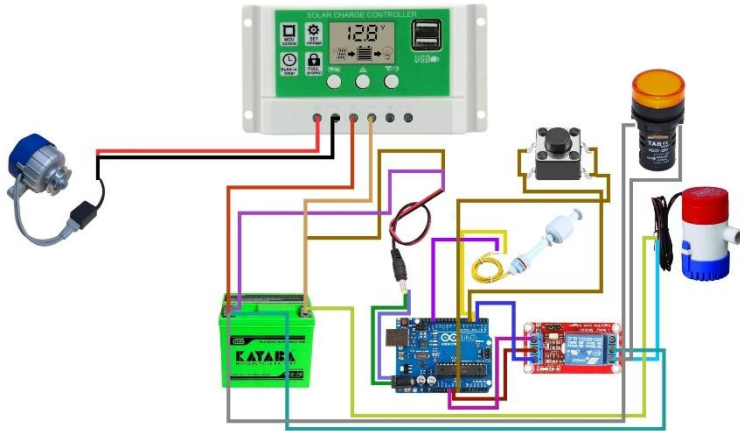
Untuk menghitung kecepatan keluaran berdasarkan diameter *pulley* Turbin dan RPM Generator, gunakan:

$$N_t = N_g \times \frac{D_g}{D_t} \quad [13]$$

Keterangan:

- N_t = RPM turbin
- N_g = RPM generator
- D_g = Diameter *pulley* generator
- D_t = diameter *pulley* turbin

3.5.3 Wiring Rangkaian



Gambar 3. 7 Wiring Rangkaian

Gambar 3. 6 menunjukkan rangkaian sistem pemompaan air secara otomatis. Turbin savonius memanfaatkan energi angin untuk memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik. Tegangan keluaran generator dihubungkan pada SCC untuk mengisi aki serta menyuplai sistem. Arduino uno menerima input dari sensor *float switch* untuk mengendalikan relay yang menghidupkan atau mematikan pompa secara otomatis sesuai dengan ketinggian air yang dibutuhkan. Terakhir, *Push Button* digunakan sebagai kontrol manual untuk mengaktifkan atau menonaktifkan sistem

pemompaan sesuai kebutuhan pengguna.

3.5.4 Spesifikasi Komponen

Tabel 3. 1 Spesifikasi Komponen

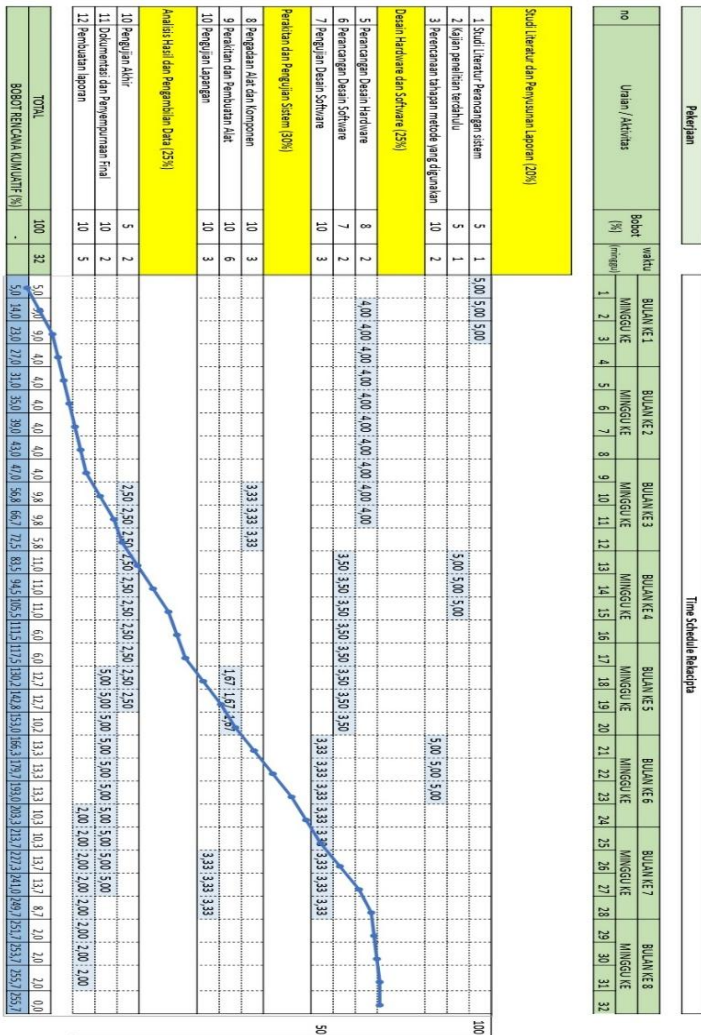
No.	Nama Komponen	Spesifikasi	
1.	Generator Magnet <i>Permanent</i>	Rpm :	Tegangan :
		500 Rpm =>	24V DC
		1000 Rpm =>	49V DC
		1500 Rpm =>	75V DC
		2000 Rpm =>	100V DC
2.	SCC (<i>Solar Charge Control</i>)	Input tegangan	12V DC/24V DC
		Input arus	10 A
3.	Aki	Tegangan	12V
		Kapasitas	7Ah/10Hr
4.	Pompa DC	Tegangan	12V DC
		Daya Listrik	80 Watt
5.	Mikrokontroler Arduino Uno	Tegangan Input	7 – 12V DC
		Arus DC	50mA
6.	Relay <i>Module</i>	Tegangan	5V/12V DC
		Arus Listrik	10 A

No.	Nama Komponen	Spesifikasi	
7.	<i>Water Level Float Sensor Switch</i>	<i>Contacts</i>	NO+NC
		<i>Daya Maksimal</i>	<i>10 Watt</i>
		<i>Tegangan Maksimal</i>	100 V DC

3.6

Proses dan Prosedur Pengerjaan

Tabel 3. 2 Proses dan Prosedur Pengerjaan





POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV menjelaskan hasil rancang bangun dan hasil pengujian **Pemanfaatan Turbin Savonius Dalam Penyediaan Energi Terbarukan Sebagai Penggerak Pompa Air Tambak Garam Berbasis Mikrokontroler.**

Perancangan dan Pengujian alat ini meliputi :

1. Hasil Perancangan dan Bentuk alat Turbin Angin Savonius
2. Hasil Perancangan Sistem Kelistrikan Turbin Angin
3. Hasil Perancangan Sistem Kontrol Pemompaan Air
4. Pengujian Daya Output Turbin
5. Pengujian Sistem Pemompaan Otomatis

Perancangan dan pengujian tugas akhir dilakukan pada setiap bagian untuk memastikan bahwa Turbin Savonius dapat bekerja sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Penjelasan masing-masing tahapan dapat dideskripsikan sebagai berikut.

4.1 Perancangan dan Bentuk Alat Turbin Savonius

Turbin Savonius yang dirancang dengan system pembangkit serta komponen pendukung sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk menggerakkan pompa air tambak. Hasil perancangan sistem ditunjukkan pada Gambar 4. 1 berikut:



Gambar 4. 1 Hasil Rancangan Alat

Hasil perancangan dari Desain 2D Turbin Savonius dapat diimplementasikan pada Gambar 4. 1 Turbin ini dibuat menggunakan plat galvanis setebal 0,4 mm dengan dimensi tinggi 60 cm dan lebar 80 cm. Seluruh struktur utama ditopang oleh rangka berukuran 108 cm x 90 cm, yang

sekaligus berfungsi sebagai tempat pemasangan komponen pendukung seperti turbin angin, panel listrik, aki, dan *solar charge controller*.

Berbeda dari pemompaan mekanik, sistem ini memanfaatkan turbin Savonius sebagai sumber energi terbarukan. Putaran turbin diteruskan melalui sistem transmisi *pulley* untuk menggerakkan generator penghasil listrik, yang selanjutnya disimpan di dalam aki untuk menyuplai daya ke pompa air. Pemompaan dikontrol secara otomatis menggunakan mikrokontroler dan sensor ketinggian air. Saat level air berada di bawah batas yang ditentukan, pompa akan menyala secara otomatis untuk mengisi tambak, dan akan mati begitu batas ketinggian air terpenuhi. Sistem ini dirancang untuk mendukung proses pemompaan air tambak dengan memanfaatkan energi angin sebagai sumber energi terbarukan.

4.2 Perancangan Sistem Kelistrikan Turbin Angin

Perancangan sistem kelistrikan menghasilkan rangkaian yang terdiri dari Generator sebagai alat yang mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Tegangan keluaran generator akan disalurkan pada SCC

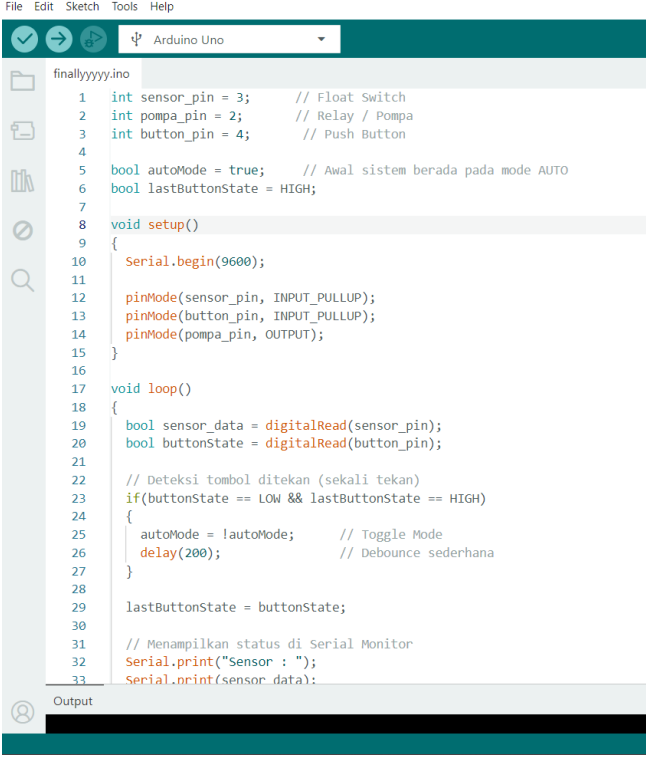
(*Solar Charge Controller*). SCC sebagai pelindung juga sebagai otomatisasi pada pengisian baterai/aki sehingga dapat mengoptimalkan sistem dan menjaga agar masa pakai baterai dapat dimaksimalkan. Arduino uno menerima masukan dari sensor *float switch* dan mengendalikan relay untuk mengoperasikan pompa air secara otomatis sesuai dengan ketinggian air pada tambak. Hasil perancangan system kelistrikan ditunjukkan pada Gambar 4.2 berikut



Gambar 4. 2 Sistem Kelistrikan Pada Panel

4.3 Perancangan Sistem Kontrol Pemompaan Air

Sistem kontrol otomatisasi dirancang agar proses pemompaan air tambak dapat dikendalikan dan bekerja sesuai dengan program pada mikrokontroler Arduino Uno R3 yang dihubungkan pada *relay* sebagai saklar elektronik. Sistem ini bekerja secara otomatis berdasarkan kondisi permukaan air laut. Selain itu, tersedia fitur kontrol manual menggunakan *push button* sebagai sakelar utama sistem. Fitur ini berfungsi untuk mengaktifkan seluruh sistem pemompaan otomatis saat tambak membutuhkan pengisian air, sehingga pompa dapat bekerja dan berhenti sendiri berdasarkan sensor. Sebaliknya, saat proses pemompaan sedang tidak diperlukan dalam waktu lama, pengguna dapat mematikan sistem secara total melalui tombol tersebut.



```
File Edit Sketch Tools Help
Arduino Uno
finallyyyyy.ino
1 int sensor_pin = 3; // Float Switch
2 int pompa_pin = 2; // Relay / Pompa
3 int button_pin = 4; // Push Button
4
5 bool autoMode = true; // Awal sistem berada pada mode AUTO
6 bool lastButtonState = HIGH;
7
8 void setup()
9 {
10   Serial.begin(9600);
11
12   pinMode(sensor_pin, INPUT_PULLUP);
13   pinMode(button_pin, INPUT_PULLUP);
14   pinMode(pompa_pin, OUTPUT);
15 }
16
17 void loop()
18 {
19   bool sensor_data = digitalRead(sensor_pin);
20   bool buttonState = digitalRead(button_pin);
21
22   // Deteksi tombol ditekan (sekali tekan)
23   if(buttonState == LOW && lastButtonState == HIGH)
24   {
25     autoMode = !autoMode; // Toggle Mode
26     delay(200); // Debounce sederhana
27   }
28
29   lastButtonState = buttonState;
30
31   // Menampilkan status di Serial Monitor
32   Serial.print("Sensor : ");
33   Serial.println(sensor_data);
34
35   Output
```

Gambar 4. 3 Program Arduino Uno R3

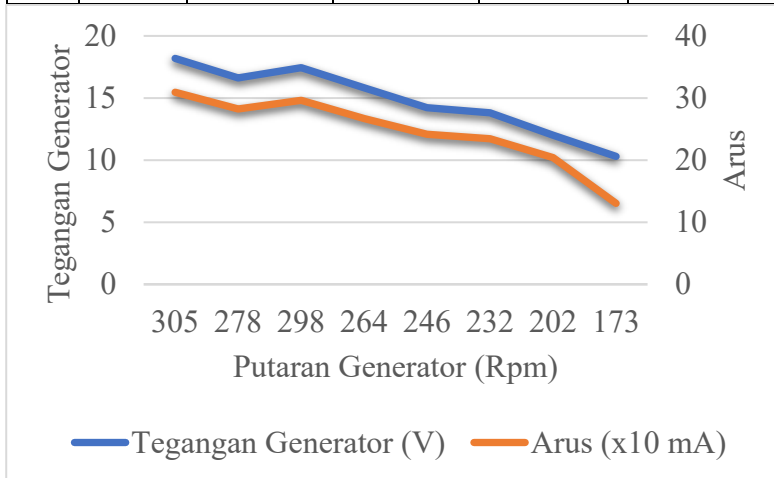
4.4 Pengujian Daya Output Turbin

Pengujian daya output turbin dilakukan selama 4 hari dimana pada tanggal 8 dan 10 Juli 2026. Pengujian dilakukan secara bertahap untuk memperoleh data Tegangan, Arus, dan Rpm (Rotasi per menit). Pada pengujian tanggal 18 dan 19 Juli 2026 dilakukan penambahan pengukuran yakni tegangan pengisian aki.

4.4.1 Pengujian Output Turbin tanpa Aki

Tabel 4. 1 Tabel Pengujian Pada Saat 08 Juli 2026

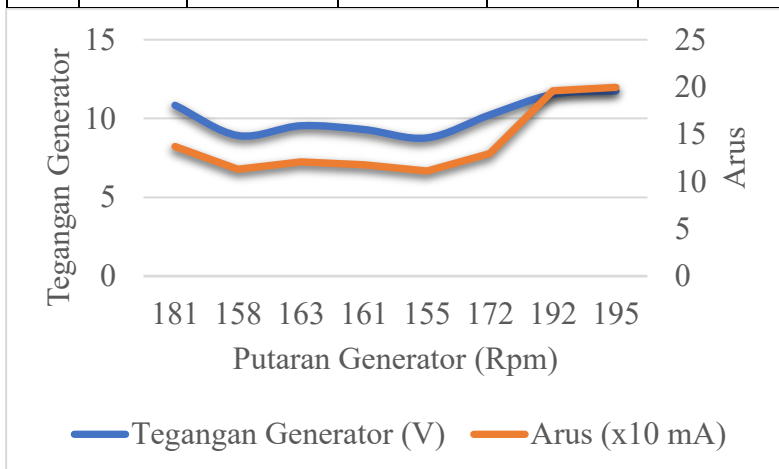
No.	Waktu (WIB)	Tegangan Generator (V)	Arus (x10 mA)	Daya Output (P)	Putaran Generator (Rpm)
1.	10.00	18,19	30,93	562,6167	305
2.	11.00	16,62	28,25	469,515	278
3.	12.00	17,43	29,63	516,4509	298
4.	13.00	15,82	26,67	421,9194	264
5.	14.00	14,21	24,16	343,3136	246
6.	15.00	13,80	23,46	323,748	232
7.	16.00	12,01	20,41	245,1241	202
8.	17.00	10,30	13,04	134,312	173



Gambar 4. 4 Grafik Pengujian

Tabel 4. 2 Tabel Pengujian Pada Saat 10 Juli 2026

No.	Waktu (WIB)	Tegangan Generator (V)	Daya Output (P)	Arus (x10 mA)	Putaran Generator (Rpm)
1.	10.00	10,84	148,7248	13,72	181
2.	11.00	8,92	100,796	11,30	158
3.	12.00	9,54	115,2432	12,08	163
4.	13.00	9,30	109,554	11,78	161
5.	14.00	8,77	097,4347	11,11	155
6.	15.00	10,23	132,4785	12,95	172
7.	16.00	11,53	225,8727	19,59	192
8.	17.00	11,75	234,53	19,96	195

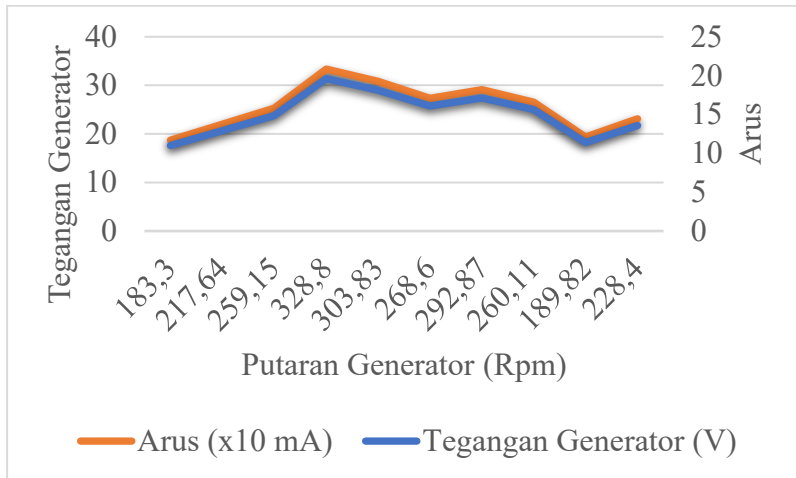


Gambar 4. 5 Grafik Pengujian

4.4.2 Pengujian Output Turbin dengan Aki

Tabel 4. 3 Tabel Pengujian Pada Saat 18 Juli 2026

No.	Waktu (WIB)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan Generator (V)	Arus (x10 mA)	Putaran Generator (Rpm)	Tegangan Pengisian Aki (V)
1.	08.00	4,5	11,01	18,71	183,3	12,04
2.	09.00	4,8	12,94	21,99	217,64	12,04
3.	10.00	5,4	14,87	25,28	259,15	12,04
4.	11.00	6,0	19,61	33,34	328,8	12,05
5.	12.00	5,8	18,12	30,81	303,83	12,05
6.	13.00	5,5	16,08	27,33	268,6	12,06
7.	14.00	5,7	17,13	29,12	292,87	12,06
8.	15.00	5,5	15,63	26,57	260,11	12,07
9.	16.00	4,7	11,40	19,37	189,82	12,07
10.	17.00	5,2	13,58	23,08	228,4	12,07

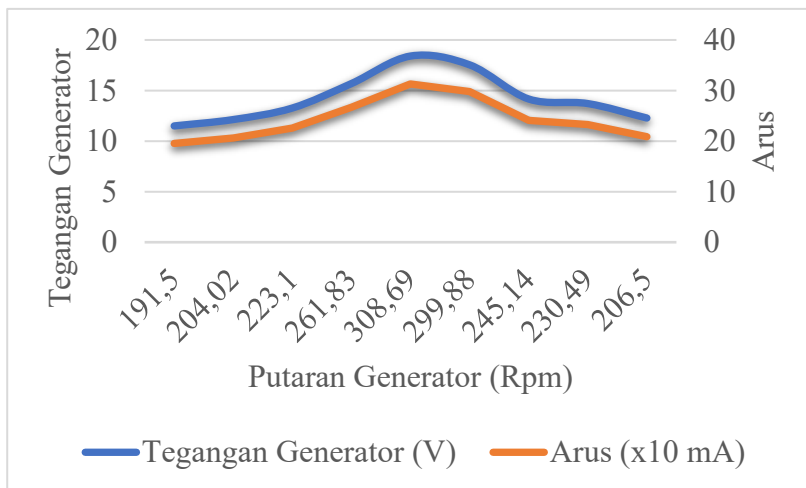


Gambar 4. 6 Grafik Pengujian

Tabel 4. 4 Tabel Pengujian Pada Saat 19 Juli 2026

No.	Waktu (WIB)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan Generator (V)	Arus (x10 mA)	Putaran Generator (Rpm)	Tegangan Pengisian Aki (V)
1.	09.00	4,7	11,50	19,54	191,5	12,08
2.	10.00	4,8	12,13	20,61	204,02	12,08
3.	11.00	5,2	13,27	22,55	223,1	12,08
4.	12.00	5,8	15,69	26,67	261,83	12,09
5.	13.00	5,9	18,41	31,30	308,69	12,09
6.	14.00	5,7	17,54	29,82	299,88	13,00
7.	15.00	5,4	14,16	24,07	245,14	13,00

No.	Waktu (WIB)	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan Generator (V)	Arus (x10 mA)	Putaran Generator (Rpm)	Tegangan Pengisian Aki (V)
8.	16.00	5,2	13,71	23,30	230,49	13,00
9.	17.00	4,8	12,28	20,87	206,5	13,01



Gambar 4. 7 Grafik Pengujian

4.5 Pengujian Perbandingan Output Turbin

1. Pengujian dan perhitungan rasio pada kondisi belt kencang dilakukan dengan jarak antar poros (*center distance*) sebesar 37,8 cm. Hasil pengujian disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 4. 5 Pengujian Perputaran *Pulley*

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan <i>Pulley</i> (Rpm)	
		Turbin	Generator
1.	9,3	56,96	195,53
2.	8,2	33,94	138,84
3.	7,4	32,15	80,34
4.	6,0	18,75	64,19
5.	4,3	14,56	39,56

Dari pengujian Tabel 4. 5 diatas dapat dilakukan perhitungan perbandingan dari Selisih Rasio (3,26:1) dan dapat dihasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Hasil dari perhitungan rasio (3,26:1)

No.	Kecepatan <i>Pulley</i> (Rpm)		Selisih Generator dengan Rasio (3,26:1)
	Generator	Generator Rasio (3,26:1)	
1.	195,53	182,7	+12,83 %
2.	138,84	107,7	+31,14 %
3.	80,34	104,4	-24,06 %
4.	64,19	58,7	+5,49 %
5.	39,56	45,7	-6,14 %

2. Pengujian dan perhitungan rasio pada kondisi belt longgar dilakukan dengan jarak antar poros (*center distance*) sebesar 36,2 cm. Hasil pengujian disajikan

pada Tabel berikut.

Tabel 4. 7 Pengujian Perputaran *Pulley*

No.	Kecepatan Angin (m/s)	Kecepatan <i>Pulley</i> (Rpm)	
		Turbin	Generator
1.	9,3	62,50	227,53
2.	8,2	50,65	192,83
3.	7,4	40,73	157,43
4.	6,0	37,12	130,41
5.	4,3	33,37	87,54

Dari pengujian Tabel 4. 7 diatas dapat dilakukan perhitungan perbandingan dari Selisih Rasio (3,26:1) dan dapat dihasilkan sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Hasil dari perhitungan rasio (3,26:1)

No.	Kecepatan <i>Pulley</i> (Rpm)		Selisih Generator dengan Rasio (3,26:1)
	Generator	Generator Rasio (3,26:1)	
1.	227,53	202,3	+25,23 %
2.	192,83	163,2	+29,63 %
3.	157,43	130,5	+26,93 %
4.	130,41	120,7	+9,71 %
5.	87,54	107,7	-20,16 %

Berdasarkan hasil ke-2 pengujian perbandingan diatas, menunjukkan bahwa *belt* longgar

menghasilkan putaran generator lebih tinggi dibandingkan *belt* kencang pada sebagian besar kecepatan angin, dengan putaran generator tertinggi sebesar 227,53 Rpm pada kecepatan angin 9,3 m/s. Kondisi *belt* longgar menyebabkan slip transmisi pada *pulley* generator dan turbin, sehingga putaran dari turbin tidak seluruhnya diteruskan ke generator. Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa dibutuhkan kecepatan angin yang cukup tinggi untuk memutar turbin generator pada kondisi *belt* yang kencang.

4.6 Pengujian sistem pemompaan otomatis

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur efisiensi sistem kontrol pemompaan otomatis berbasis sensor *water level float switch*, serta memastikan seluruh komponen mikrokongtroler berfungsi dengan baik. Berikut tabel hasil pengujian

Tabel 4. 9 Pengujian Pompa ke-1

Kondisi	Push button	Relay	Pompa	Keterangan
---------	-------------	-------	-------	------------

sensor	Sistem			
Air rendah	START	ON	ON	Sesuai

Tabel 4. 10 Pengujian pompa ke-2

Kondisi sensor	Push button Sistem	Relay	Pompa	Keterangan
Air penuh	START	OFF	OFF	Sesuai

Tabel 4. 11 Pengujian Pompa ke-3

Kondisi sensor	Push button Sistem	Relay	Pompa	Keterangan
Air rendah	STOP	OFF	OFF	Sesuai

Tabel 4. 12 Pengujian Pompa ke-4

Kondisi sensor	Push button Sistem	Relay	Pompa	Keterangan
Air Penuh	STOP	OFF	OFF	Sesuai

Berdasarkan hasil pengujian, seluruh komponen sistem kontrol, yaitu Sensor *Water Level Float Switch*, *Push Button*, Relay, dan mikrokontroler, telah bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. sistem mampu mengaktifkan pompa saat kondisi air rendah pada mode START dan mematikannya ketika air telah mencapai kondisi penuh, sedangkan mode STOP mampu mempertahankan pompa dalam keadaan OFF.



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.2 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perrancangan dan pengujian “Pemanfaatan Turbin Savonius dalam Penyediaan Energi Terbarukan Sebagai Penggerak Pompa Air Tambak Garam Berbasis Mikrokontroler, dapat disimpulkan bahwa:

1. Turbin savonius berhasil dirancang dan di realisasikan sebagai sumber energi terbarukan untuk mendukung sistem pemompaan air tambak garam. Putaran bilah Turbin Savonius diteruskan melalui sistem pulley menuju generator untuk menghasilkan energi listrik yang digunakan dalam proses pengisian aki.
2. Sistem transmisi *pulley* mampu meningkatkan putaran yang diteruskan menuju generator. Berdasarkan hasil pengujian, putaran generator mencapai nilai tertinggi sebesar 328,8 RPM pada kecepatan angin 6,0 m/s, dengan tegangan generator sebesar 19,61 Volt dan arus sebesar 0,3334.
3. Sistem pembangkit mampu menghasilkan energi listrik untuk mendukung proses pengisian aki. Berdasarkan hasil pengujian, tegangan pengisian aki berada pada rentang 12,04 – 13,01 V, sehingga energi listrik yang dihasilkan

generator dapat disalurkan melalui SCC untuk mendukung proses pengisian aki.

4. Sistem pemompaan otomatis berhasil bekerja sesuai rancangan. Pompa menyala ketika ketinggian air rendah pada mode START dan berhenti ketika air telah penuh , sedangkan pada saat mode STOP dapat mempertahankan pompa dalam kondisi mati.
5. Meskipun energi angin merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, pemanfaatannya masih dipengaruhi oleh kondisi angin yang tidak selalu konstan. Perubahan kecepatan angin dapat menyebabkan daya listrik yang dihasilkan turbin berubah-ubah, sehingga diperlukan penyimpanan energi menggunakan aki agar energi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan saat kecepatan angin menurun.

5.2 Saran

Pada Tugas Akhir ini masih memilki banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan pengembangan penelitian ini kedepannya adalah sebagai berikut:

1. Melakukan pengujian kapasitas dan durasi pengisian aki yang lebih panjang untuk mengetahui kemampuan penyimpanan energi sistem.
2. Mengembangkan sistem pemantauan IoT untuk memantau

parameter kerja turbin dan sistem pemompaan secara langsung.

3. Melakukan pengembangan pada desain panel dan penataan wiring agar lebih rapi dan aman serta memudahkan proses pemeriksaan dan pemeliharaan sistem pembangkit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Jamal, "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Savonius," *INTEK Jurnal Penelitian.*, vol. 6, no. 1, pp. 64-68, 2019.
- [2] Z. Syarif and D. Pabiban, "APLIKASI KINCIR ANGIN SAVONIUS UNTUK," *Jurnal Ilmiah FLASH*, vol. 3, no. 2, pp. 109-114, 2017.
- [3] S. M. A. A and J. Syarif, "PKM PEMANFAATAN KINCIR ANGIN UNTUK PENINGKATAN PENDAPATAN DAN PENGUATAN KAPASITAS KELEMBAGAAN KELOMPOK PETANI GARAM TRADISIONIL DI KECAMATAN LAPANG KABUPATEN ACEH UTARA," *Jurnal Vokasi*, vol. 5, no. 1, pp. 11-19, 2021.
- [4] F. Rhamadhan, M. F. Soetanto and M. R. Zuhri, "Rancang Bangun Sistem Pompa dan Pipa pada Turbin Angin Savonius Dua Tingkat Sebagai Sistem Pengaliran Air," *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar (IRWNS)*, vol. 16, no. 1, pp. 223-230, 2025.
- [5] alumniteti.ft, "Energi Angin: Solusi Berkelanjutan untuk Masa Depan," DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO DAN TEKNOLOGI INFORMASI UNIVERSITAS GADJAH MADA, 25 March 2025. [Online]. Available: <https://jteti.ugm.ac.id/2025/03/25/energi-angin-solusi-berkelanjutan-untuk-masa-depan/>. [Accessed 10 02 2026].
- [6] A. Azizah , Y. and S. , "Analisis Pemahaman Mahasiswa Pendidikan Fisika terhadap Mekanisme Pembangkit Listrik Tenaga Angin," *Jurnal Mekanova : Mekanikal, Inovasi dan Teknologi* , vol. 9, no. 1, pp. 108-117, 2023.
- [7] G. P. Haryanto, "Control Motor Pompa Air Daur Ulang STP BerbasisArduino dengan Sensor Kelembaban Tanah," *Jurnal Media Infotama*, vol. 20, no. 2, pp. 706-712, 2024.

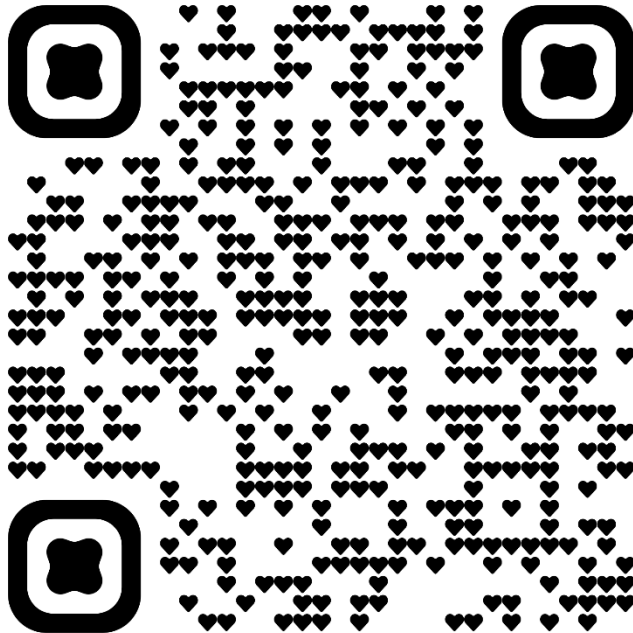
- [8] i. Munthe and J. Napitupulu, "STUDI GENERATOR PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN," *JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA*, vol. 11, no. 1, pp. 57-68, 2022.
- [9] K. Jumaida, W. Yandi, D. Irwansyah and M. Y. Puriza, "STUDI KINERJA DAN EFISIENSI SISTEM PENGECASAN BATERAI PADA PEMBANGKIT HYBRID SURYA DAN ANGIN DI UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG," *Jurnal Univerrrsitas Bangka Belitung*, vol. 5, pp. 199-203, 2021.
- [10 R. Ruman, S. Amir, C. Ali and S. D. Makase, "RANCANG
] BANGUN POMPA AIR OTOMATIS MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS ARDUINO UNO DI RUSUN PALDAM XVI/PTM AMBON," *Jurnal Ilmu Komputer STIKOM Ambon*, vol. 8, no. 2, pp. 28-32, 2023.
- [11 M. FATH HAQ and M. , "RANCANG BANGUN TURBIN
] SAVONIUS PENGGERAK POMPA SUBMERSIBLE SEBAGAI ALAT PENYIRAM TANAMAN BERBASIS ARDUINO," *POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG, MAKASSAR*, 2023.
- [12 A. S. Hasudungan, S. and R. J. Kadoatie, "KAJIAN
] KELAYAKAN EKONOMI JARINGAN TAMBAK GARAM," *JURNAL KARYA TEKNIK SIPIL*, vol. 3, no. 4, pp. 1-9, 2014.
- [13 R. Dickson, "Pulley Ratio Calculator — Speed and Torque
] Between Pulleys," *FIRGELI AUTOMATIONS*, 23 Februari 2026. [Online]. Available: <https://www.firgelliauto.com/blogs/engineering-calculators/pulley-ratio-calculator-speed-and-torque-between-pulleys>. [Accessed 07 Juli 2026].
- [14 M. C. Anwar, "Dijuluki Pulau Garam, Ini Hasil Produksi
] Garam di Madura," *Kompas.com*, 22 Maret 2021. [Online]. Available: <https://money.kompas.com/read/2021/03/22/145029326/dijuluki-pulau-garam-ini-hasil-produksi-garam-di-madura>.

[Accessed 02 12 2025].

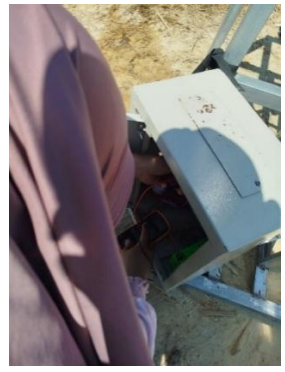
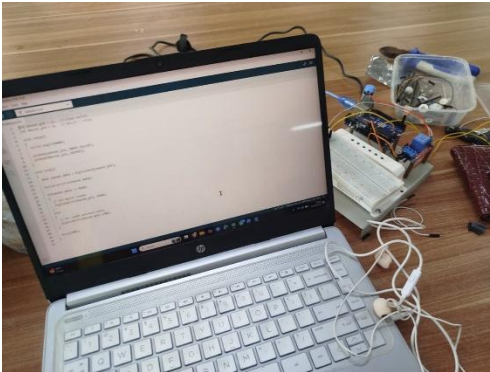
- [15 M. Yusuf and P. Nugroho, "ANALISIS TINGKAT
] PENDAPATAN PETANI GARAM," *PERFORMANCE :
Jurnal Bisnis & Akuntansi*, vol. 14, no. 01, pp. 357-366, 2024
.

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 QR Code Program Arduino Uno



Lampiran 1. 2 Dokumentasi Tugas Akhir





BIODATA PENULIS



PUTRI AYU DAMAYANTI

Dilahirkan di Pamekasan, 02 Maret 2005. Penulis merupakan anak pertama dari ayah Mistuki dan ibu Nurul Hafida. Riwayat pendidikan penulis adalah lulusan SDN Bulay 1 pada tahun 2017, SMPN 1 Galis Pamekasan pada tahun 2020, dan lulusan SMAN 1 Galis Pamekasan pada tahun 2023. Penulis memutuskan untuk melanjutkan pendidikan tinggi di Politeknik Negeri Madura tepatnya di jurusan Teknologi Eelektro prodi Teknik Listrik Industri pada tahun 2023. Selama menempuh pendidikan penulis mengikuti beberapa kegiatan yaitu di POLTERA Robotic Team dan UKM *Science Community*. Penulis pernah menjabat sebagai anggota BPH (Badan Pengurus Harian) dan *Social Media* pada priode 2023/2024. Dalam menempuh pendidikan ini penulis menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“PEMANFAATAN TURBIN SAVONIUS DALAM PENYEDIAAN ENERGI TERBARUKAN SEBAGAI PENGGERAK POMPA AIR TAMBAK GARAM BERBASIS MIKROKONTROLER**