

***PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO
MENGUNAKAN TURBIN ARCHIMEDES SCREW BILAH
LIMA BERBASIS IOT***

PROYEK AKHIR

Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung



Disusun Oleh :

Diah Ambarwati Pratomo NIM : 1052010

Raya Fahreza NIM : 1052024

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO
MENGUNAKAN TURBIN ARCHIMEDES SCREW BILAH LIMA
BERBASIS IOT**

Oleh:

Diah Ambarwati Pratomo NPM : 1052010

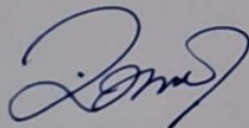
Raya Fahreza NPM : 1052024

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan
Sarjana Terapan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Menyetujui,

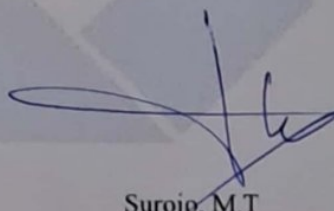
Pembimbing 1

Pembimbing 2



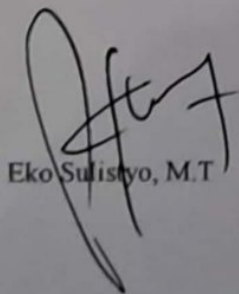
Zanu Saputra, M.Tr.T

Penguji 1



Surojo, M.T

Penguji 2



Eko Sulistyono, M.T



Yudhu, M.T

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa 1: Diah Ambarwati Pratomo NPM : 1052010

Nama Mahasiswa 2: Raya Fahreza NPM : 1052024

Dengan judul : *PROTOTYPE* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO
MENGUNAKAN TURBIN *ARCHIMEDES SCREW* BILAH
LIMA BERBASIS *IOT*

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja kami sendiri dan bukan merupakan plagiat. Pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini, kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat, 6 Februari 2024

Nama Mahasiswa

Tanda Tangan

1. Diah Ambarwati Pratomo



2. Raya Fahreza



ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga pikohidro merupakan pembangkit yang dapat menghasilkan listrik kurang dari 5 kW. Pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan turbin archimedes screw adalah salah satu alternatif yang dikembangkan sebagai sumber energi listrik terbarukan dan memiliki potensi menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan dengan memanfaatkan energi potensial air yang ada disekitar kita yang berkelanjutan, maka perlu dikembangkan pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan ukuran yang lebih kecil sehingga dapat dipindah-pindahkan dengan mudah. Metodologi pembuatan PLTPH menggunakan generator AC 500 Watt dengan turbin ulir Archimedes Screw bilah lima dan dikontrol menggunakan sensor LM393, sensor INA21, sensor PZEM-004T dan sensor Waterflow dengan sistem monitoring menggunakan aplikasi Blynk. Hasil pengujian rpm generator menunjukkan nilai tegangan saat generator pada kondisi optimal yaitu $\pm 45V$ AC, pada keadaan minimum yaitu $\pm 8V$ AC pada rpm 89. Pengujian dilapangan menggunakan lampu dc 10 watt menunjukkan hasil nilai tegangan output DC sebesar 11.88 Volt pada sudut 55° dengan putaran rpm 81 dengan daya 3 watt dan flowrate 9 L/min. Pengujian real menunjukkan presentase nilai error monitoring IoT dan LCD dengan error kurang dari 1%. Setiap perubahan sudut terjadi, nilai tegangan output generator dan nilai rpm semakin menurun ini dikarenakan jika sudut semakin datar (mendekati horizontal) akan mempengaruhi efisiensi dan performa turbin, dengan sudut yang lebih rendah air tidak mengalir dengan kecepatan yang optimal melalui turbin.

Kata kunci: Prototpe PLTPH, Archimedes Screw, LM393, Waterflow, Blynk

ABSTRAK

Pico-hydro power generators are capable of producing less than 5 kW of electricity. Utilizing an Archimedes screw turbine, they are being developed as an alternative for renewable electric energy, with the potential to be environmentally friendly by harnessing the sustainable potential of surrounding water sources. To achieve this, it is necessary to develop smaller-sized pico-hydro power generators for easy mobility. The methodology for creating these generators involves a 500 Watt AC generator with a five-blade Archimedes screw turbine, controlled by LM393, INA21, PZEM-004T, and Waterflow sensors, monitored through the Blynk application. Test results for the generator's rpm indicated voltage values at optimal conditions of approximately $\pm 45V$ AC, decreasing to a minimum of $\pm 8V$ AC at 89 rpm. Field testing using a 10-watt DC lamp showed a DC output voltage of 11.88 Volts at a 55° angle, with a rotation of 81 rpm, generating 3 watts of power at a flow rate of 9 L/min. Real-world testing demonstrated an error percentage in IoT and LCD monitoring of less than 1%, indicating reliable performance. Any change in angle resulted in a decrease in the generator's output voltage and rpm. This decrease is attributed to the flattening of the turbine angle (approaching horizontal), impacting efficiency and turbine performance, as lower angles hinder optimal water flow through the turbine.

Keywords: Pico Hydro Power Plant Prototype, Archimedes Screw, LM393, Waterflow, Blynk

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji syukur kami haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, memungkinkan kami menyelesaikan Laporan Proyek Akhir berjudul "*Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro Menggunakan Turbin *Archimedes Screw* Bilah Lima Berbasis *IoT*" tepat waktu. Shalawat dan salam kami sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW yang dinanti syafa'atnya di akhirat. Laporan ini merupakan syarat kelulusan Program Studi D-IV Teknik Elektronika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Kami menyadari ketidaksempurnaan dan kekurangan dalam laporan ini, sehingga kami sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk perbaikan di masa yang akan datang.

Kami ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan banyak bantuan, motivasi, serta memberikan saran dan kritik yang sangat diharapkan dalam menyelesaikan proyek akhir ini. Berikut adalah pihak-pihak yang turut membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, diantaranya:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan moral serta materi yang sangat berharga.
2. Rekan kerja Proyek Akhir yang telah mendukung dan berjuang bersama sehingga proyek akhir ini dapat diselesaikan dengan sebaik-baiknya.
3. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro dan Informatika dan Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran berharga selama pembuatan dan penyusunan laporan proyek akhir ini.
4. Bapak Surojo, M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan saran berharga selama pembuatan dan penyusunan laporan proyek akhir ini.

5. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Indra Dwisaputra, M.T. selaku Kepala Prodi D-IV Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Bapak Aan Febriansyah, M.T. selaku Dosen Wali penulis di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Seluruh Dosen dan PLP yang sudah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan proyek akhir ini.
9. Seluruh teman-teman kelas 4 TE yang telah banyak membantu dan kebersamai 4 tahun ini.
10. Teman-teman penulis Dhea Vharisha, Mauliana Fardiyatulh, Lulu Mutialisa, dan Zulaika.
11. Teman-teman penulis Sayyid Abdul Azis, Aldi Bastomi , Rinaldi Dwi Saputra, Muhammad Zuhriyandi Haikel, Rafda Ardiyanto dan Gusranda.
12. Seluruh pihak-pihak terkait yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis berharap agar makalah ini memberikan manfaat dengan meningkatkan wawasan dan pengetahuan yang terkandung dalam proyek akhir. Penulis menyadari bahwa laporan proyek akhir ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menghargai kritik dan saran yang konstruktif untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan proyek akhir ini dapat dipahami dan bermanfaat bagi semua orang, terutama bagi mereka yang membaca makalah ini.

Sungailiat, 6 Februari 2024

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT | ii |
| ABSTRAK | iii |
| KATA PENGANTAR..... | v |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL..... | x |
| DAFTAR GAMBAR | xi |
| LAMPIRAN..... | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang Masalah..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Proyek Akhir | 2 |
| 1.4 Batasan Masalah..... | 2 |
| BAB II DASAR TEORI..... | 3 |
| 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) Menggunakan Turbin Archimedes Screw | 3 |
| 2.1.1 Turbin <i>Archimedes Screw</i> Bilah Lima | 5 |
| 2.1.2 Generator | 6 |
| 2.1.3 Akumulator | 7 |
| 2.1.4 <i>Rectifier</i> | 8 |
| 2.2 Sistem Kontrol PLTPH..... | 9 |
| 2.2.1 ESP32..... | 9 |

| | |
|---|----|
| 2.2.2 <i>Buck-Boost Converter</i> | 10 |
| 2.2.3 <i>Relay</i> | 11 |
| 2.3 <i>Sistem Monitoring Prototype PLTPH berbasis IoT</i> | 12 |
| 2.3.1 <i>Internet of Things (IoT)</i> | 12 |
| 2.3.2 <i>Blynk</i> | 12 |
| 2.3.3 Sensor PZEM-004T | 13 |
| 2.3.4 Sensor INA 219..... | 14 |
| 2.3.5 Sensor <i>Waterflow</i> | 14 |
| 2.3.6 Sensor LM393..... | 15 |
| 2.3.7 LCD | 16 |
| BAB III METODE PELAKSANAAN | 18 |
| 3.1 Tahapan Perancangan dan Pembuatan Alat..... | 18 |
| 3.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data..... | 19 |
| 3.3 Mekanisme PLTPH | 19 |
| 3.4 Perancangan Konstruksi PLTPH..... | 20 |
| 3.4.1 Perhitungan Parameter Turbin | 21 |
| 3.4.2 Sistem Transmisi..... | 23 |
| 3.4.3 Pembuatan Konstruksi PLTPH | 23 |
| 3.4.4 Uji Coba..... | 24 |
| 3.5 Perancangan Sistem Kontrol dan Monitoring PLTPH | 24 |
| 3.5.1 Rangkaian Elektrik | 25 |
| 3.5.2 Pembuatan Sistem Kontrol dan Monitoring PLTPH | 26 |
| 3.5.2.1 Pembuatan Sistem Kontrol..... | 26 |
| 3.5.2.2 Pembuatan Sistem Monitoring..... | 27 |
| 3.5.3 Uji Coba..... | 27 |

| | |
|--|----|
| 3.6 Uji Coba Keseluruhan..... | 28 |
| 3.7 Penyusunan Laporan Proyek Akhir..... | 28 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 29 |
| 4.1 Deskripsi Alat..... | 29 |
| 4.2 Pengujian Sensor..... | 30 |
| 4.2.1 Sensor PZEM-004T | 30 |
| 4.2.2 Sensor INA219 | 31 |
| 4.2.3 Sensor LM393..... | 33 |
| 4.2.4 Sensor <i>Waterflow</i> | 34 |
| 4.3 Pengujian Alat Keseluruhan..... | 35 |
| 4.3.1 Pengujian Monitoring pada <i>blynk</i> | 35 |
| 4.3.1 Pengujian Rpm Generator..... | 36 |
| 4.3.2 Data Simulasi di Lapangan..... | 40 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 43 |
| 5.1 Kesimpulan | 43 |
| 5.2 Saran..... | 43 |
| DAFTAR PUSTAKA | 44 |
| DAFTAR RIWAYAT HIDUP..... | 49 |
| PROGRAM..... | 51 |

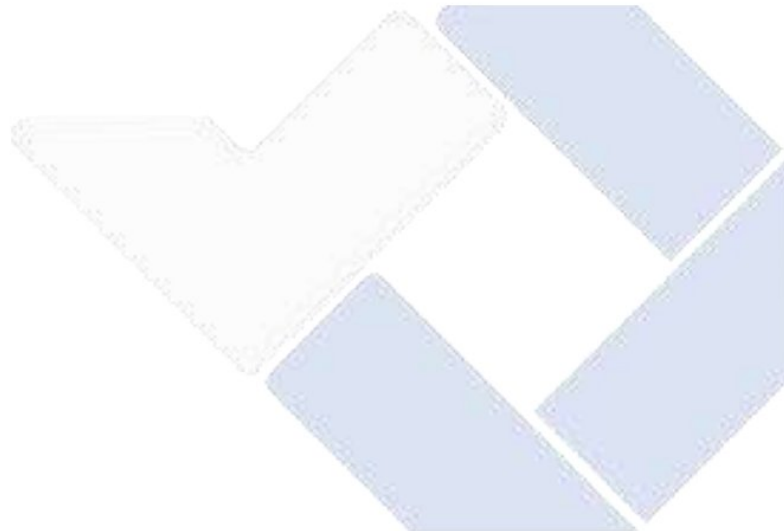
DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Spesifikasi Generator | 7 |
| Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP32 | 10 |
| Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor INA219 | 14 |
| Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor LM393 | 16 |
| Tabel 4. 1 Pengujian Sensor PZEM-004T..... | 31 |
| Tabel 4. 2 Pengujian Sensor INA219 | 32 |
| Tabel 4. 3 Pengujian Sensor LM393 | 33 |
| Tabel 4. 4 Pengujian Sensor <i>Waterflow</i> | 35 |
| Tabel 4. 5 Pengujian RPM Generator | 37 |
| Tabel 4. 6 <i>Output</i> AC dan DC | 39 |
| Tabel 4. 7 Data Hasil Pengujian dengan beban lampu DC 10 Watt..... | 42 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Ilustrasi <i>Archimedes Screw</i> | 5 |
| Gambar 2. 2 Turbin Bilah Lima | 5 |
| Gambar 2. 3 Generator | 6 |
| Gambar 2. 4 Aki | 8 |
| Gambar 2. 5 <i>Rectifier</i> Satu Gelombang Penuh | 8 |
| Gambar 2. 6 ESP32 | 9 |
| Gambar 2. 7 <i>Buck-boost</i> LTC3780 | 11 |
| Gambar 2. 8 <i>Relay</i> | 11 |
| Gambar 2. 9 <i>Blynk</i> | 13 |
| Gambar 2. 10 PZEM-004T | 13 |
| Gambar 2. 11 Sensor INA219 | 14 |
| Gambar 2. 12 Sensor <i>Waterflow</i> | 15 |
| Gambar 2. 13 Sensor LM393 | 16 |
| Gambar 2. 14 LCD | 17 |
| Gambar 3. 1 Tahapan-tahapan Pelaksanaan | 18 |
| Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Mekanisme PLTPH | 20 |
| Gambar 3. 3 Desain PLTPH | 20 |
| Gambar 3. 4 Sistem Transmisi | 23 |
| Gambar 3. 5 Konstruksi PLTPH | 23 |
| Gambar 3. 6 Blok Diagram Sistem Monitoring | 24 |
| Gambar 3. 7 Skema Rangkaian Elektrik | 26 |
| Gambar 3. 8 Pembuatan Sistem Kontrol | 26 |
| Gambar 3. 9 Tampilan Aplikasi <i>Blynk</i> | 27 |
| Gambar 4. 1 Keseluruhan Alat | 30 |
| Gambar 4. 2 Pengujian Sensor PZEM-004T | 30 |
| Gambar 4. 3 Pengujian Sensor INA219 | 32 |
| Gambar 4. 4 Pengujian Sensor LM393 | 33 |
| Gambar 4. 5 Pengujian Sensor <i>Waterflow</i> | 34 |

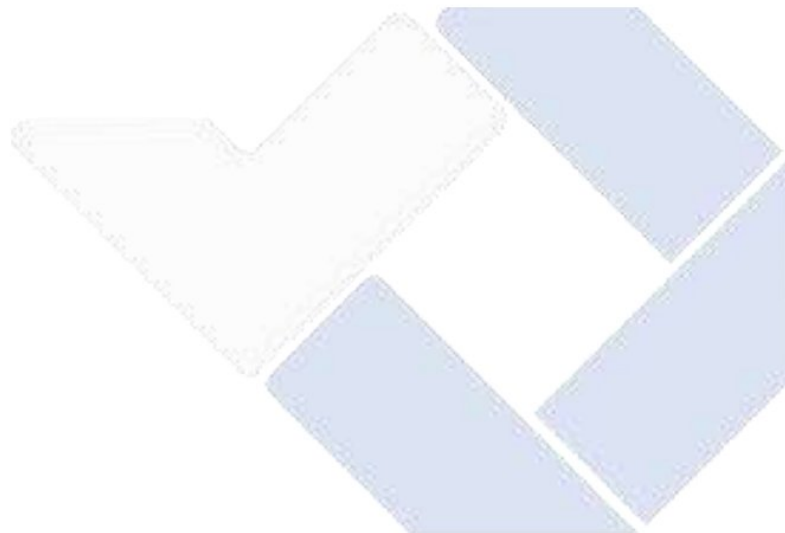
| | |
|---|----|
| Gambar 4. 6 Tampilan pada <i>Blynk</i> | 36 |
| Gambar 4. 7 Pengujian Rpm Generator | 36 |
| Gambar 4. 8 Grafik Tegangan AC Terhadap Rpm | 38 |
| Gambar 4. 9 Grafik Arus AC Terhadap Rpm | 38 |
| Gambar 4. 10 <i>Output</i> Generator AC dan DC | 39 |
| Gambar 4. 11 Pengujian Alat | 40 |
| Gambar 4. 12 Pengujian Keseluruhan pada LCD | 40 |
| Gambar 4. 13 Pengujian Keseluruhan pada <i>Smartphone</i> | 41 |



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2: Program



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Salah satu bentuk energi terbarukan yang disebut pikohidro adalah sumber daya yang dapat dimanfaatkan. Pembangkit listrik tenaga pikohidro adalah jenis pembangkit yang mampu menghasilkan listrik dengan kapasitas kurang dari 5 kW dan dapat dikategorikan sebagai pembangkit listrik berskala kecil. Prinsip dasar dari pembangkit listrik tenaga air melibatkan konversi tenaga dari arus air pada tingkat tertentu menjadi energi listrik melalui penggunaan turbin dan generator. Pembangkit listrik air berskala piko secara umum menggunakan aliran air, termasuk debit air, untuk menghasilkan gerakan pada turbin. Aliran air ini selanjutnya menggerakkan turbin, yang kemudian memutar generator, dan generator inilah yang menghasilkan energi listrik [1].

Pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan turbin *archimedes screw* adalah salah satu alternatif yang sedang dikembangkan sebagai sumber energi listrik terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki potensi yang besar di daerah-daerah terpencil. Selain itu, turbin jenis ini juga mudah dipasang dan dipelihara [2]. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Dherry dkk, 2021, didapat hasil nilai tegangan, yang dihasilkan generator dengan penggerak Motor DC pada kondisi optimum yaitu sebesar 45 V AC pada 620 rpm sedangkan pada kondisi minimum menghasilkan 8 V AC pada 91 rpm. Sedangkan hasil pengujian pada lapangan dengan penggerak generator yaitu turbin *Archimedes Screw* tanpa transmisi menunjukkan tegangan *output* sebesar 12 V DC pada 128 rpm, namun masih perlu perbaikan konstruksi dan juga memiliki desain lumayan besar juga sulit untuk bisa di pindah-pindahkan [3]. Dengan mempertimbangkan hal tersebut maka perlu dikembangkan sistem pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan ukuran yang lebih kecil sehingga dapat dipindah-pindahkan dengan mudah. Oleh karena itu proyek akhir kami yang berjudul “*Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro menggunakan Turbin *Archimedes Screw* Bilah Lima

Berbasis *IoT* ini dirancang sehingga dapat mempermudah PLTPH dipindah-pindahkan ke tempat yang memiliki aliran air dan *monitoring* melalui *smartphone*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang tersebut dan agar tujuan penelitian dapat tercapai maka dirumuskan permasalahannya yaitu:

1. Bagaimana merancang *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan turbin *Archimedes screw* bilah lima?
2. Bagaimana efisiensi dari *prototype* PLTPH yang telah dirancang?
3. Bagaimana sistem pengontrolan dan *monitoring* PLTPH melalui *smartphone*?

1.3 Tujuan Proyek Akhir

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari proyek akhir ini adalah:

1. Merancang *prototype* pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan turbin *archimedes screw* bilah lima.
2. Menghasilkan listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan dengan memanfaatkan energi potensial air yang ada disekitar kita.
3. Mempermudah pemindahan PLTPH ke tempat yang diinginkan.
4. Memonitoring sistem PLTPH melalui *smartphone*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada proyek akhir ini adalah:

1. Menggunakan sensor *waterflow* berukuran 2 inch.
2. Membutuhkan jaringan internet yang baik agar aplikasi *blynk* dapat berjalan.

BAB II DASAR TEORI

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) Menggunakan Turbin *Archimedes Screw*

Pembangkit listrik tenaga pikohidro adalah jenis pembangkit listrik yang mampu menghasilkan daya kurang dari 5 kW dan dikategorikan sebagai pembangkit listrik skala kecil. Prinsip dasar dari pembangkit listrik tenaga air ini melibatkan transformasi energi dari aliran air pada tinggi tertentu menjadi energi listrik melalui penggunaan turbin dan generator. Skema pembangkit listrik tenaga air skala piko pada dasarnya memanfaatkan perbedaan ketinggian dan debit air di sungai, di mana aliran air tersebut menggerakkan turbin, yang selanjutnya menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik [4]. Terdapat salah satu jenis turbin yaitu turbin *Archimedes Screw* yang dapat digunakan pada PLTPH.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan PLTPH generator menggunakan ulir *Archimedes* yang dapat digunakan sebagai alat referensi dalam penyusunan penelitian ini meliputi:

Pada penelitian Dherry dkk, 2021, merancang sebuah pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan turbin *Archimedes screw* berbilah lima, dilengkapi dengan sistem pengontrolan inlet air dan *monitoring* berbasis *IoT*. Pembangkit listrik tersebut diterapkan pada ketinggian rendah dengan menggunakan model turbin *Archimedes Screw* yang memiliki lima bilah, sudut ulir 28° , kemiringan turbin 32° , dan pengontrolan inlet air menggunakan *Arduino*. Pemantauan pembangkit listrik tenaga pikohidro dilakukan melalui *smartphone* berbasis *IoT*. Hasil penelitian pada kondisi optimal menunjukkan tegangan sebesar 45V AC pada 620 rpm, sementara pada kondisi minimum, tegangan yang diperoleh adalah 8V AC pada 91 rpm. Meskipun respons implementasi di lapangan sudah dapat berjalan, namun masih memerlukan perbaikan pada konstruksi [3].

Pada penelitian Givy Dervira Ramady dkk, 2021, yang merancang prototipe pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan menggunakan kontrol *Arduino Uno*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tegangan *output* yang dihasilkan oleh generator yang dipengaruhi oleh debit aliran air. Proses *monitoring* dapat dilakukan secara *real-time* melalui layar LCD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit air memiliki pengaruh terhadap tegangan *output* dari generator. Tegangan tertinggi, yaitu 17V, tercapai pada debit air sebesar 1,25 L/s, menghasilkan daya *output* sebesar 22 watt dan arus sebesar 1,33 ampere [5].

Pada penelitian Wildan Arief Prasetyo dkk, 2022, mengembangkan pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan turbin ulir. Sistem ini dilengkapi dengan *monitoring* berbasis *Google Sheet* yang memantau aliran sungai, menghasilkan listrik yang dapat disimpan dalam baterai, dan dapat digunakan dengan tegangan kerja 12VDC. Proses pembacaan sensor akan diolah oleh Nodemcu Esp32 sebelum ditransmisikan ke *Google Sheet* [6].

Pada penelitian oleh Millen Febiansyah dan Enaya Kafka Garuda Novtrianda, 2022, melakukan perancangan pembangkit listrik tenaga pikohidro di Embung Pelangi UII dengan menggunakan turbin air screw dan rangka besi yang memungkinkan penyesuaian ketinggian turbin. Hasil pengujian dengan memvariasikan sudut kemiringan turbin terhadap permukaan air menunjukkan bahwa sudut turbin yang menghasilkan nilai kecepatan putaran tercepat mencapai 289 rpm, dan sudut terbaik turbin terdapat pada $17,157^\circ$ [7].

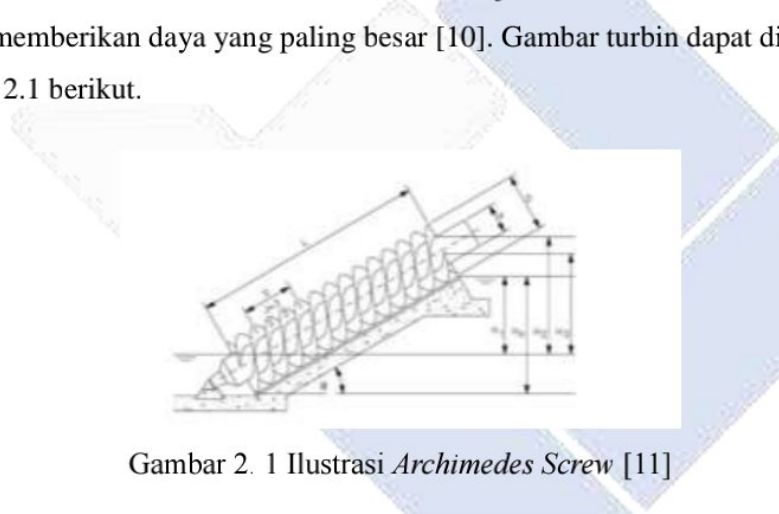
Pada penelitian oleh Maulana Abdul Jabar dkk, 2020, menganalisis efisiensi keluaran energi listrik dari prototipe sistem pembangkit tenaga pikohidro menggunakan turbin *Archimedes screw* dengan memvariasikan kemiringan turbin. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai efisiensi tertinggi terjadi pada sudut 35° , yakni sebesar 16.05%, meskipun keluaran daya terbesar ditemukan pada sudut 55° [8].

Dengan memadukan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dan juga perbaikan yang sudah disarankan oleh para peneliti sebelumnya, maka untuk penelitian ini dibuat *prototype* PLTPH menggunakan turbin *Archimedes screw* bilah lima yang dapat dipindah-pindahkan ke tempat yang memiliki aliran air dan

juga sistem kontrol menggunakan ESP32 dan monitoring melalui *smartphone*.

2.1.1 Turbin *Archimedes Screw* Bilah Lima

Prinsip pengoperasian turbin ulir *Archimedes* yaitu air mengalir dari ujung atas ke tengah kisar *blade screw (bucket)* dan keluar dari bagian bawah. Hal ini menyebabkan perbedaan berat dan tekanan air gaya hidrostatis di sepanjang rotor dalam bucket mendorong bilah sekrup dan memutar rotor pada sumbunya. Kemudian rotor turbin memutar generator listrik yang terhubung dengan ujung atas poros turbin *screw* [9]. Pada penelitian ini menggunakan turbin *Archimedes screw* bilah lima, karena dari berbagai varian bilah ulir *Archimedes* mencakup 2 bilah, 3 bilah, 4 bilah, dan 5 bilah. Dari semua jenis tersebut, turbin ulir dengan bilah 5 memberikan daya yang paling besar [10]. Gambar turbin dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut.



Gambar 2. 1 Ilustrasi *Archimedes Screw* [11]

Kemudian untuk turbin *archimedes screw* bilah lima dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2. 2 Turbin Bilah Lima

Secara umum daya total dari turbin *Archimedes Screw* dapat ditentukan dengan persamaan:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \dots \dots \dots (1)$$

- Keterangan: ρ = massa jenis air
 g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)
 h = *head* air yang tersedia sumber (m)
 Q = laju aliran air volumetrik (m³/s)

2.1.2 Generator

Generator magnet permanen adalah generator yang menghasilkan energi listrik dari energi fluks magnet rotor magnet permanen. Oleh karena itu, generator ini menciptakan energi fluks magnetik menggunakan medan magnet yang bersifat permanen. Generator magnet permanen mempunyai dua jenis yang membedakan berdasarkan fluksnya, yaitu magnet permanen fluks aksial dan magnet permanen fluks radial [12].



Gambar 2. 3 Generator

Spesifikasi generator dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut

Tabel 2.1 Spesifikasi Generator

| | |
|----------------------------------|--|
| Model | NE-500 MP |
| Rated Power (W) | 500 |
| Max Power (W) | 530 |
| Rated Voltage (V) | 24 |
| Rated Rotated Speed (r/m) | 600 |
| Top Net Weight (kg) | 8 |
| Output Current | AC |
| Rated Torque (<N*M) | 9.55 Nm |
| Efficiency | >93% |
| Connection | Y Connection |
| Pole Numbers | 12 poles |
| Generator | 3 phase permanent magnet synchronous generator |
| Insulation Class | F |
| Service Life | More than 20 years |
| Bearing | HRB or for your older |
| Shaft Material | Stainless steel |
| Shell Material | Aluminium Alloy |
| Permanent Magnet material | Rare Earth NdFeB |
| Protection Grade | IP54 |
| Lubrication | Lubrication Grease |
| Working Temperature | -40°C-80°C |

2.1.3 Akumulator

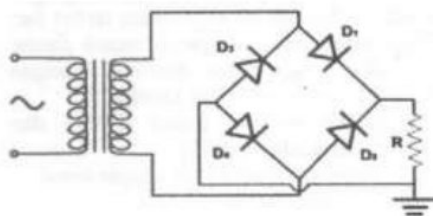
Akumulator atau aki merupakan suatu perangkat yang berisi sel listrik untuk menyimpan energi. Prinsip pengisian aki melibatkan pemantauan terus-menerus terhadap arus dan penghentian pengisian ketika tegangan aki mencapai batas maksimum. Terdapat dua jenis aki, yaitu aki basah yang menggunakan cairan sebagai media penyimpanan listrik, dan aki kering yang menggunakan bubuk untuk menyimpan listrik [13]. Pada penelitian ini menggunakan aki kering 5Ah 12 Volt.



Gambar 2. 4 Aki

2.1.4 Rectifier

Rectifier atau penyearah adalah suatu rangkaian elektronika daya yang mampu mengonversi sumber tegangan bolak-balik (AC) menjadi sumber tegangan searah (DC). Sumber tegangan AC yang digunakan dapat berupa sumber AC satu fasa atau tiga fasa [14]. Pada penelitian ini menggunakan rectifier sebagai pengubah arus AC dari generator menjadi arus DC.



Gambar 2. 5 Rectifier Satu Gelombang Penuh

2.2 Sistem Kontrol PLTPH

2.2.1 ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah sebuah platform *Internet of Things (IoT)* dengan firmware open source yang dirancang untuk mengendalikan aplikasi melalui jaringan *wifi* atau koneksi dengan aplikasi lainnya dan juga menyediakan platform yang *user-friendly* untuk pembangunan proyek *Internet of Things (IoT)*. Sebagai mikrokontroler *system-on-a-chip (SoC)*, ESP32 menawarkan biaya yang terjangkau dan konsumsi daya yang rendah [15].

Dalam penelitian yang berjudul "*IoT Based Remote Lock System Using ESP32 Microcontroller*" oleh Shanskar Rai dkk, mikrokontroler ESP32 dijadikan sebagai pengontrol utama. Pemilihan mikrokontroler ESP32 didasarkan pada beberapa alasan. Pertama, mikrokontroler ini beroperasi dengan daya +5V DC dan memiliki konsumsi arus yang sangat rendah. Selain itu, ESP32 memiliki konsumsi daya yang rendah dan kecepatan operasi tinggi, serta dilengkapi dengan kemampuan WiFi bawaan. Terakhir, mikrokontroler ini memiliki penyimpanan memori yang memadai [16].

Penelitian tersebut akan dijadikan sebagai referensi dalam proyek akhir ini, di mana ESP32 akan digunakan sebagai mikrokontroler yang mendukung pembuatan sistem aplikasi *Internet of Things*. ESP32 berperan sebagai pusat kontrol dan monitoring untuk mengelola dan memproses data yang ditampilkan pada smartphone.



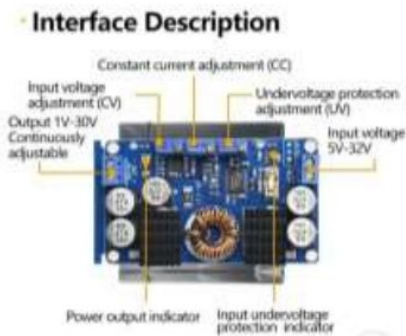
Gambar 2. 6 ESP32

Tabel 2.2 Spesifikasi ESP32

| Spesifikasi | Keterangan |
|--------------------------------|-----------------------|
| Mikrokontroler | ESP32 |
| Tegangan input yang disarankan | 3.3 V |
| GPIO | 36 |
| Kanal PWM | 8 |
| ADC pin | 18 (12 bit) |
| Memori Flash | 2 Mb (max. 64 Mb) |
| WiFi | IEEE 802.11 b/g/n/e/i |
| Clock Speed | 240 MHz |
| USB port | Micro USB |

2.2.2 Buck-Boost Converter

Konverter *buck-boost* merupakan jenis konverter arus searah (DC) yang mampu menghasilkan tegangan output yang dapat lebih tinggi atau lebih rendah daripada tegangan input, dan tegangan outputnya selalu bersifat negatif. Proses switching pada konverter ini mengatur *duty cycle*, yang secara signifikan memengaruhi tingkat tegangan output dari konverter *buck-boost* [17]. Pada penelitian ini *buck-boost converter* tipe LTC3780 digunakan sebagai pengatur tegangan yang diinginkan dan dihubungkan pada pin PWM Arduino.



Gambar 2. 7 Buck-boost LTC3780

2.2.3 Relay

Menurut Dinda et.al. pada penelitiannya yang berjudul Stasiun Pengisian Mobil Listrik Berbasis Panel Surya menerapkan *relay* sebagai penghenti aliran listrik otomatis pada pengisian aki mobil ketika tegangan aki mencapai level penuh. *Relay* merupakan komponen listrik yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu coil (perangkat elektromagnetik) dan *switch* (sakelar mekanikal), dimana coil berperan sebagai perangkat elektromagnetik, sedangkan *switch* berfungsi mengendalikan aliran listrik. [18]. Pada penelitian ini *relay* digunakan untuk memutus arus ke aki jika tegangan pada aki sudah penuh.



Gambar 2. 8 Relay

2.3 Sistem Monitoring Prototype PLTPH berbasis IoT

Agar dapat mengimplementasikan *Internet of Things* (IoT) pada proyek akhir ini maka dibuatkan sistem pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) menggunakan Turbin *Archimedes Screw* Bilah Lima Berbasis *IoT* menggunakan aplikasi *Blynk IoT* agar dapat memantau data yang dihasilkan oleh generator dan *buck-boost* melalui *smartphone*.

2.3.1 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan suatu sistem komunikasi yang memungkinkan pengiriman data melalui jaringan internet untuk terhubung dengan sistem lainnya. Prinsip kerja *IoT* melibatkan penggunaan perintah dari pemrograman yang telah dibuat, sehingga menyebabkan interaksi antar sistem secara otomatis. Cara kerja *IoT* melibatkan tiga komponen utama, yaitu produk fisik dari modul IoT, perangkat yang terhubung ke internet seperti modem dan router berkecepatan tinggi, serta pusat data yang berfungsi sebagai database. [19].

2.3.2 Blynk

Blynk adalah perangkat lunak yang dirancang untuk sistem *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan tampilan, penyimpanan, dan representasi data, serta fungsi lainnya. Pengguna dapat membuat antarmuka sesuai preferensi mereka dan menggunakan berbagai *widget* yang telah disediakan oleh aplikasi ini. Aplikasi *Blynk* dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat keras dari jarak jauh, menampilkan data sensor, menyimpan informasi, melakukan visualisasi, dan menjalankan berbagai fungsi lainnya. *Blynk* memiliki tiga elemen pokok, yaitu: 1) Aplikasi *Blynk* yang berfungsi sebagai alat kendali perangkat dan menampilkan data pada *widget*; 2) *Server Blynk* sebagai layanan *cloud* yang mengatur komunikasi antara *smartphone* dan perangkat keras yang dikendalikan dan dipantau; dan 3) *Library Blynk* yang melibatkan berbagai *widget*, seperti tombol kontrol, format tampilan layar, notifikasi, dan manajemen waktu, memungkinkan perangkat untuk mengirim data dari sensor dan menampilkannya secara *real-time* pada aplikasi [20]. Pada penelitian ini *blynk* digunakan untuk memonitoring data

arus, tegangan, daya dan juga rpm.



Gambar 2. 9 Blynk

2.3.3 Sensor PZEM-004T

Modul sensor PZEM-004T merupakan perangkat sensor yang mengukur berbagai parameter, seperti arus, tegangan, daya, faktor daya, dan frekuensi. Modul sensor PZEM004T dilengkapi dengan trafo arus yang berfungsi untuk mengubah medan magnet yang terdeteksi pada beban sistem listrik menjadi sinyal listrik. Sinyal tersebut selanjutnya diolah oleh modul sensor PZEM-004T, memungkinkannya membaca arus dan daya yang sedang digunakan dalam rangkaian listrik. Untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, modul PZEM-004T dapat menggunakan komunikasi RXTX antara modul sensor dan mikrokontroler [21]. Dalam proyek akhir ini, sensor PZEM-004T digunakan karena telah dirancang untuk menerima sinyal dari sensor tegangan dan sensor arus dalam satu komponen, sehingga mempermudah dan meningkatkan efisiensi penggunaannya [22].



Gambar 2. 10 PZEM-004T[20]

2.3.4 Sensor INA 219

Sensor INA219 adalah sebuah modul sensor yang mampu mengukur tegangan, arus dan daya DC secara bersamaan. Sensor ini memiliki kapabilitas untuk mengukur sumber beban hingga 26 Vdc dan arus hingga 3,2 A. Modul ini dapat mengukur daya maksimal hingga 75 Watt. Beberapa penelitian memanfaatkan sensor arus MAX471, beberapa lainnya menggunakan kombinasi sensor tegangan DC dan sensor arus ACS712 untuk mengukur tegangan dan arus yang akan dipantau, memilih menggunakan sensor INA219 karena memiliki kemampuan untuk membaca sekaligus arus dan tegangan yang akan dipantau [23]. Dalam penelitian ini penulis menggunakan sensor INA219 untuk mengukur tegangan, arus dan daya dari *buck-boost converter*.



Gambar 2. 11 Sensor INA219

Spesifikasi sensor INA219 yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor INA219

| | |
|-----------------------------|--------------------------|
| <i>Input Voltage</i> | 0-26 VDC |
| <i>Max Current</i> | 3.2 A |
| <i>VCC Logic</i> | 3-5 V |
| <i>Package Modul</i> | SOT23-8 dan SOIC-8 Paket |
| <i>Size</i> | 25.5 x 22.3 mm |

2.3.5 Sensor *Waterflow*

Sensor aliran air digunakan untuk mendeteksi pergerakan air, baik itu aliran dengan tekanan tertentu, aliran air yang memiliki tekanan sangat rendah, atau bahkan aliran air dengan kecepatan yang minim. Sensor aliran air ini juga digunakan untuk mengukur aliran air di tempat terbuka seperti parit, sungai, atau saluran irigasi. Istilah lain yang sering digunakan untuk sensor ini adalah meteran air, flow meter air, atau *water flow* meter [24]. Pada penelitian ini penggunaan sensor *waterflow* untuk mengukur jumlah debit air yang mengalir sebelum masuk ke turbin.



Gambar 2. 12 Sensor Waterflow

2.3.6 Sensor LM393

Pada penelitian Muhammad Ibrahim Alfitroh dkk, 2023, yang merancang bangun sistem monitoring arus, tegangan kecepatan putar turbin dan suhu berbasis iot pada pltu mini skala lab menggunakan sensor LM393 untuk mengambil nilai putaran turbin, dengan tingkat kesalahan rata-rata pada pengukuran sensor sekitar 0,1%. Sensor LM393 adalah sensor kecepatan yang merasakan putaran motor, RPM, dan mengukur putaran. Komponen utama sensor ini terbagi menjadi dua, yaitu pemancar (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Sensor ini sering disebut sebagai optocoupler karena terdiri dari bahan semikonduktor dan menggabungkan *Light Emitting Diode* (LED) inframerah sebagai pemancar dan fototransistor sebagai penerima [25]. Dalam penelitian ini penulis menggunakan sensor LM393 sebagai pemantau kecepatan putar pada generator.



Gambar 2. 13 Sensor LM393

Spesifikasi sensor LM393 dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor LM393

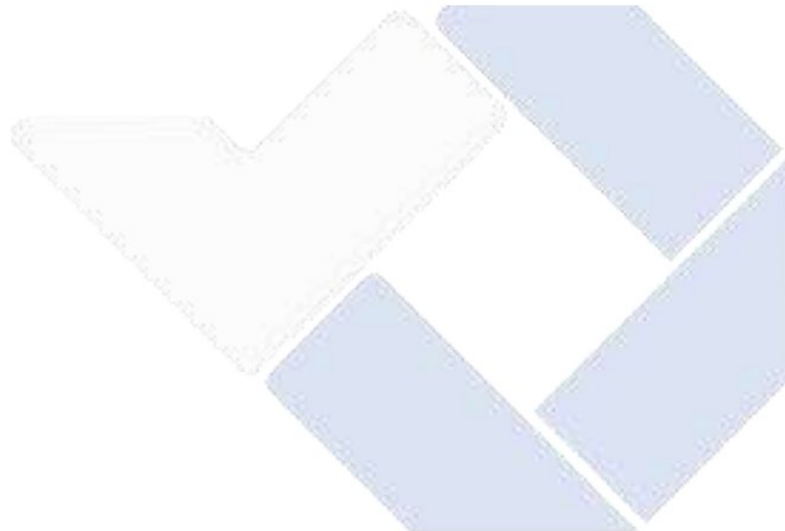
| | |
|-------------------------|----------------------|
| IC | LM393 |
| Tegangan Operasi | 3.3-5 V |
| Output | Digital dan analog |
| Size | 32 mm x 12 mm x 7 mm |
| Weight | 40 g |

2.3.7 LCD

LCD adalah suatu perangkat elektronika yang berfungsi untuk menampilkan data, teks, dan simbol pada layar. LCD terdiri dari dua bagian utama, yaitu bagian *backlight* (Lampu Latar Belakang) dan bagian *Liquid Crystal* (Kristal Cair). Secara prinsip, untuk menampilkan tampilan, LCD tidak menghasilkan cahaya sendiri, melainkan membutuhkan pencahayaan dari komponen *backlight*. Peran LCD di sini adalah untuk mentransmisikan cahaya dari *backlight* tersebut sehingga tampilan dapat terlihat di layar LCD [26].



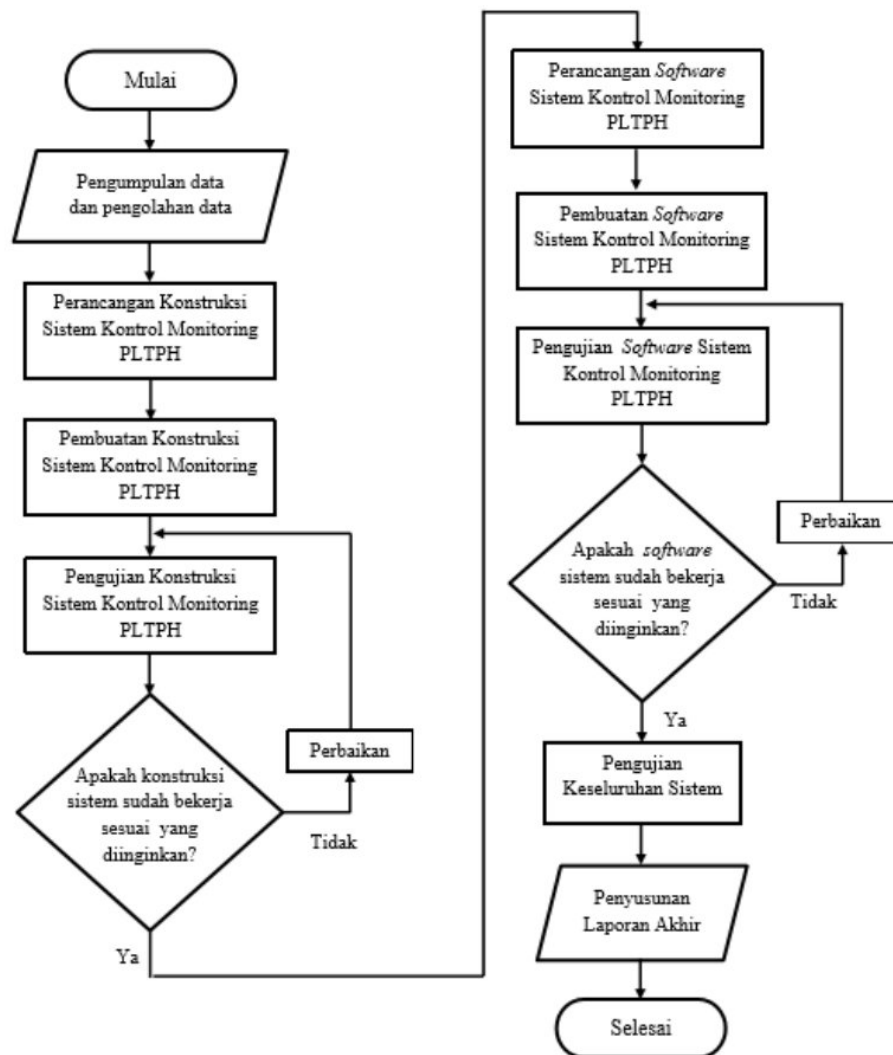
Gambar 2. 14 LCD



BAB III METODE PELAKSANAAN

3.1 Tahapan Perancangan dan Pembuatan Alat

Adapun tahapan-tahapan penelitian yang akan dilakukan, mulai dari studi literatur, perancangan sistem, pembuatan sistem, pengumpulan data dan uji coba dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3. 1 Tahapan-tahapan Pelaksanaan

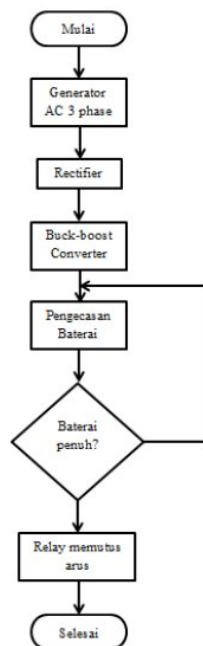
3.2 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data merupakan suatu proses mencari dan mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam proses menyelesaikan proyek akhir. Kemudian data-data tersebut dianalisa untuk menentukan hal-hal yang akan diterapkan pada proyek akhir.

Pada tahap pengumpulan data penulis melakukan studi pustaka, studi pustaka yang dilakukan yaitu mencari, membaca dan mempelajari referensi jurnal dan buku-buku mengenai penelitian-penelitian terdahulu dari beberapa peneliti yang relevan dengan turbin *Archimedes screw*, pembangkit listrik tenaga air berskala kecil, kontrol dan *monitoring* berbasis *IoT* dan juga referensi-referensi lain terkait hal-hal yang mendukung dasar teori.

3.3 Mekanisme PLTPH

Proses mekanisme PLTPH yaitu air mengalir masuk ke jalur kemudian masuk ke turbin, air menggerakkan turbin kemudian *pulley* pada turbin menggerakkan *pulley* pada generator, akibat gaya putaran tersebut, generator menghasilkan tegangan listrik AC kemudian masuk ke MCB sebagai pengaman, *rectifier* sebagai pengubah arus AC menjadi DC, kemudian *buck-boost* akan menaikan tegangan sesuai kebutuhan, lalu pengecasan aki, jika aki penuh *relay* akan memutus arus pada aki, jika aki belum penuh pengisian aki akan terus berlangsung. Gambar *flowchart* mekanisme PLTPH dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3. 2 *Flowchart* Mekanisme PLTPH

3.4 Perancangan Konstruksi PLTPH

Perancangan desain konstruksi PLTPH merupakan pembuatan desain untuk gambaran umum atau pedoman dalam pembuatan alat proyek akhir, proses perancangan desain konstruksi pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan *software*. Bahan yang digunakan yaitu besi. Desain konstruksi PLTPH dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 Desain PLTPH

3.4.1 Perhitungan Parameter Turbin

Perhitungan desain turbin berdasarkan literatur serta asumsi perancangan untuk turbin *archimedes screw* dengan acuan setiap parameter yang dipilih berdasarkan penelitian oleh [27] diuraikan seperti berikut:

- Ketinggian Jalur Turbin (H) : $\pm 0,6$ m
- Kecepatan aliran air (v) : $\pm 0,5$ m/s
- Kedalaman input air (h_0) : $\pm 0,2$ m
- Lebar input air (l) : $\pm 0,5$ m
- Sudut turbin (Θ) : $\pm 35^\circ$ (dapat diatur)
- Sudut ulir (α) : $\pm 28^\circ$

Asumsi diatas dapat dijadikan acuan dalam membuat turbin dan dapat dilakukan perhitungan variable-variable berikut:

1. Debit (Q)

$$A = h_0 \times l \dots\dots\dots(2)$$

$$Q = V \times A \dots\dots\dots(3)$$

$$\begin{aligned} &= V \times h_0 \times l \\ &= 0,5 \text{ m/s} \times 0,2 \text{ m} \times 0,5 \text{ m} \\ &= 0,05 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

2. Potensi Daya (P)

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h \dots\dots\dots(1)$$

$$= 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,05 \cdot 0,7 = 343,35 \text{ Watt}$$

3. Diameter Turbin (D)

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{k \cdot n}} \dots\dots\dots(4)$$

$$\begin{aligned} &= \sqrt[3]{\frac{0,05}{0,274 \cdot 50}} \\ &= 0,153 \text{ m} = 15 \text{ cm} \end{aligned}$$

4. Diameter Poros Turbin (d)

Perbandingan nilai diameter poros turbin dan diameter yang paling optimal yaitu sebagai berikut [28]. Sehingga dapat dihitung diameter poros turbin adalah:

$$\frac{d}{D} = 0,3 \dots \dots \dots (5)$$

$$\begin{aligned} d &= 0,3 \times D \\ &= 0,3 \times 15 \\ &= 4,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

5. Pitch Turbin (S)

Untuk menentukan nilai pitch turbin, harus menentukan terlebih dahulu nilai sudut turbin (Θ) [28]:

Jika sudut turbin $\leq 30^\circ$ maka $S = 1,2 D$

Jika sudut turbin $= 30^\circ$ maka $S = 1,0 D$

Jika sudut turbin $\geq 30^\circ$ maka $S = 0,8 D \dots \dots \dots (6)$

$$\begin{aligned} S &= 0,8 \times 15 \\ &= 12 \text{ cm} \end{aligned}$$

6. Panjang Turbin (L)

$$L = \frac{H}{\sin \theta} \dots \dots \dots (7)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,7}{\sin 32^\circ} \\ &= 1,3 \text{ m} \end{aligned}$$

7. Jumlah Ulir (Z)

$$Z = \frac{L}{S} \dots \dots \dots (8)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5}{\sin 32^\circ} \\ &= \frac{0,94}{0,144} \\ &= 6,55 \cong 7 \end{aligned}$$

8. Efisiensi Turbin (η)

Efisiensi turbin bervariasi dari 75% hingga 90% tergantung pada jenis turbinnya (turbin yang lebih besar memiliki efisiensi lebih tinggi) [11]. Maka diambil efisiensi turbin adalah 75%.

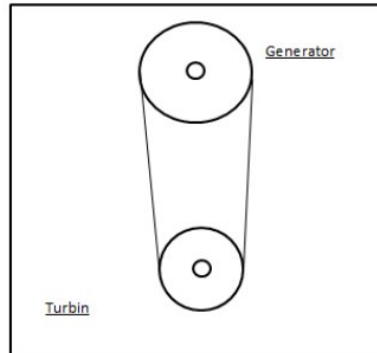
9. Daya Turbin yang dihasilkan (P)

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot \eta \dots \dots \dots (9)$$

$$= 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,09 \cdot 0,75 \cdot 0,75 = 496,6 \text{ Watt}$$

3.4.2 Sistem Transmisi

Sistem transmisi menggunakan *v-belt* untuk mempercepat putaran turbin ke generator. Skema sistem transmisi dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3. 4 Sistem Transmisi

3.4.3 Pembuatan Konstruksi PLTPH

Alat dibuat berdasarkan data dari survei barang, perhitungan, dan rancangan yang telah disiapkan. Proses konstruksi melibatkan pembuatan kerangka PLTPH. Proses fabrikasi dilaksanakan di Bengkel didaerah Rambak. Gambar hasil konstruksi yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3. 5 Konstruksi PLTPH

Keterangan:

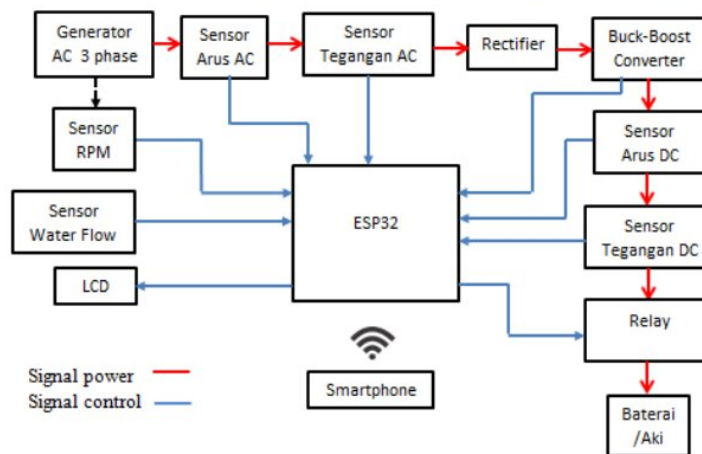
1. Pully (Sistem Transmisi)
2. Generator
3. Sensor RPM
4. Sensor *Waterflow*
5. Turbin *Archimedes Screw*
6. *Box* Sistem Kontrol dan Monitoring

3.4.4 Uji Coba

Pengujian dilakukan setelah penyelesaian seluruh konstruksi. Pengujian tersebut melibatkan evaluasi terhadap kesesuaian konstruksi alat dengan desain yang telah direncanakan.

3.5 Perancangan Sistem Kontrol dan *Monitoring* PLTPH

Perancangan sistem kontrol dan *monitoring* berbasis *IoT* menggunakan *software Blynk*. *Input* dari sensor-sensor akan diolah oleh ESP32 yang kemudian akan *ditransfer* ke *smartphone* dan dapat diakses pengguna. Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut.



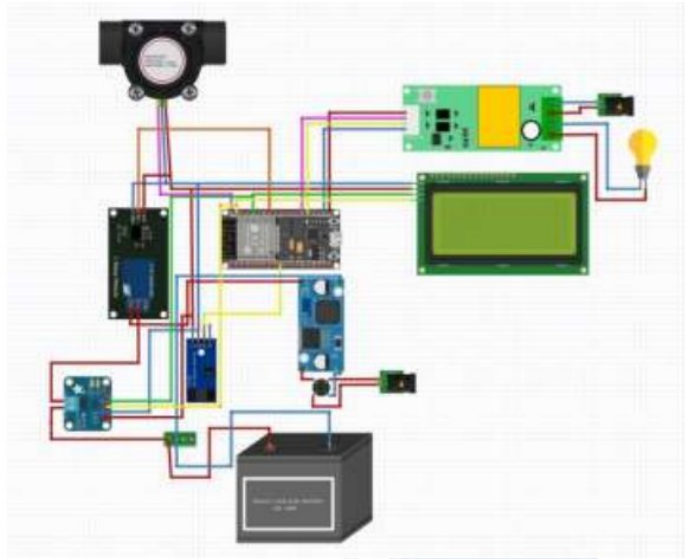
Gambar 3. 6 Blok Diagram Sistem Monitoring

Keterangan:

1. Generator AC 3 phase digunakan untuk mengubah energi kinetik air menjadi energi listrik.
2. Sensor RPM digunakan untuk memonitoring kecepatan putar pada generator.
3. Sensor *water flow* untuk memonitoring debit air.
4. Sensor arus dan sensor tegangan digunakan untuk memonitoring arus, tegangan, daya *output* dari generator dan arus, tegangan, daya dari *buck-boost* pada proses pengisian baterai.
5. *Rectifier* sebagai pengubah arus AC dari generator menjadi arus DC.
6. *Buck-boost converter* digunakan sebagai pengatur tegangan yang diinginkan.
7. Relay digunakan untuk memutus arus jika baterai telah penuh.
8. LCD digunakan untuk menampilkan nilai output monitoring.
9. ESP32 sebagai mikrokontroler dan juga sebagai penghubung alat dan smartphone melalui jaringan internet.

3.5.1 Rangkaian Elektrik

Pembuatan sistem kontrol dan monitoring dilakukan menggunakan pemrograman pada *software Arduino IDE*. Dengan skema wiring sebagai berikut.



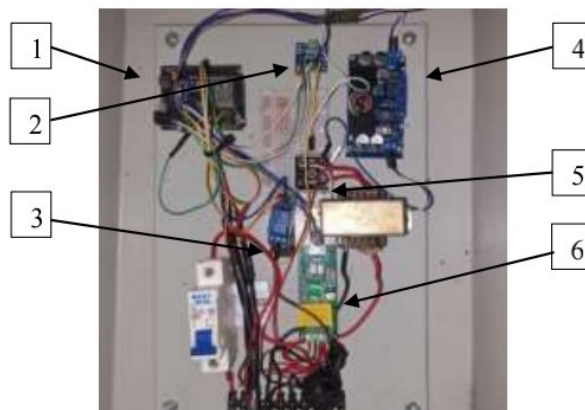
Gambar 3. 7 Skema Rangkaian Elektrik

3.5.2 Pembuatan Sistem Kontrol dan Monitoring PLTPH

Program dan rangkaian yang telah dirancang kemudian diimplementasikan dengan menggunakan data sensor sebagai input dan hasil data ditampilkan pada *smartphone*.

3.5.2.1 Pembuatan Sistem Kontrol

Pembuat sistem kontrol dilakukan dengan cara menghubungkan komponen – komponen seperti ESP32, sensor PZEM, sensor Ina219, sensor *waterflow*, sensor rpm, LCD, sesuai rangkaian elektrik yang telah dibuat.



Gambar 3. 8 Pembuatan Sistem Kontrol

Keterangan:

1. ESP32
2. INA219
3. *Relay*
4. *Buck-boost Converter*
5. *Rectifier*
6. Pzem-004T

3.5.2.2 Pembuatan Sistem Monitoring

Pembuatan sistem monitoring dilakukan menggunakan aplikasi *blynk*. Tampilan pada aplikasi *blynk* dibuat sesuai kebutuhan, seperti nilai tegangan, arus, daya AC, tegangan, arus, daya DC, nilai rpm dan nilai debit air. Gambar hasil perancangan sistem monitoring pada aplikasi *blynk* dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut.



Gambar 3. 9 Tampilan Aplikasi *Blynk*

3.5.3 Uji Coba

Pengujian sistem kontrol dan monitoring dilakukan demi melihat kinerja sistem kontrol dan monitoring serta keakuratan nilai yang diperoleh sistem kontrol dan monitoring. Pengujian dilakukan dengan mengukur besaran pada

masing-masing sensor menggunakan alat ukur dan dilakukan perbandingan pada tampilan *Blynk* di *smartphone*.

3.6 Uji Coba Keseluruhan

Uji coba dilakukan setelah penyelesaian seluruh pekerjaan konstruksi, sistem kontrol, dan monitoring PLTPH. Uji coba ini bertujuan untuk memastikan bahwa konstruksi peralatan, sistem kontrol, dan monitoring sudah sesuai dengan desain yang telah direncanakan.

3.7 Penyusunan Laporan Proyek Akhir

Penyusunan laporan akhir adalah proses terakhir dalam pembuatan proyek akhir yang bermaksud untuk merangkum semua pembahasan terkait dengan proyek akhir, seperti latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, landasan teori, metode pelaksanaan, pembahasan, hasil, kesimpulan, dan juga saran.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini penulis akan membahas dan menguraikan langkah-langkah pembuatan penelitian tugas akhir yang berjudul “*Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Menggunakan Turbin Archimedes Screw Bilah Lima Berbasis IoT*”. Pada bab ini, penulis memaparkan proses pembuatan dan pengujian alat pada sistem perangkat keras dan perangkat lunak sebagai bagian dari proyek penelitian akhir.

4.1 Deskripsi Alat

Sistem kerja PLTPH ini yaitu aliran air yang masuk kedalam pipa melewati sensor *waterflow* akan memutar turbin *Archimedes Screw*. Dikarenakan putaran mekanis dari turbin akan memutar generator yang kemudian akan menghasilkan energi listrik. Listrik yang dihasilkan dari generator akan disearahkan oleh *rectifier*, kemudian tegangan dapat diatur oleh *buck-boost converter*, setelah itu tersimpan ke dalam aki, *relay* sebagai pemutus jika aki sudah penuh.

Input sistem kontrol dan monitoring tugas akhir ini berupa pengukuran *flowrate* dan debit air oleh sensor *waterflow*, pengukuran rpm oleh sensor lm393, pengukuran arus AC oleh sensor Pzem-004T, pengukuran arus, tegangan dan daya oleh sensor ina219 yang kemudian akan diproses oleh ESP32. *Monitoring* pada sistem ini menggunakan *smartphone*. Gambar keseluruhan alat dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Keseluruhan Alat

4.2 Pengujian Sensor

4.2.1 Sensor PZEM-004T

Pengujian sensor PZEM-004T dilakukan menggunakan program Arduino terlampir. Pengujian sensor PZEM-004T ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor PZEM-004T berfungsi dengan baik. Pengujian sensor ini dilakukan dengan cara menghubungkan modul sensor PZEM-004T. Hasil pengujian sensor PZEM-004T kemudian akan dibandingkan dengan data yang didapat dari pengukuran dengan multimeter untuk melihat tingkat keakurasiannya. Pengujian sensor PZEM-004T dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.



Gambar 4. 2 Pengujian Sensor PZEM-004T

Data hasil pengukuran menggunakan sensor PZEM-004T dilakukan dengan variasi nilai beban dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Pengujian Sensor PZEM-004T

| No | Beban (W) | Vac (V) | | Error | Iac(mA) | | Error |
|----|-----------|-----------|--------|---------------|-----------|--------|---------------|
| | | Alat Ukur | Sensor | Pengukuran V% | Alat Ukur | Sensor | Pengukuran I% |
| 1 | 150 | 237.9 | 236.6 | 0.54 | 0.16 | 0.15 | 6.25 |
| 2 | 300 | 230.1 | 227.7 | 1.04 | 1.59 | 1.60 | 0.62 |
| 3 | 25 | 232 | 231.5 | 0.21 | 0.19 | 0.21 | 10.52 |

Berikut merupakan rumus yang dipakai guna menghitung presentase error sensor PZEM-004T.

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nilai acuan}}{\text{Nilai acuan}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots 4.1$$

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{236.6 - 237.9}{237.9} \right| \times 100\% = 0.54\%$$

Berdasarkan dari data hasil pengujian sensor PZEM-004T yang telah dilakukan, dapat dilihat bahwa hasil pembacaan oleh sensor yang tertampil dilayar LCD hampir sama nilainya dengan data pengukuran yang didapat menggunakan alat ukur manual yaitu multimeter dengan tingkat *error* pengukuran tegangan sebesar 0.54% dan untuk pengukuran arus dengan *error* paling besar yaitu 10.52%. Dan dari hasil data pengujian diatas didapat kesimpulan bahwa sensor PZEM-004T layak untuk dipakai sebagai sensor pengukur arus dan tegangan pada PLTPH yang akan dibuat.

4.2.2 Sensor INA219

Pengujian sensor INA219 dilakukan menggunakan program Arduino terlampir. Pengujian sensor dilakukan guna melihat apakah sensor INA219 berfungsi dengan baik dalam membaca arus dan tegangan DC. Pengujian sensor INA219 dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4. 3 Pengujian Sensor INA219

Data hasil pengukuran menggunakan sensor INA219 dilakukan dengan variasi nilai resistansi dapat dilihat pada Tabel 4.2 Berikut.

Tabel 4.2 Pengujian Sensor INA219

| No. | V _{In} (V) | V _{dc} (V) | | | I _{dc} (mA) | | Error I (%) |
|-----|---------------------|---------------------|--------|-------------|----------------------|--------|-------------|
| | | Alat Ukur | Sensor | Error V (%) | Alat Ukur | Sensor | |
| 1. | 7 | 6.92 | 6.98 | 0.86 | 39.9 | 39.96 | 0.15 |
| 2. | 9 | 8.69 | 9.06 | 4.25 | 50.7 | 50.50 | 0.39 |
| 3. | 12 | 12.02 | 12.10 | 0.66 | 61 | 61.13 | 0.21 |

Berikut merupakan rumus yang dipakai guna menghitung presentase *error* sensor INA219.

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nilai acuan}}{\text{Nilai acuan}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots 4.2$$

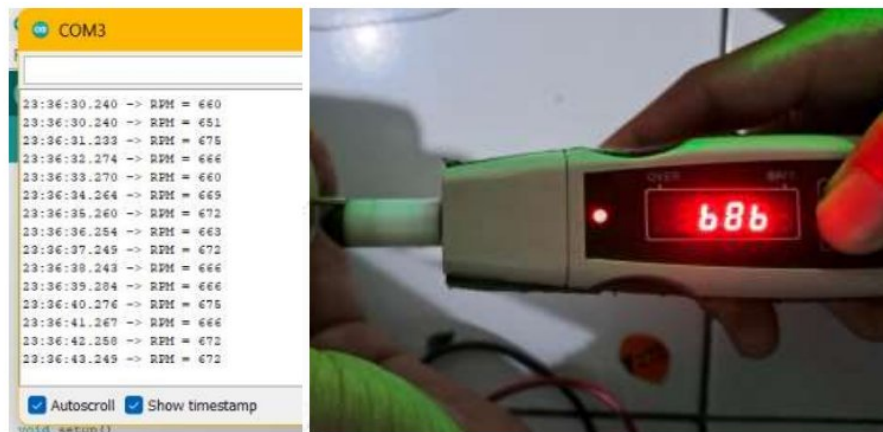
$$\text{Presentase Error} = \left| \frac{50.50 - 50.7}{50.7} \right| \times 100\% = 4.25\%$$

Berdasarkan dari data hasil pengujian sensor INA219 yang telah dilakukan, hasil pembacaan sensor yang tampil dilayar LCD dan alat ukur multimeter hampir sama dengan presentase error paling tinggi untuk pengukuran tegangan yaitu

4.25% dan untuk pengukuran arus sebesar 0.39%. Mengindikasikan bahwa sensor INA219 layak digunakan untuk mengukur tegangan dan arus DC pada PLTPH.

4.2.3 Sensor LM393

Pengujian sensor LM393 dilakukan menggunakan program Arduino terlampir. Pengujian sensor LM393 ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor LM393 dapat berfungsi dengan baik sebelum digunakan. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang ditampilkan oleh sensor pada serial monitor dan nilai pengukuran oleh tachometer. Pengujian sensor LM393 ditunjukkan pada gambar 4.5 berikut.



Gambar 4. 4 Pengujian Sensor LM393

Data hasil pengukuran menggunakan sensor LM393 dapat dilihat pada Tabel 4.3 Berikut.

Tabel 4.3 Pengujian Sensor LM393

| No | Tachometer (rpm) | Sensor LM393 (rpm) | Error (%) |
|----|---------------------|-----------------------|--------------|
| 1 | 182 | 186 | 2.1 |
| 2 | 317 | 324 | 2.2 |
| 3 | 686 | 660 | 3.7 |

Berikut merupakan rumus yang dipakai guna menghitung presentase error sensor LM393.

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nilai acuan}}{\text{Nilai acuan}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots 4.3$$

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{660 - 686}{686} \right| \times 100\% = 3.7\%$$

Berdasarkan data pengujian diatas nilai yang terbaca oleh tachometer dan sensor LM393 hampir sama, dengan tingkat *error* sebesar 3.7% . Menunjukkan bahwa sensor LM393 layak digunakan untuk mengukur kecepatan putar generator.

4.2.4 Sensor *Waterflow*

Pengujian sensor *waterflow* dilakukan menggunakan program Arduino terlampir. Pengujian pada sensor *waterflow* dilakukan guna mengetahui apakah sensor ini bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan nilai debit air yang berbeda. Pengujian awal dilakukan dengan cara mengisi wadah air 1500ml, kemudian data tersebut akan dibandingkan dengan pengukuran oleh sensor *waterflow* yang tertampil pada serial monitor. Pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4. 5 Pengujian Sensor *Waterflow*

Data hasil pengukuran menggunakan sensor *waterflow* dapat dilihat pada tabel 4.4 Berikut.

Tabel 4.4 Pengujian Sensor *Waterflow*

| No | Debit Air (mL) | Waterflow (mL/s) | Error (%) |
|----|-------------------|---------------------|--------------|
| 1 | 1,500 | 1,579 | 5.2 |
| 2 | 2,000 | 2,021 | 1.0 |
| 3 | 5,000 | 5,034 | 0.6 |

Berikut merupakan rumus yang dipakai guna menghitung presentase *error* sensor INA219.

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{\text{Pengukuran} - \text{Nilai acuan}}{\text{Nilai acuan}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots 4.4$$

$$\text{Persentase Error} = \left| \frac{1.579 - 1.500}{1.500} \right| \times 100\% = 5.2\%$$

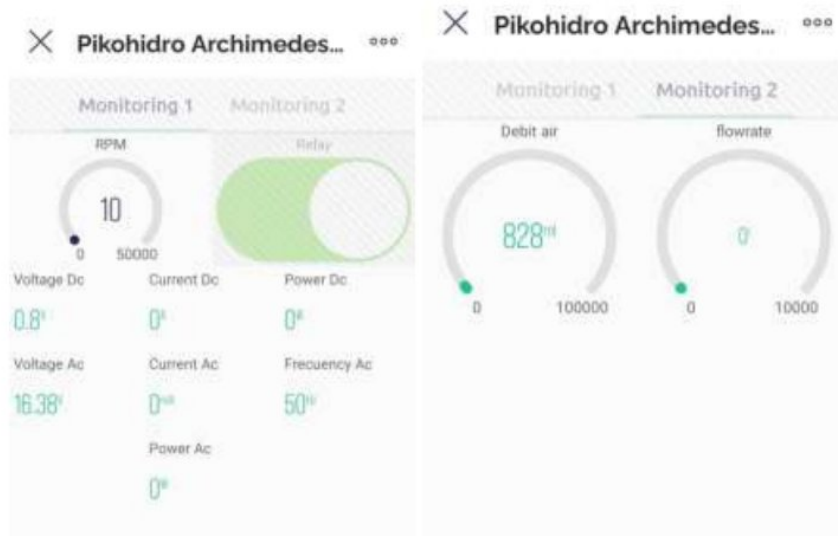
Berdasarkan dari hasil pengujian diatas, nilai debit air yang terbaca oleh sensor tidak jauh berbeda dari debit air yang sudah ditentukan, dengan presentase *error* 5.2%, yang berarti sensor *waterflow* yang diuji layak untuk digunakan pada PLTPH yang dibuat.

4.3 Pengujian Alat Keseluruhan

Pengujian keseluruhan alat merupakan pengujian ketepatan nilai pada LCD dan monitoring pada aplikasi *blynk*, dan hasil pengujian dilapangan seperti sudut, tegangan, rpm, dan *waterflow*.

4.3.1 Pengujian Monitoring pada *Blynk*

Pengujian dilakukan bertujuan untuk melihat tingkat keakurasian hasil pembacaan LCD dan *blynk*. Pengujian ini mengindikasikan bahwa sistem monitoring melalui aplikasi *Blynk* dapat dijalankan dengan baik. Tampilan pada aplikasi *Blynk* dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4. 6 Tampilan pada *Blynk*

4.3.1 Pengujian Rpm Generator

Sebelum mengimplementasikan generator pada PLTPH dilapangan secara langsung, dilakukan pengujian performa generator terlebih dahulu. Pengambilan data rpm generator dilakukan sebagai data pembanding dengan cara memutar generator dengan mesin bor dengan tujuan dapat diatur kecepatannya. Pengujian rpm generator terhadap tegangan dan juga arus dengan beban $2k\Omega$ ditunjukkan pada gambar 4.2.



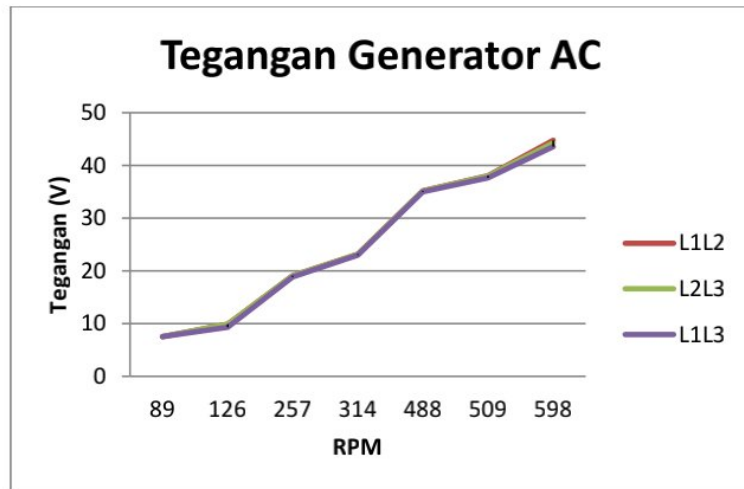
Gambar 4. 7 Pengujian Rpm Generator

Kecepatan putar yang diinginkan yaitu 600 rpm sesuai spesifikasi generator. Hasil pengambilan data menunjukkan bahwa kecepatan 598 rpm menghasilkan tegangan *output* sekitar 45 volt, sesuai dengan spesifikasi yang optimal pada 600 rpm. Kemudian dilakukan pengukuran arus output generator menggunakan beban $2k\Omega$. Hasil data *output* tegangan dan arus generator dapat dilihat pada Tabel 4.6

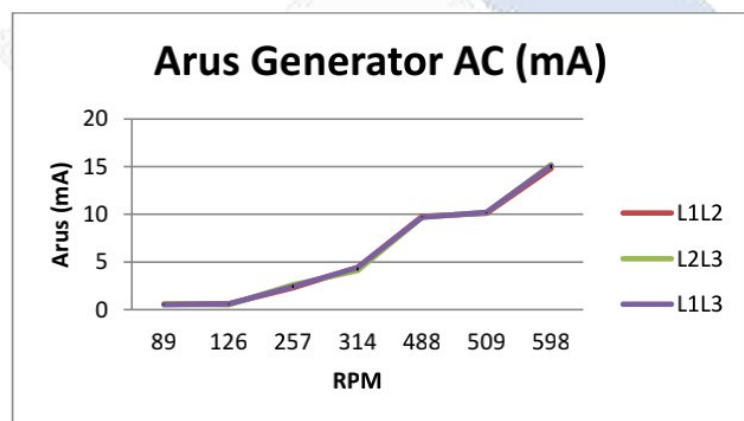
Tabel 4.5 Pengujian RPM Generator

| No | RPM | Tegangan (V) | | | Arus (mA) | | |
|----|-----|--------------|-------|-------|-----------|------|------|
| | | L1L2 | L2L3 | L1L3 | L1L2 | L2L3 | L1L3 |
| 1 | 89 | 7.52 | 7.54 | 7.54 | 0.6 | 0.6 | 0.5 |
| 2 | 126 | 9.90 | 9.88 | 9.33 | 0.6 | 0.5 | 0.6 |
| 3 | 257 | 19.06 | 19.10 | 18.87 | 2.3 | 2.6 | 2.4 |
| 4 | 314 | 23.13 | 23.15 | 23 | 4.4 | 4.1 | 4.4 |
| 5 | 488 | 35.18 | 35.15 | 34.97 | 9.9 | 9.7 | 9.7 |
| 6 | 509 | 38.01 | 38 | 37.63 | 10.1 | 10.2 | 10.2 |
| 7 | 598 | 44.75 | 44.24 | 43.55 | 14.8 | 15.2 | 15.1 |

Dari data pada tabel diatas didapatkan grafik seperti pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4 Grafik menampilkan bahwa nilai tegangan dan juga arus berbanding lurus dengan nilai rpm.



Gambar 4. 8 Grafik Tegangan AC Terhadap Rpm



Gambar 4. 9 Grafik Arus AC Terhadap Rpm

Pada gambar 4.8 dan gambar 4.9 menunjukkan bahwa rpm mempengaruhi tegangan dan arus output generator, saat rpm meningkat maka tegangan dan arus akan semakin tinggi. Beban yang digunakan bernilai tetap. Sehingga meningkatnya nilai arus bukan disebabkan karena beban tetapi perubahan putaran generator.

Lalu dilakukan pengujian keluaran generator AC kemudian disearahkan menggunakan *rectifier* menjadi energi listrik DC. Pengukuran *output* AC dan DC sebagai berikut.



Gambar 4. 10 *Output* Generator AC dan DC

Hasil pengukuran *output* AC dari generator dan DC dari *rectifier* ditampilkan pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 *Output* AC dan DC

| RPM | Tegangan AC | | | Tegangan DC | | |
|-----|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| | Multimeter (V) | | | Multimeter (V) | | |
| | L1N | L2N | L3N | L1N | L2N | L3N |
| 53 | 5.082 | 5.133 | 5.095 | 4.565 | 4.763 | 4.481 |
| 85 | 7.188 | 7.054 | 6.734 | 7.097 | 6.956 | 6.244 |
| 119 | 9.782 | 9.511 | 9.213 | 9.602 | 9.355 | 8.810 |
| 197 | 11.66 | 12.04 | 11.51 | 11.56 | 12.02 | 11.74 |
| 205 | 16.94 | 15.07 | 16.15 | 15.88 | 14.47 | 16.08 |

Dapat dilihat pada tabel 4.6, *output* generator DC setelah disearahkan dengan *rectifier* menurun, lebih kecil daripada inputannya AC, dikarenakan proses penyearahan (*rectification*). Pada dasarnya, *rectifier* mengubah arus bolak-balik

(AC) menjadi arus searah (DC) dengan menghilangkan setengah gelombang atau gelombang penuh dapat menyebabkan kehilangan beberapa tegangan dalam prosesnya. Faktor-faktor seperti drop tegangan dioda, resistansi dalam sirkuit, dan rugi daya dapat terlibat pada penurunan tegangan ini.

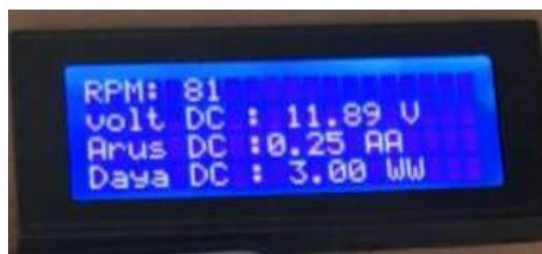
4.3.2 Data Simulasi di Lapangan

Pengambilan data dilakukan dengan mengukur tegangan output generator yang digerakkan oleh turbin *archimedes screw*. Pengambilan data diambil dilokasi kawasan depan kampus Polman Negeri Bangka Belitung, dengan menggunakan mesin robin sebagai sumber aliran arus air. Proses pengujian alat dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut.



Gambar 4. 11 Pengujian Alat

Kemudian gambar hasil pengujian alat keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan 4.13 berikut.



Gambar 4. 12 Pengujian Keseluruhan pada LCD



Gambar 4. 13 Pengujian Keseluruhan pada *Smartphone*

Data hasil simulasi dapat dilihat pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian dengan beban lampu DC 10 Watt

| Sudut (°) | Tegangan (V) | | Arus (A) | | Daya (W) | | RPM | | Flowrate (L/min) |
|--------------|--------------|--------------|----------|--------------|----------|--------|-----|--------|---------------------|
| | LCD | Alat Ukur | LCD | Alat Ukur | LCD | Online | LCD | Online | |
| 55 | 11.89 | 11.88 | 0.25 | 0.25 | 3.00 | 3 | 81 | 81 | 9 |
| | 11.86 | 11.86 | 0.29 | 0.29 | 3.42 | 3.4 | 77 | 77 | 7 |
| | 11.89 | 11.89 | 0.25 | 0.25 | 3.01 | 3 | 71 | 71 | 5 |
| 58 | 11.86 | 11.86 | 0.27 | 0.27 | 3.17 | 3.2 | 62 | 62 | 9 |
| | 11.88 | 11.87 | 0.27 | 0.27 | 3.19 | 3.2 | 56 | 56 | 7 |
| | 11.86 | 11.86 | 0.27 | 0.27 | 3.19 | 3.1 | 50 | 50 | 5 |
| 62 | 11.87 | 11.87 | 0.23 | 0.23 | 2.73 | 2.7 | 56 | 56 | 9 |
| | 11.86 | 11.86 | 0.25 | 0.25 | 2.96 | 2.9 | 46 | 46 | 7 |
| | 11.86 | 11.86 | 0.26 | 0.26 | 3.14 | 3.1 | 42 | 42 | 5 |
| 65 | 11.88 | 11.89 | 0.25 | 0.25 | 3.01 | 3 | 47 | 47 | 9 |
| | 11.85 | 11.85 | 0.28 | 0.28 | 3.31 | 3.3 | 37 | 37 | 7 |
| | 11.89 | 11.89 | 0.25 | 0.25 | 3.03 | 3 | 33 | 33 | 5 |
| 68 | 11.85 | 11.85 | 0.28 | 0.28 | 3.31 | 3.3 | 37 | 37 | 9 |

| | | | | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|---|----|----|---|
| 11.89 | 11.89 | 0.25 | 0.25 | 3.00 | 3 | 24 | 24 | 7 |
| 11.88 | 11.88 | 0.25 | 0.25 | 2.98 | 3 | 20 | 20 | 5 |

Uji coba dilakukan dengan melakukan perubahan sudut sebanyak 5 sudut dengan 3 variasi *flowrate* yaitu 9 L/menit, 7 L/min, dan 5 L/min dengan beban lampu DC 10 watt 12V output yang diukur merupakan keluaran dari *buck-boost converter*. Berdasarkan data hasil pengujian diatas pada tabel 4.7, didapatkan hasil tegangan yang stabil sekitar 11.87 Volt DC sesuai dengan nilai *output buckboost* yang diinginkan. Daya paling besar yaitu 3.42 pada sudut 55 derajat dengan rpm 77, arus yang dihasilkan yaitu 0.29 A. Daya yang dihasilkan rata-rata 3 Watt sesuai rumus perhitungan daya DC yaitu tegangan dikalikan arus. Hasil nilai rpm yang didapatkan hanya sebesar 81 rpm, faktor penyebab rendahnya rpm dikarenakan resistansi pada sistem transmisi dan juga aliran air yang tidak stabil. Lalu semakin meningkatnya nilai *flowrate*, maka nilai rpm semakin naik. Dapat dilihat juga pada tabel diatas setiap perubahan sudut terjadi, nilai rpm semakin menurun, hal ini dikarenakan setiap sudut turbin archimedes screw semakin datar (mendekati horizontal) akan menyebabkan penurunan rpm karena perubahan sudut dapat mempengaruhi efisiensi dan performa turbin, dengan sudut yang lebih rendah air tidak mengalir dengan kecepatan yang optimal melalui turbin. Kemudian untuk hasil akurasi nilai pembacaan sensor ina219 pada lcd dan aplikasi blynk pada pembacaan tegangan dengan *error* 0.016 %, kemudian pembacaan arus dengan presentase *error* 0%, untuk rata-rata presentase *error* pada daya yaitu sebesar 0,80% dan pada sensor rpm antara aplikasi blynk dan nilai pada lcd mempunyai tingkat presentase *error* sebesar 0%.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan setelah merancang dan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) serta melanjutkan dengan proses pengujian, kesimpulan dari data yang diperoleh didapat kesimpulan sebagai berikut:

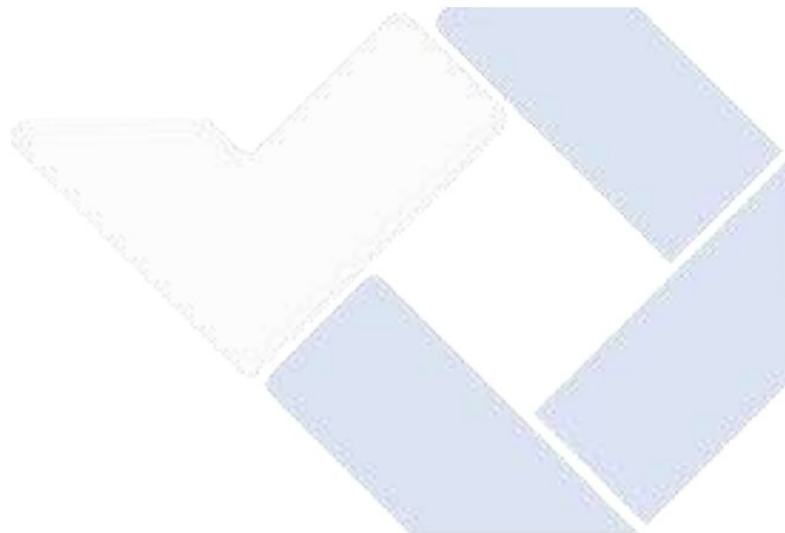
1. Pada hasil pengujian rpm generator menunjukkan nilai tegangan pada saat generator pada kondisi optimal yaitu ± 45 V AC kemudian pada keadaan minimum yaitu ± 8 V AC pada rpm 89.
2. Pengujian dilapangan menggunakan lampu dc 10 watt 12 V menunjukkan hasil nilai tegangan *output* DC paling besar 11.89 Volt dan arus sebesar 3.42 dan putaran rpm paling tinggi yaitu 81 dan *flowrate* 9 L/min.
3. Daya yang dihasilkan hanya sebesar 3.42 pada rpm 77 pada sudut 55° dengan *flowrate* 7L/min.
4. Pengujian real dilapangan menunjukkan ketepatan nilai monitoring IoT pada aplikasi *blynk* dan pada LCD menunjukkan presentase *error* kurang dari 1%.
5. Perubahan nilai sudut dan juga perubahan nilai *flowrate* dapat mempengaruhi nilai rpm pada turbin dan generator.

5.2 Saran

Hasil akhir proyek ini masih memiliki beberapa kekurangan dan memungkinkan untuk dikembangkan lebih lanjut. Berikut adalah beberapa saran yang perlu disampaikan oleh penulis:

1. Mencari tempat yang sesuai untuk pengujian pltph agar dapat menghasilkan putaran yang stabil.
2. Menyempurnakan transmisi pully dan perhitungan agar tidak menghambat aliran air yang akan masuk ke turbin.

3. Menggunakan sensor *waterflow* yang ukurannya sesuai dengan pipa yang digunakan agar pembacaan nilai sensor dapat terbaca secara keseluruhan.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. W. . S. H. S. R. S. F. Siagian, "DISAIN DAN PABRIKASI PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO (PLTPH) KAPASITAS 250 WATT (DC)," *J. Japan Weld. Soc.*, vol. 91, no. 5, pp. 328–341, 2022, doi: 10.2207/jjws.91.328.
- [2] I. Syam, M. I. Maulana, and A. Syuhada, "Design and Performance of Archimedes Single Screw Turbine as Micro Hydro Power Plant with Flow Rate Debit Variations (Case Study in Air Dingin, Samadua - South Aceh)," *J. Inotera*, vol. 4, no. 1, p. 13, 2019, doi: 10.31572/inotera.vol4.iss1.2019.id71.
- [3] P. M. N. B. B. Dherry, Riski. Hairullah. Citra Medeline (Doctoral dissertation, "Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Menggunakan Turbin Archimedes Screw Bilah Lima dengan Sistem Pengontrolan Inlet Air dan Monitoring Berbasis IoT," 2021.
- [4] S. S. Asmara, "STUDI POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO DI ALIRAN SUNGAI SEKITAR BANGUNMULYO, GIRIKERTO, TURI, SLEMAN," *Rev. CENIC. Ciencias Biológicas*, vol. 152, no. 3, p. 28, 2016.
- [5] M. S. Sungkar, G. D. Ramady, A. G. Mahardika, H. Fadriani, and A. H. Mutaqin, "Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Berbasis Kontrol Arduino Uno," *Power Elektron. J. Orang Elektro*, vol. 10, no. 2, p. 91, 2021, doi: 10.30591/polektron.v10i2.2692.
- [6] W. A. Prasetyo, A. Wisaksono, and I. Sulistiyowati, "Google Sheet-based Monitoring of Screw Turbine Pico Hydro Power Plant on Masangan Wetan Village ' s River Flow Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Menggunakan Turbin Ulir Dengan Monitoring Berbasis Google Sheet Pada Aliran Sungai Desa Masangan Wetan," vol. 3, no. December, 2022.

- [7] M. Febiansyah *et al.*, “LAPORAN TUGAS AKHIR / CAPSTONE DESIGN Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro di Embung Pelangi UII Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro di Embung Pelangi UII,” no. 18524077, 2022.
- [8] M. A. Jabar, G. V. Golwa, C. B. Prasetyo, and T. I. Kusuma, “Analisis Efisiensi Keluaran Energi Listrik Prototipe Sistem Pembangkit Tenaga Pico Hydro Menggunakan Jenis Turbin Archimedes-Screw,” *J. Mech.*, vol. 11, no. 2, pp. 36–43, 2020.
- [9] I. G. W. Putra, A. I. Weking, and L. Jasa, “Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, p. 385, 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i03.p13.
- [10] G. Dellinger, S. Simmons, W. D. Lubitz, P. A. Garambois, and N. Dellinger, “Effect of slope and number of blades on Archimedes screw generator power output,” *Renew. Energy*, vol. 136, pp. 896–908, 2019, doi: 10.1016/j.renene.2019.01.060.
- [11] P. Akhir, “Optimalisasi Kinerja Archimedes Screw Turbine Menggunakan Sistem Transmisi Terhadap Output Daya (Watt) Tahun 2022,” 2023, [Online]. Available: [http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/797/1/Proyek Akhir Fikri.pdf](http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/797/1/Proyek%20Akhir%20Fikri.pdf)
- [12] S. Mustopa, G. R. Furqon, and A. Sidiq, “Pengaplikasian Generator Untuk Turbin Angin Savonius Sebagai Pembangkit Listrik Median Penerangan Jalan,” *PhD Thesis. Univ. Islam Kalimantan MAB.*, 2022.
- [13] P. Akhir, “Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air (Plta),” 2023.
- [14] A. Atmam, E. Zondra, and M. Monice, “Analisis Pengaruh Perubahan Tegangan Dan Frekuensi Sumber Terhadap Tegangan Keluaran Rectifier,” *Pros. Semin. Nas. Pakar*, pp. 1–6, 2020, doi: 10.25105/pakar.v0i0.6786.

- [15] Ibrahim, "Bangka Belitung:," *Elect. Dyn. Indones.*, pp. 87–101, 2018, doi: 10.2307/j.ctv1xxzz2.11.
- [16] D. T. O. Z. B. S. R. S. G. M. S. P. Shanskar Rai, "IRJET- IoT based Remote Lock System using ESP-32 Microcontroller," *Irjet*, vol. 8, no. 7, pp. 3845–3849, 2021.
- [17] Imam Setyawan & Bambang Suprianto, "Rancang Bangun Prototype Solar Cell Buck Boost Converter Menggunakan Kontrol Fuzzy Di Implementasikan Pada Aerator Tambak Udang," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 3, pp. 627–635, 2019.
- [18] D. Amalia Azahra, P. Waskita, I. Made Andik Setiawan, and Z. Saputra, "Stasiun Pengisian Mobil Listrik Berbasis Panel Surya," *Pros. Semin. Nas. Inov. Teknol. Terap.*, vol. 2, no. 2, pp. 273–280, 2022, [Online]. Available: <https://snitt.polman-babel.ac.id/index.php/snitt/article/view/335>
- [19] F. Fajri and M. Rizkia, "Prototype Sistem Kontrol Dan Monitoring Pergerakan Wiper, Starter, Dan Kaca Jendela Pada Mobil Listrik Menggunakan Perintah Suara Dengan Sensor Bluetooth Dan Wifi Berbasis Iot," 2022.
- [20] M. Zuhri and H. Okselia, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK BERBASIS IOT PROYEK AKHIR Laporan akhir ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung Disusun Oleh," 2021.
- [21] F. C. H. Prasetyo, Aldy Putra, Budhi Irawan, "Implementasi Sistem Kontrol Dan Pemantauan Daya Listrik Berbasis IoT Di Desa Tambolusu , Kabupaten Konawe , Provinsi Sulawesi Tenggara," vol. 10, no. 1, pp. 410–418, 2023.
- [22] B. Wara and Kurniawan, "Sistem Proteksi Dan Monitoring Keseimbangan Phase 3 Pada Panel Distribusi Berbasis Iot," pp. 1–85, 2021.

- [23] A. Ummihani and R. Afreza, "Sistem Kontrol Dan Monitoring Pembangkit Tahun 2022," 2022.
- [24] C. Shafa Ede Akasid Falrul Rosyid, M. Sc Penguji, and P. Silalahi, "LEMBAR PENGESAHAN PROTOTYPE SMART BATHROOM BERBASIS ARDUINO MENGENAI MONITORING PENGGUNAAN AIR (NENGGUNAKAN ALIRAN) Oleh: Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan Program Diploma III Politeknik Manuf," pp. 1–208, 2018.
- [25] M. I. Alfitroh and H. K. Wardana, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Kecepatan Putar Turbin dan Suhu Berbasis IoT Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Mini Skala Laboratorium," *Rekayasa*, vol. 16, no. 1, pp. 9–16, 2023, doi: 10.21107/rekayasa.v16i1.16580.
- [26] E. W. Saputro, "Single Axis Water Heater Parabolic Menggunakan Kolektor Model Spiral BANGKA BELITUNG," 2023.
- [27] Z. Saputra, "PENGEMBANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO MEMANFAATKAN TURBIN ARCHIMEDES SCREW BILAH LIMA SKALA LABORATORIUM," 2022.
- [28] E. Saefudin, T. Kristyadi, M. Rifki, and S. Arifin, "Turbin Screw Untuk Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro Ramah Lingkungan," *J. Rekayasa Hijau*, vol. 1, no. 3, pp. 233–244, 2018, doi: 10.26760/jrh.v1i3.1775.

LAMPIRAN 1
DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Diah Ambarwati Pratomo
Tempat & tanggal lahir : Pangkalpinang, 30 Maret 2002
Alamat Rumah : Jalan Kayu Putih Gg. Malio 1,
Pangkalpinang
Telp : -
HP : 081278960352
Email : diahambarwati327@gmail.com
Jenis kelamin : Perempuan
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

| | |
|----------------------------|-----------|
| MI Al-Ukhuwah Lepar Pongok | 2008-2010 |
| SD Negeri 40 Pangkalpinang | 2010-2014 |
| SMP Negeri 9 Pangkalpinang | 2014-2017 |
| SMK Negeri 2 Pangkalpinang | 2017-2020 |

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Raya Fahreza

Tempat & tanggal lahir : Tanjung Pinang, 22 Februari 2002

Alamat Rumah : Jalan Raya Kelapa Timur, Bangka Barat

Telp : -

HP : 083162861910

Email : rayaforever85@gmail.com

Jenis kelamin : Laki-laki

Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

| | |
|-------------------------------|-----------|
| TK Al-Madinah | 2007 |
| SD Negeri 003 Tanjung Pinang | 2008-2014 |
| SMP Negeri 007 Tanjung Pinang | 2014-2017 |
| SMK Negeri 3 Tanjung Pinang | 2017-2020 |

LAMPIRAN 2

PROGRAM

```
/******  
*           PROJECT TUGAS AKHIR  
*   PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO  
ARCHIMEDES SCREW  
*           INTERNET OF THINGS  
*****/  
  
// Definisi informasi template Blynk  
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6ghEkT9FK"  
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Pikohidro Archimedes Screw IOT"  
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "fi8UkVnfQhmZeVUPmaAavuGEXqAM-  
UBH"  
  
// Versi firmware dan konfigurasi Blynk  
#define BLYNK_FIRMWARE_VERSION "0.1.0"  
#define BLYNK_PRINT Serial  
  
// Konfigurasi untuk debug dan penggunaan ESP32 Dev Module  
#define APP_DEBUG  
#define USE_ESP32_DEV_MODULE  
  
// Libraries yang digunakan  
#include <WiFi.h>  
#include <WiFiClient.h>  
#include <BlynkSimpleEsp32.h>  
#include <Wire.h>  
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
```

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <PZEM004Tv30.h>
#include <Adafruit_INA219.h>

// Objek dan instance untuk sensor dan LCD
Adafruit_INA219 ina219;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);

// Konfigurasi WiFi dan Password
const char ssid[] = "Arcimedes";
const char pass[] = "pikopibro";

// Konfigurasi Sensor Water Flow
const int FlowWater_Sensor = 23;
volatile byte pulseCount;
float calibrationFactor = 4.5;
float flowRate;
unsigned int flowMilliLitres;
unsigned long totalMilliLitres;
unsigned long currentMillis = 0;
unsigned long previousMillis = 0;
const int interval = 1023;

// Konfigurasi Sensor Current Rpm
const int hallSensorPin = 26;
unsigned long lastTime = 0;
volatile int rpmCount = 0;
volatile boolean rpmFlag = false;

// Konfigurasi Sensor Pzem004Tv30
#define RXD2 16
```

```

#define TXD2 17
PZEM004Tv30 pzem(Serial2, TXD2, RXD2);

// Variabel untuk menyimpan nilai tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan
faktor daya
float voltage;
float current;
float power;
float energy;
float frequency;
float pf;

// Konfigurasi Relay
#define RELAY_PIN 19
bool relayState = false;
const float batteryVoltageLimit = 13.2;

BlynkTimer timer;

// Fungsi untuk membaca sensor water flow
void Read_Waterflow() {
    currentMillis = millis();
    if (currentMillis - previousMillis > interval) {
        unsigned int pulse1Sec = pulseCount;
        pulseCount = 0;
        flowRate = ((1000.0 / (currentMillis - previousMillis)) * pulse1Sec) /
calibrationFactor;
        previousMillis = currentMillis;
        flowMilliLitres = (flowRate / 60) * 1000;
        totalMilliLitres += flowMilliLitres;
    }
}

```

```

// Output ke Serial Monitor
Serial.println("");
Serial.println(" Sensor Waterflow Monitoring Blynk ");
Serial.print("Flow rate: ");
Serial.print(int(flowRate));
Serial.print(" L/min\t");
Serial.print("Output Liquid Quantity: ");
Serial.print(totalMilliLitres);
Serial.print(" mL / ");
Serial.print(totalMilliLitres / 1000);
Serial.println(" L");
Serial.println("");

// Kirim data Waterflow ke App Blynk/Web Cloud
Blynk.virtualWrite(V0, totalMilliLitres);

// Tampilkan data di LCD
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Flow rate: ");
lcd.print(totalMilliLitres);
lcd.print(" mL/");
lcd.print(totalMilliLitres / 1000);
lcd.print(" L");
}
}

// Fungsi untuk menghitung pulsa sensor RPM
void pulseCounter() {
  pulseCount++;
}

```

```

// Fungsi untuk membaca sensor RPM
void Read_Rpm() {
  if (rpmFlag) {
    unsigned long currentTime = millis();
    unsigned long elapsedTime = currentTime - lastTime;
    if (elapsedTime >= 1000) {
      int rpm = (rpmCount / 1) * 60;

      // Output ke Serial Monitor
      Serial.println("");
      Serial.print("RPM: ");
      Serial.println(rpm);

      // Kirim data RPM ke App Blynk/Web Cloud
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("RPM: ");
      lcd.print(rpm);
      Blynk.virtualWrite(V1, rpm);

      rpmCount = 0;
      lastTime = currentTime;
    }

    rpmFlag = false;
  } else {
    unsigned long currentTime = millis();
    unsigned long elapsedTime = currentTime - lastTime;

    if (elapsedTime >= 1000) {
      rpmCount = 0;
      lastTime = currentTime;
    }
  }
}

```

```

    }
  }
}

// Fungsi interrupt untuk sensor RPM
void rpm_ISR() {
  rpmCount++;
  rpmFlag = true;
}

// Fungsi untuk membaca sensor Pzem004Tv30
void Read_Pzem004Tv30() {
  voltage = pzem.voltage();
  current = pzem.current();
  power = pzem.power();
  energy = pzem.energy();
  frequency = pzem.frequency();
  pf = pzem.pf();

  // Output ke Serial Monitor
  Serial.println("");
  Serial.println(" Sensor PZEM-004Tv30 Monitoring Blynk ");
  Serial.print("voltage "); Serial.print(voltage, 2); Serial.println(" V");
  Serial.print("Current: "); Serial.print(current, 3); Serial.println(" A");
  Serial.print("Power: "); Serial.print(power, 3); Serial.println(" W");
  Serial.print("Energy: "); Serial.print(energy, 3); Serial.println(" Wh");
  Serial.print("Frequency: "); Serial.print(frequency); Serial.println(" Hz");
  Serial.print("Power Factor: "); Serial.print(pf);
  Serial.println("");

  // Tampilkan data di LCD

```

```

lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("Arus Ac: ");
lcd.print(current);
lcd.print(" mA");

// Log event dan notifikasi kondisi sensor Pzem-004Tv30 Blynk Internet Of
Things 2.0V
if (voltage < 227.00) {
  Blynk.logEvent("pzem004tv30", String("Kondisi Tegangan AC Anda Di
Bawah: ") + voltage);
}
if (power > 50.00) {
  Blynk.logEvent("pzem004tv30", String("Daya AC Anda Sekarang Melebihi:
") + power);
}
if (current > 50.00) {
  Blynk.logEvent("pzem004tv30", String("Kondisi Arus AC Saat Ini: ") +
current);
}

// Kirim data sensor Pzem004Tv30 ke App Blynk/Web Cloud
Blynk.virtualWrite(V2, voltage);
Blynk.virtualWrite(V3, current);
Blynk.virtualWrite(V4, power);
Blynk.virtualWrite(V5, energy);
Blynk.virtualWrite(V6, frequency);
Blynk.virtualWrite(V7, pf);
}

// Fungsi untuk membaca sensor Ina219I2C
void Read_Ina219I2C() {

```

```

float shuntVoltage = 0;
float busVoltage = 0;
float current_mA = 0;
float loadVoltage = 0;
float power_W = 0;

shuntVoltage = ina219.getShuntVoltage_mV();
busVoltage = ina219.getBusVoltage_V();
current_mA = ina219.getCurrent_mA();

loadVoltage = busVoltage + (shuntVoltage / 1000.0);
power_W = loadVoltage * (current_mA / 1000.0);

// Output ke Serial Monitor
Serial.println("Sensor Ina219 Monitoring Blynk");
Serial.print("Bus Voltage: ");
Serial.print(busVoltage); Serial.println(" V");
Serial.print("Shunt Voltage: ");
Serial.print(shuntVoltage); Serial.println(" mV");
Serial.print("Load Voltage: ");
Serial.print(loadVoltage); Serial.println(" V");
Serial.print("Current: ");
Serial.print(current_mA); Serial.println(" mA");
Serial.print("Power: ");
Serial.print(power_W); Serial.println(" W");
Serial.println("");

// Tampilkan data di LCD
lcd.setCursor(0, 3);
lcd.print("Arus Dc: ");
lcd.print(current_mA, 2);

```



```

lcd.print(" mA");

// Log event dan notifikasi kondisi sensor Ina219 Blynk Internet Of Things
2.0V
if (busVoltage < 12.00) {
    Blynk.logEvent("ina219_current_sensor", String("Kondisi Tegangan DC
Anda Saat Ini Berada Di Atas: ") + busVoltage);
}
if (power_W > 50.00) {
    Blynk.logEvent("ina219_current_sensor", String("Daya DC Anda Sekarang
Melebihi: ") + power_W);
}
if (current_mA > 50.00) {
    Blynk.logEvent("ina219_current_sensor", String("Pada Kondisi Arus DC
Anda Saat Ini: ") + current_mA);
}

// Kirim data sensor Ina219 ke App Blynk/Web Cloud
Blynk.virtualWrite(V8, busVoltage);
Blynk.virtualWrite(V9, current_mA);
Blynk.virtualWrite(V10, power_W);
}

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial2.begin(9600);
    ina219.setCalibration_32V_2A();
    ina219.begin();
    Wire.begin();

    // Konfigurasi koneksi Blynk ke WiFi

```

```

Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass, "blynk.cloud", 80);
lcd.init();
lcd.backlight();
WiFi.begin(ssid, pass);

// Tunggu sampai terhubung ke WiFi
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(1000);
  Serial.println("Connecting to WiFi...");
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.print("Connecting to WiFi");
  delay(3000);
  lcd.clear();
}

Serial.println("WiFi Connected");
lcd.setCursor(3, 1);
lcd.print("WiFi Connected");
delay(3000);
lcd.clear();

// Tampilan splash screen pada LCD
lcd.setCursor(2, 0);
lcd.print("SYSTEM PEMBANGKIT");
lcd.setCursor(3, 1);
lcd.print("LISTRIK TENAGA");
lcd.setCursor(0, 2);
lcd.print("PIKOHIDRO ARCHIMEDES");
lcd.setCursor(6, 3);
lcd.print("SCREW IOT");
delay(5000);

```

```

lcd.clear();

// Konfigurasi interrupt dan sensor
uint32_t currentFrequency;
pinMode(FlowWater_Sensor, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(FlowWater_Sensor),    pulseCounter,
FALLING);
pulseCount = 0;
flowRate = 0.0;
flowMilliLitres = 0;
totalMilliLitres = 0;
pinMode(hallSensorPin, INPUT_PULLUP);
attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(hallSensorPin), rpm_ISR, RISING);

// Konfigurasi relay
pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
}

void loop() {
// Jalankan Blynk dan BlynkTimer
Blynk.run();
timer.run();

// Baca data dari sensor
Read_Waterflow();
Read_Rpm();
Read_Pzem004Tv30();
Read_Ina219I2C();

// Tunda selama 1 detik

```

```

delay(1000);

// Matikan relay jika tegangan baterai tinggi
if (voltage > batteryVoltageLimit && relayState) {
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
    relayState = false;
    Serial.println("Relay deactivated (charging stopped) due to high battery
voltage");
    Blynk.virtualWrite(V11, 0);
}
}

// Fungsi untuk menghandle perubahan status relay dari Blynk App
BLYNK_WRITE(V11) {
    int buttonState = param.asInt();
    if (buttonState == 1 && relayState == 0) {
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
        Serial.println("Relay diaktifkan (charging)");
        relayState = 1;
    } else if (buttonState == 0 && relayState == 1) {
        digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
        Serial.println("Relay dimatikan (charging stopped)");
        relayState = 0;
    }
}
}

```