

PENERAPAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN UNTUK PENERANGAN LAMPU
JALAN DI PESISIR PANTAI SECARA OTOMATIS 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 :

Deni Azharry

NIM : 1052138

Firly Maulina

NIM : 1052141

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

JUDUL PROYEK AKHIR
PENERAPAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN UNTUK
PENERANGAN LAMPU JALAN DI PESISIR PANTAI SECARA
OTOMATIS BERBASIS IOT

Oleh :

Deni Azharry
Firly Maulina

NIM : 1052138
NIM : 1052141

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

Menyetujui,

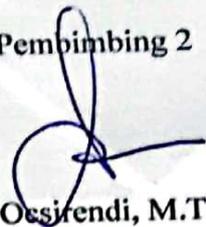
Pembimbing 1


Eko Sulistyono, M.T

Penguji 1


Yudhi, M.T

Pembimbing 2


Ossirendi, M.T

Penguji 2


Indra Dwisaputra, M.T

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Deni Azharry NIM : 1052138
Nama Mahasiswa 2 : Firly Maulina NIM : 1052141

Dengan Judul : PENERAPAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN UNTUK
PENERANGAN LAMPU JALAN DI PESISIR PANTAI SECARA
OTOMATIS BERBASIS *IOT*

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

Sungailiat, 24 Juli 2024

Nama Mahasiswa

Tanda tangan

1. Deni Azharry



2. Firly Maulina



ABSTRAK

Pantai Teluk Uber di Bangka Belitung terkenal dengan keindahan alamnya yang memukau, namun tidak dapat dinikmati pada malam hari karena ketiadaan listrik. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengusulkan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) berbasis Internet of Things (IoT) di pesisir pantai. PLTB ini memanfaatkan angin untuk menghasilkan listrik, yang dapat dikontrol dan dimonitoring melalui smartphone. Sistem ini menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai pengontrol utama dan NodeMCU ESP8266 sebagai modul pengirim data melalui jaringan internet secara real-time. Data yang dimonitoring mencakup kapasitas baterai, tegangan dan arus keluaran generator, serta kecepatan angin. Tegangan output dari buck boost converter diatur menjadi 15 volt untuk pengisian baterai, dengan solar charger controller yang secara otomatis menghentikan pengisian saat baterai penuh. PLTB berbasis IoT ini dirancang untuk memudahkan pemantauan dan kontrol kondisi pembangkit tanpa perlu pemeriksaan langsung di lapangan, memungkinkan deteksi dini terhadap kemungkinan kerusakan. Sistem penerangan pesisir Pantai Teluk Uber memiliki presentasi error sebesar 2%. Sistem monitoring berfungsi dengan baik dan dapat dimonitoring secara realtime dan tersimpan di spreadsheet.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Angin, IoT, Website, Spreatsheet

ABSTRACT

Teluk Uber Beach in Bangka Belitung is famous for its stunning natural beauty, but it cannot be enjoyed at night due to the absence of electricity. To overcome this problem, this study proposes the construction of an Internet of Things (IoT)-based Wind Power Plant (PLTB) on the coast. This PLTB uses wind to generate electricity, which can be controlled and monitored through a smartphone. The system uses an Arduino Mega 2560 as the main controller and a NodeMCU ESP8266 as a module that sends data through the internet network in real-time. The monitored data includes battery capacity, generator output voltage and current, and wind speed. The output voltage of the buck boost converter is set to 15 volts for battery charging, with the solar charger controller automatically stopping charging when the battery is full. This IoT-based PLTB is designed to facilitate monitoring and control of plant conditions without the need for direct inspection on the field, allowing early detection of possible damage. The Uber Bay Coastal Lighting System has an error rate of 2%. The monitoring system is functioning well and can be monitored in real time and stored in a spreadsheet.

Keywords :Wind Power Plant, IoT, Website, Spreadsheets

KATA PENGANTAR

Selamat Pagi ,Salam Sejahtera untuk kita semua

Segala puji bagi Tuhan , puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan KasihNya penulis dapat menyelesaikan Laporan Proyek Akhir ini untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan pada Program Studi D-IV Teknik Elektro dan Informatika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Penulis menyadari bahwa Laporan Proyek Akhir ini masih terdapat banyak kesalahan dan jauh dari kata sempurna, baik dari segi penyusunan maupun penulisannya. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun ke arah perbaikan dan penyempurnaan laporan ini.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak yang telah membantu pada saat berlangsungnya Proses Pengerjaan Proyek Ahir dan dalam proses penyusunan laporan ini, di antaranya:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala nikmat dan karunia yang telah diberikan kepada penulis.
2. Kepada Kedua Orang Tua dan Keluarga penulis yang selalu memberikan dukungan dan bantuan positif baik secara moral maupun materi.
3. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
4. Bapak Eko Sulisty, M.T., selaku pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan pikiran dalam proses pengerjaan proyek akhir dan penyusunan laporan proyek akhir ini
5. Bapak Ocsirendi, M.T., selaku pembimbing II yang telah memberikan saran dan masukan dalam proses pengerjaan proyek akhir dan penyusunan laporan proyek akhir ini.
6. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T., selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro dan Informatika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
7. Bapak Indra Dwisaputra, M.T., selaku Ka. Prodi D-IV Teknik Elektronika

Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

8. Seluruh Staf pengajar di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
9. Rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dan mendukung penulis dalam proses pengerjaan proyek akhir dan penyusunan laporan proyek akhirini.

Penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan yangtelah dilakukan oleh semua pihak yang telah membantu penulis, semoga laporan yang penulis susun ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

Sungailiat, 24 Juli 2024

Hormat Kami,

Penulis

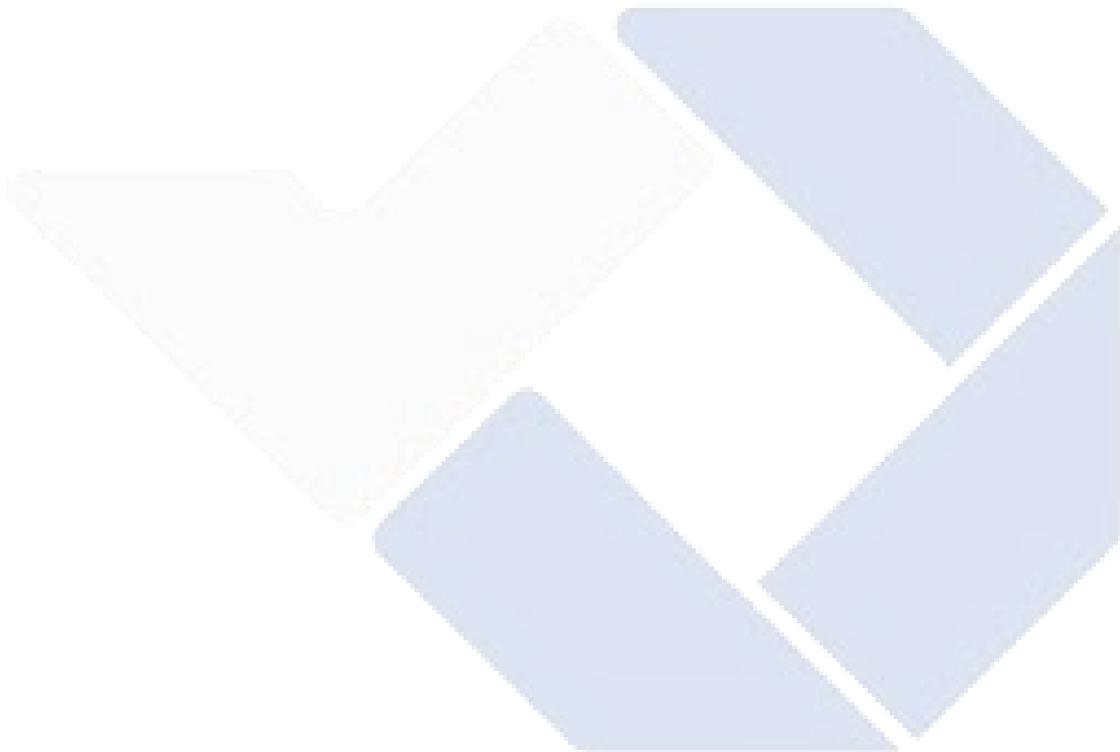
DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	1
LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	ii
ABSTRAKiii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan.....	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batas Masalah.....	3
1.5 Mamfaat.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Penelitian Terkait.....	4
2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Angin.....	6
2.3 Energi Angin	6
2.4 Turbin Angin7
2.5 Generator	9
2.6 Baterai (ACCU).....	11
2.7 <i>Solar Charger Controller (SCC)</i>	11
2.8 Sensor	13
2.9 Sensor INA219	13
2.10 Sensor BH1750.....	14
2.11 Sensor Anemometer	15
2.12 <i>Buck Boost Converter</i>	16
2.13 Step Down LM259617
2.14 Arduino Mega 2560.....	.18

2.15	Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis <i>IoT</i>	19
2.16	<i>Internet of Things</i>	19
2.17	Node MCU ESP8266	20
2.18	Mit App Invertor.....	22
2.19	<i>Website</i>	23
BAB III METODE PELAKSANAAN		25
3.1	Pengelolaan dan Pengumpulan Data	27
3.2	Perancangan <i>Software</i> dan <i>Hardware</i>	27
3.2.1	Perancangan <i>Hardware</i>	27
3.2.2	Perancangan <i>Software</i>	28
3.3	Pembuatan <i>Hardware</i> dan <i>Software</i>	29
3.3.1	Pembuatan <i>Hardware</i>	29
3.3.2	Pebuatan <i>Software</i>	29
3.4	Pengujian <i>Hardware</i> dan <i>Software</i>	30
3.4.1	Pengujian <i>Software</i>	30
3.4.2	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	30
3.5	Analisa Data	30
3.6	Pembuatan Makalah Proyek Akhir.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		32
4.1	Deskripsi Alat.....	32
4.2	Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware</i> Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis <i>IoT</i>	32
4.3	Perancangan <i>Hardware</i> Secara Mekanik	32
4.4	Pembuatan <i>Hardware</i> Secara Mekanik	34
4.5	Perancangan dan Pembuatan <i>Hardware</i> Elektrik.....	34
4.6	Pengujian Generator Tanpa Beban	35
4.7	Pengujian Baterai Menggunakan Beban	36
4.8	Pengujian Rpm Generator	38
4.9	Pengujian Pengisian Baterai (ACCU)	39
4.10	Pengujian Pengosongan Baterai (ACCU)	40
4.11	Pengujian Sistem Secara Keseluruhan	42
BAB V PENUTUP.....		45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA		46

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Pengujian generator tanpa beban.....	35
Tabel 4. 2 Pengujian baterai tanpa beban lampu	36
Tabel 4. 3 Pengujian baterai dengan beban lampu	37
Tabel 4. 4 Pengujian Rpm Generator	38
Tabel 4. 5 pengujian pengisian baterai.....	39
Tabel 4. 6 pengujian pengosongan baterai	41
Tabel 4. 7 pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	42



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Rancang Bangun Alat Monitoring Output Modul PLTB.....	5
Gambar 2. 2 Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik	5
Gambar 2. 3 Design of Savonius model wind turbine for power catchment [4].....	7
Gambar 2. 4 Turbin Angin	10
Gambar 2. 5 Generator DC	12
Gambar 2. 6 Baterai (ACCU).....	13
Gambar 2. 7 Solar Charge Controller	14
Gambar 2. 8 Sensor INA219	14
Gambar 2. 9 Sensor BH1750	15
Gambar 2. 10 Sensor Anemometer	18
Gambar 2. 11 Buck Boost Converter	17
Gambar 2. 12 Step Down LM2596	18
Gambar 2. 13 Arduino Mega 2560	19
Gambar 2. 14 Node MCU Esp8266	24
Gambar 2. 15 Tampilan Mit App Inventor	23
Gambar 2. 16 Tampilan Spreadsheet	24
Gambar 3. 1 Flowchart tahap Pelaksanaan Proyek Akhir	26
Gambar 3. 2 Rancang Hardware elektrik penerapan pembangkit listrik tenaga angin untuk penerangan lampu jalan dipesisir pantai secara otomatis berbasis IoT.....	28
Gambar 4. 1 Desain penerapan pembangkit listrik tenaga angin untuk penerangan lampu jalan dipesisir pantai secara otomatis berbasis IoT secara keseluruhan.....	33
Gambar 4. 2 Gambar tampak depan box komponen.....	33
Gambar 4. 3 Hardware elektrik sistem kontrol pembangkit listrik tenaga listrik tenaga angin untuk penerangan lampu jalan.....	34
Gambar 4. 4 Skema pengkabelan sistem kontrol pembangkit listrik tenaga angin untuk penerangan lampu jalan dipesisir pantai berbasis IoT	34
Gambar 4. 5 Pengujian generator tanpa menggunakan beban	36
Gambar 4. 6 Pengujian baterai tanpa beban lampu	37
Gambar 4. 7 Pengujian Baterai menggunakan beban lampu	38
Gambar 4. 8 Pengukuran RPM manual menggunakan Voltmeter	39
Gambar 4. 9 Pengukuran RPM alat menggunakan Tachometer	39

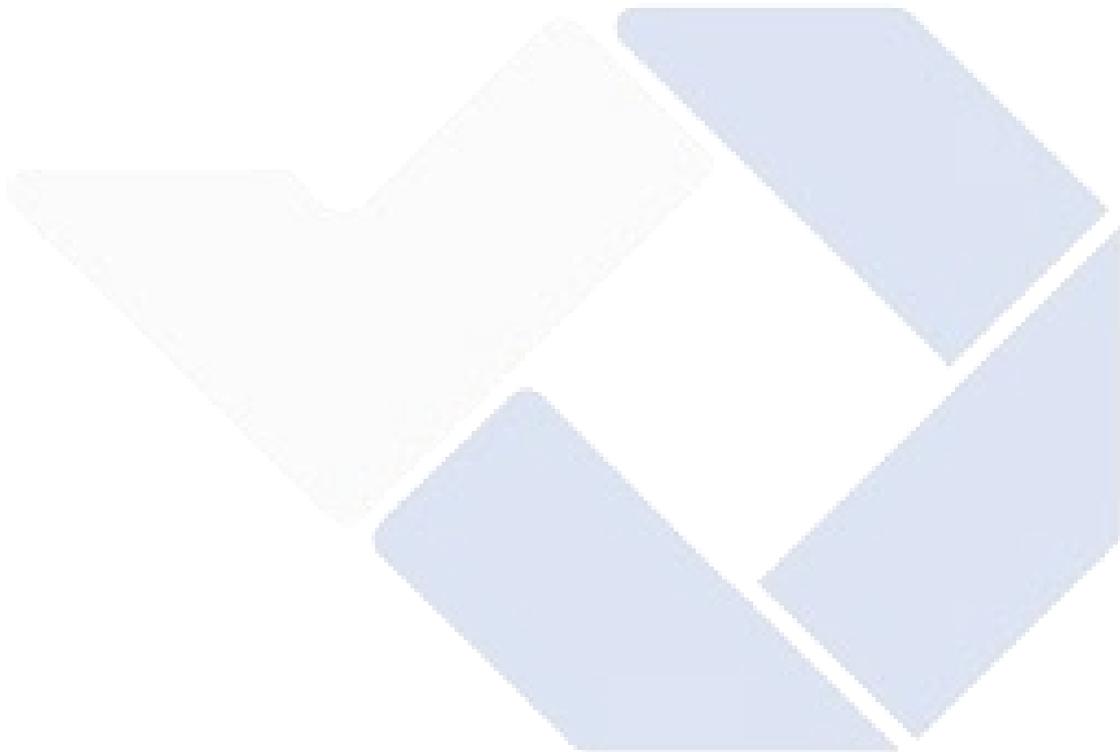
Gambar 4. 10 Pengujian pengosongan baterai 42
Gambar 4. 11 Monitoring data melalui smartphone 43
Gambar 4. 12 Gambar Pembangkit Listrik Tenaga Angin Secara Keseluruhan..... 44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup

Lampiran 2 : Kode Pemograman



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pantai Teluk Uber merupakan salah satu destinasi pantai yang indah yang ada di Bangka Belitung. Pantai ini dikenal karena pesona alamnya yang luar biasa dan kejernihan air lautnya. Dengan pasir putih yang lembut dan air laut berwarna biru kehijauan yang jernih, Pantai Teluk Uber menawarkan pemandangan yang mempesona. Akan tetapi keindahan pantai Teluk Uber tidak bisa kita rasakan pada malam hari. Dikarenakan tidak adanya listrik di daerah tersebut sehingga tidak ada penerangan pada malam hari. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi alternatif untuk mengatasi masalah tersebut. Penelitian ini mengusulkan pembuatan PLTB menggunakan sistem *IoT* yang diletakkan di daerah pesisir pantai dengan tujuan agar keindahan pantai Teluk Uber tersebut bisa kita rasakan juga pada malam hari dengan menggunakan angin yang ada terus-menerus di alam.

Penggunaan turbin angin bisa diterapkan dengan membangun PLTB yang bisa dikendalikan atau dipantau dengan bantuan smartphone menggunakan teknologi *IoT* yang telah berkembang pesat. Hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk penerangan pesisir pantai agar keindahan pantai ketawai juga bisa kita rasakan pada malam hari dengan memanfaatkan energi angin alami, yang dapat dikontrol dan *monitoring* dari jarak jauh. Penelitian yang serupa yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [2], proses pembuatan alat pengukur output Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) menggunakan sistem data logger dijelaskan. Sensor INA219 diterapkan untuk pengukuran arus dan tegangan, sementara mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai pengontrol, penghubung, dan pengirim data ke laptop. Data dibaca secara real-time melalui software PLXdaq. Data arus dan tegangan yang dikirim melalui PLXdaq menunjukkan kesalahan yang tidak lebih dari 1%. Menurut penelitian oleh [3], turbin angin Savonius digunakan sebagai sumber energi listrik. Prototipe

pembangkit ini menggunakan aki untuk menyimpan energi yang dihasilkan, sehingga dapat digunakan untuk mengoperasikan beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kecepatan angin rata-rata 5,6 m/s, tegangan pengisian mencapai 12,6 volt dengan arus 0,12 ampere. Pada kecepatan angin rata-rata 5,4 m/s, arus 0,12 ampere menghasilkan tegangan masuk sebesar 12,5 volt. Baterai berkapasitas 12 volt 3,5 Ah memerlukan waktu 29 jam untuk terisi penuh, dan dapat bertahan selama 15 jam dengan lampu DC 10 watt atau 38 jam dengan lampu DC 5 watt. Dalam penelitian oleh [4], pengontrol untuk turbin angin Savonius dikembangkan. Pengendalian kecepatan angin menggunakan ESP8266, yang mengintegrasikan teknologi Internet of Things (IoT), bersama dengan rangkaian AC dan DC untuk meningkatkan stabilitas kinerja energi angin. Parameter yang dipantau meliputi kecepatan angin, arus, tegangan, dan daya menggunakan ESP8266. Kecepatan angin sebesar 7,8 MPH menghasilkan tegangan keluaran dan arus maksimum sebesar 1,10V dan 4,321 μ A. Aplikasi Blynk digunakan untuk memantau kinerja turbin dengan lebih tepat dan efisien.

Berdasarkan tinjauan terhadap beberapa penelitian sebelumnya, alat yang ada hanya dapat memantau tegangan baterai, putaran rpm generator, dan kecepatan angin. Oleh karena itu, kami melakukan pengembangan dengan menambahkan sensor LDR untuk mendeteksi kondisi lampu, yang akan ditampilkan saat proses monitoring melalui smartphone. Dengan tambahan ini, diharapkan alat ini dapat mengatasi masalah penerangan di pesisir pantai Ketawai pada malam hari.

1.2. Rumusan masalah

Permasalahan yang dapat diambil dalam proyek akhir adalah sebagai berikut :

- Bagaimana cara membuat atau merancang konstruksi Pembangkit Listrik Tenaga Angin tersebut?
- Bagaimana cara mengukur kecepatan angin menggunakan sensor anemometer?

- Bagaimana cara mengukur tegangan dan arus menggunakan sensor INA219?
- Bagaimana cara me-monitoring keseluruhan berbasis IoT menggunakan smartphone dengan MIT App Inventor?

1.3. Tujuan

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, tujuan dari penelitian ini adalah:

- Membuat konstruksi atau rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin
- Membuat rancang bangun system Pembangkit Listrik Tenaga Angin untuk mengukur kecepatan angin.
- Membuat rancang bangun system Pembangkit Listrik Tenaga Angin untuk mengukur tegangan dan arus keluaran generator dan baterai.
- Membuat aplikasi berbasis IoT dengan MIT App Inventor yang dapat me-monitoring secara *real time* menggunakan smartphone.

1.4. Batasan masalah

Pada penelitian ini, penulis membatasi masalah utama sebagai berikut:

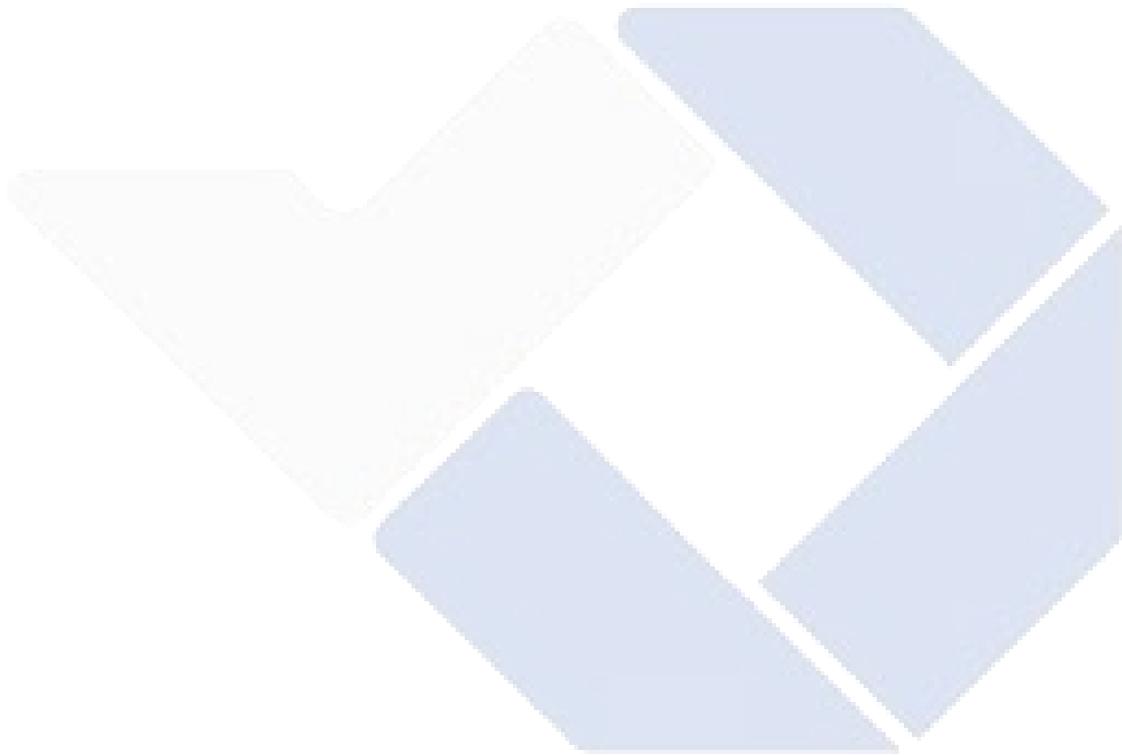
- Proyek ini dibatasi oleh kondisi cuaca dan angin yang ada di lokasi penelitian. Tidak mencakup analisis atau solusi untuk kondisi cuaca ekstrem atau tidak terduga.
- Terbatas pada jumlah tertentu lampu jalan yang akan diterangi oleh sistem ini.
- Proyek ini hanya mencakup implementasi dalam skala terbatas penerangan untuk area yang lebih luas atau lebih banyak lampu jalan.

1.5. Manfaat

Manfaat yang dapat diambil dalam proyek akhir ini adalah :

- Meminimalisir biaya yang dikeluarkan untuk penerangan jalan di pesisir pantai pada malam hari.
- Mempermudah untuk melakukan pengontrolan dan *monitoring* dari jarak

jauh terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan menggunakan *smartphone*.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Penelitian Terkait

Berikut ini merupakan beberapa penelitian sebelumnya sudah pernah dilakukan dan berkaitan dengan proyek akhir ini :

- Penelitian yang dilakukan oleh [2] “Rancang Bangun Alat Monitoring Output Modul PLTB Berbasis Data Logger”. Penelitian ini menggunakan sensor INA219 untuk mengukur arus dan tegangan, sementara mikrokontroler arduino uno digunakan sebagai pengontrol data, penghubung, dan pengirim hasil pengukuran ke laptop.



Gambar 2. 1 Rancang Bangun Alat Monitoring Output Modul PLTB
(Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin), Berbasis Data *Logger* [2])

Data dibaca secara real time menggunakan software PLXdaq. Pengiriman data arus dan tegangan pada PLXdaq menunjukkan tingkat kesalahan yang tidak melebihi 1%.

- Penelitian yang dilakukan oleh [3] menggunakan turbin angin savonius sebagai sumber energi listrik. Prototipe pembangkit listrik ini menggunakan aki untuk menyimpan energi yang dihasilkan, sehingga dapat digunakan untuk menghidupkan beban.



*Gambar 2. 2Rancang Bangun
Prototype Pembangkit Listrik*

Pengujian menunjukkan bahwa dengan kecepatan angin rata-rata 5,6 m/s, tegangan pengisian mencapai 12,6 volt dengan arus 0,12 ampere. Pada kecepatan angin rata-rata 5,4 m/s, arus 0,12 ampere menghasilkan tegangan input sebesar 12,5 volt. Baterai berkapasitas 12 volt 3,5 Ah memerlukan 29 jam untuk terisi penuh dan dapat bertahan selama 15 jam dengan lampu DC 10 watt atau 38 jam dengan lampu DC 5 watt

- Dalam penelitian oleh [4], pengontrol untuk turbin angin Savonius dikembangkan. Kontrol kecepatan angin diterapkan dengan ESP8266, yang mengadopsi teknologi Internet of Things (IoT), dan rangkaian AC serta DC untuk memperbaiki stabilitas kinerja energi angin. Parameter yang dipantau mencakup kecepatan angin, arus, tegangan, dan daya menggunakan ESP8266. Pada kecepatan angin 7,8 MPH, tegangan keluaran dan arus maksimum tercatat masing-masing sebesar 1,10V dan 4,321 μ A. Aplikasi Blynk digunakan untuk memantau kinerja turbin dengan akurat dan efisien.



Gambar 2. 3 Design of Savonius model wind turbine for power catchment [4]

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) adalah perangkat yang menghasilkan listrik dengan memanfaatkan tenaga angin untuk memutar kincir. Putaran kincir ini menghasilkan tenaga yang menggerakkan generator, yang kemudian mengubah putaran menjadi energi listrik. Untuk mengoptimalkan potensi angin, pemilihan jenis kincir harus diperhatikan sebelum mendirikan PLTA. Teknologi IoT dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi PLTA dengan memungkinkan pemantauan dan pengendalian melalui smartphone. PLTA berbasis IoT dapat diterapkan untuk penerangan lampu jalan di daerah pesisir pantai dengan memanfaatkan energi angin yang tersedia. Pemantauan dan pengendalian dapat dilakukan dari jarak jauh, sehingga alat ini diharapkan dapat mengatasi masalah penerangan jalan di pesisir pantai dan memungkinkan keindahan pantai dinikmati pada malam hari.

2.3. Energi Angin

Prinsip utama dalam menghasilkan listrik dari angin adalah memanfaatkan hembusan angin untuk menggerakkan rotor, sehingga menghasilkan energi kinetik pada poros. Energi yang diterima oleh baling-baling dipengaruhi oleh kepadatan udara, kecepatan angin, dan luas permukaan baling-baling.

Tahapan Konversi Energi Angin :

- Angin menggerakkan motor sehingga rotor berputar mengikuti tiupan angin.

- Putaran rotor yang terhubung ke generator kemudian menghasilkan listrik.

Energi angin adalah energi gerak yang digunakan untuk memutar baling-baling kincir angin, dipengaruhi oleh kecepatan angin. Energi gerak dari massa udara dengan kecepatan tertentu dapat diubah menjadi energi poros, yang rumusnya sebagai berikut:

$$E = \frac{1}{2}mv^2$$

Keterangan :

E = Energi Kinetik (*Joule*)

m = massa udara yang bergerak (*kg*)

v = kecepatan angin (*m/s*)

Energi kinetik, atau energi gerak, adalah energi yang digunakan oleh kincir angin untuk memutar rotor. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung daya efektif angin yang dapat dihasilkan oleh sebuah kincir angin :

$$Ea = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^3 \cdot A \cdot Cp$$

Keterangan :

Ea = Daya efektif yang dihasilkan kincir angin (*watt*)

Cp = Efisiensi blade

A = Luas Penampang (1 m^2)

V = Kecepatan Angin (*m/s*)

ρ = Kerapatan Udara ((kg/m^3))

2.4. Kincir Angin

Turbin angin berfungsi mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik, dan kemudian menjadi energi listrik. Prinsip kerjanya melibatkan

beberapa tahapan:

- Penangkapan Energi Angin : Bilah turbin menangkap energi kinetik dari angin.
- Rotasi Bilah : Energi kinetik angin menyebabkan bilah turbin berputar. Rotasi ini menciptakan gerakan mekanik.
- Pengubahan Energi : Gerakan mekanik ini kemudian dikonversi menjadi energi listrik oleh generator yang terhubung ke poros turbin.
- Distribusi Listrik : Energi listrik yang dihasilkan kemudian dialirkan ke jaringan listrik atau langsung digunakan untuk aplikasi tertentu, seperti penerangan jalan.

Jenis-jenis Turbin Angin

1. Turbin Angin Horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine - HAWT)
 - Deskripsi : Jenis turbin yang paling umum digunakan. Bilah turbin berputar di sekitar poros horizontal.
 - Keuntungan : Efisiensi tinggi, teknologi yang sudah matang, cocok untuk kecepatan angin yang konsisten.
 - Kekurangan : Memerlukan tower tinggi, instalasi dan pemeliharaan lebih sulit, dan lebih sensitif terhadap perubahan arah angin.
2. Turbin Angin Vertikal (Vertical Axis Wind Turbine - VAWT)
 - Deskripsi : Turbin ini memiliki poros vertikal. Bilah turbin berputar di sekitar poros vertikal.
 - Keuntungan : Dapat menangkap angin dari segala arah, desain lebih sederhana, dan lebih mudah dipasang di lokasi dengan kondisi angin yang berubah-ubah.
 - Kekurangan : Efisiensi lebih rendah dibandingkan HAWT, lebih cocok untuk aplikasi skala kecil.

Berikut ini merupakan rumus dari perhitungan energi angin :

$$P_{\text{angin}} = \frac{1}{2} (\rho \cdot v^3_{\text{angin}} \cdot A)$$



Gambar 2. 4 Turbin Angin

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTB) memiliki tingkat kemampuan/efisiensi untuk melakukan perubahan suatu energi, sehingga hal ini bertujuan untuk mendapatkan nilai dari suatu energi mekanik yang berasal dari pengkonversian kincir angin yang harus dilakukan dengan perhitungan dari nilai kegunaan kincir (C_p) tersebut. Energi gerak yang dihasilkan dari perputaran kincir berasal dari kecepatan putaran kincir (ω) dikali dengan torsi (T) atau dapat disebut sebagai besarnya gaya yang dihasilkan dari panjang lengan beban yang diberikannya [2] yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = \omega \cdot T$$

Keterangan :

P = Daya

v = Kecepatan Angin

ρ = Densitas Udara

A = Luas Penampang Sapuan Bilah

ω = Kecepatan Sudut Bilah

T = Torsi Bilah

2.5. Generator

Generator DC adalah jenis generator yang mengubah energi mekanik menjadi listrik dalam bentuk arus searah (DC). Prinsip kerjanya serupa dengan

generator AC, namun dengan beberapa perbedaan penting:

- Komutator : Digunakan untuk mengubah arus bolak-balik yang dihasilkan di belitan rotor menjadi arus searah pada terminal output.
- Aplikasi : Generator DC sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan tegangan DC stabil, seperti pengisian baterai atau sistem pencahayaan jalan.

Keunggulan dan Kelemahan

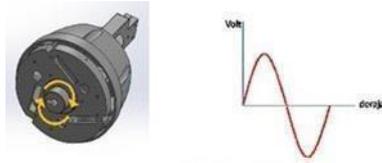
Keunggulan :

- Kontinuitas Tegangan : Generator DC memberikan tegangan yang stabil dan kontinu, yang penting untuk aplikasi tertentu.
- Sederhana : Lebih sederhana dalam desain dan perawatan dibandingkan dengan beberapa jenis generator AC.

Kelemahan :

- Pemeliharaan : Sikat arang dan komutator memerlukan pemeliharaan rutin untuk mencegah keausan dan kerusakan.
- Efisiensi : Umumnya kurang efisien dibandingkan generator AC modern, terutama pada skala besar.

Dalam sistem pembangkit listrik tenaga angin, generator DC sering kali diintegrasikan dengan sistem penyimpanan energi seperti baterai, yang menyimpan energi listrik yang dihasilkan untuk digunakan saat diperlukan. Sistem kontrol juga diterapkan untuk mengatur kecepatan rotasi rotor dan memastikan efisiensi maksimal dalam berbagai kondisi angin.



Gambar 2. 5 Generator DC

Output yang dihasilkan oleh Gerakan generator menghasilkan berupa Listrik AC dan juga DC hal ini bergantung pada jenis kincir angin yang digunakan. Berdasarkan gambar 2.5 maka diperoleh persamaan daya sebagai berikut :

$$P_{\text{angin}} = \frac{1}{2}(\rho \cdot v^3 \text{angin} A)$$

$$P_{\text{angin}} \cdot C_p = P_{\text{mekanik}}$$

$$P = \omega \cdot T$$

$$P = V \cdot I$$

Berdasarkan persamaan di atas dapat dilihat bahwa generator memiliki keluaran nilai yang sama dari energi mekanik dan energi listrik, dari data yang telah didapatkan maka dapat ditulis pada nilai persamaan berikut.

$$V \cdot I = \omega \cdot T$$

$$V = \frac{\omega \cdot T}{I}$$

Keterangan :

P = Daya

v = Kecepatan Angin

C_p = Efisiensi Kincir

ρ = Densitas Udara

A = Luas Penampang Sapuan Bilah

ω = Kecepatan Sudut Bilah

T = Torsi Bilah

I = Arus Listrik

V = Tegangan Listrik

2.1. Baterai (ACCU)

Baterai aki, atau baterai timbal-asam (lead-acid battery), adalah salah satu jenis baterai yang paling banyak digunakan karena kemampuannya untuk

menyediakan arus listrik tinggi dan biaya produksi yang relatif rendah. Jenis baterai ini sering digunakan dalam kendaraan bermotor, sistem penyimpanan energi, dan aplikasi industri.

Baterai aki digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh turbin angin sehingga energi tersebut dapat digunakan saat angin tidak cukup kuat untuk menghasilkan listrik. Komponen Utama Baterai Aki meliputi sel baterai beberapa sel yang dihubungkan dalam seri untuk meningkatkan tegangan total baterai. Setiap sel biasanya memiliki tegangan nominal sekitar 2V, sehingga baterai 12V terdiri dari 6 sel yang dihubungkan dalam seri.

Baterai aki dengan tegangan 12V dan kapasitas 8Ah yang digunakan dalam proyek ini mampu menyediakan daya yang cukup selama 20 jam. Pengisian baterai dilakukan dengan menggunakan tegangan 15V yang diatur oleh modul XL6009 buck/boost converter untuk memastikan pengisian yang efisien dan aman. Agar pengisian baterai tetap dapat dilakukan, diperlukan tegangan baterai yang lebih besar dari tinggi tegangan awal [2].



Gambar 2. 6 Baterai (ACCU)

2.2. Solar Charger Controller (SCC)

Solar Charger Controller (SCC) merupakan salah satu komponen penting dalam proyek akhir ini. SCC adalah alat yang berguna untuk mengatur dan menyesuaikan tegangan serta arus yang dihasilkan oleh panel surya sebelum masuk ke baterai. Fungsi utama dari SCC adalah menjaga baterai dari kerusakan yang disebabkan oleh tegangan pengisian yang berlebihan.

Beberapa fungsi utama dari Solar Charger Controller pada proyek akhir ini

ialah sebagai proteksi baterai SCC mencegah overcharging (pengisian berlebih) dan overdischarging (pengosongan berlebih) pada baterai. Overcharging dapat merusak baterai dan mengurangi umur pakainya, sementara overdischarging dapat menyebabkan baterai kehilangan kapasitasnya secara permanen. Monitoring Sistem: SCC sering dilengkapi dengan fitur pemantauan yang memungkinkan pengguna untuk memantau status pengisian baterai[5].

Solar Charge Controller berfungsi sebagai alat pengubah energi listrik dari Output dari generator perlu diatur agar dapat disimpan dalam baterai. Tegangan keluaran yang dihasilkan dari energi turbin angin dalam bentuk DC akan disesuaikan menggunakan konverter boost. Saat kecepatan angin rendah, tegangan yang dihasilkan generator juga rendah. Dalam situasi ini, tegangan yang lebih rendah memerlukan pengaturan khusus agar dapat digunakan untuk mengisi baterai. Oleh karena itu, dibutuhkan pengaturan tegangan menggunakan step-up converter (konverter boost) untuk menyesuaikan tegangan ke tingkat yang dibutuhkan oleh beban.

Selain itu, jika baterai sudah terisi penuh, Solar Charge Controller secara otomatis akan menghentikan proses pengisian. Ini dilakukan untuk mencegah kerusakan pada baterai yang dapat terjadi akibat pengisian berlebihan. Dengan demikian, Charge Controller tidak hanya membantu dalam pengaturan tegangan dan arus, tetapi juga berfungsi sebagai perangkat proteksi untuk memastikan bahwa baterai diisi dengan cara yang aman dan efisien[2].



Gambar 2. 7 Solar Charge Controller

2.3. Sensor

Pada penerapan Pembangkit Listrik Tenaga Angin untuk penerangan lampu jalan di pesisir pantai secara otomatis berbasis IoT, digunakan tiga buah sensor sebagai berikut:

Sensor INA 219 : Sensor ini digunakan untuk mengetahui arus dan tegangan generator serta arus dan tegangan dari *buck boost converter*. Intinya adalah untuk menjamin bahwa tegangan yang mendekati selama sistem pengisian berada dalam cakupan 15 Volt, sehingga baterai dapat diisi dengan efisien dan aman.

- Sensor BH1750 : Sensor ini berfungsi sebagai pendeteksi cahaya atau alat pengukur besaran konversi cahaya. Sensor ini membantu dalam mendeteksi tingkat kecerahan lingkungan, yang berguna untuk pengaturan otomatis nyala dan padamnya lampu jalan berdasarkan kondisi pencahayaan sekitar.
- Sensor Anemometer : Sensor ini digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan putaran (RPM) dari turbin angin. Data dari anemometer penting untuk memantau kinerja turbin angin dan memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dengan optimal sesuai dengan kondisi angin yang ada.

2.4. Sensor INA219

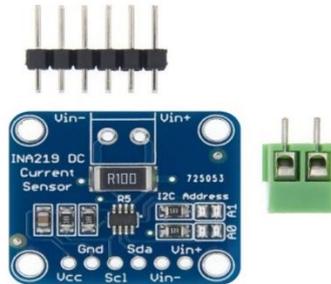
Sensor INA219 merupakan sensor yang digunakan pada proyek akhir ini untuk mengukur arus dan tegangan keluaran dari generator serta buck-boost converter, juga untuk memantau daya yang tersisa pada baterai.

Spesifikasi utama dari sensor INA219 adalah :

- Tegangan Maksimum : 26 VDC
- Arus Maksimum : 3,2 A
- Daya Maksimum : 75 Watt

Modul INA219 ini didesain oleh Adafruit, sehingga library untuk pemrogramannya sudah tersedia dan dapat digunakan dengan mudah. Ini mempermudah integrasi sensor ke dalam sistem IoT dan memungkinkan pengukuran arus, tegangan, dan daya secara real-time. Dengan informasi yang akurat dari sensor ini, sistem dapat memastikan bahwa proses pengisian baterai

dan pengoperasian beban berada dalam parameter yang aman dan efisien [9].



Gambar 2. 8 Sensor INA219

2.5. Sensor BH1750

Sensor BH1750 merupakan sensor cahaya yang digunakan dalam proyek ini untuk fungsi monitoring cahaya di sekitar pesisir pantai.

Fungsi utama dari sensor BH1750 dalam proyek ini adalah :

- **Monitoring Cahaya** : Sensor ini mendeteksi pencahayaan pada lampu. Informasi ini dapat digunakan untuk mengaktifkan lampu jalan melalui aplikasi.
- **Pengendalian Lampu** : Berdasarkan data dari sensor, user dapat menghidupkan atau mematikan lampu secara otomatis menggunakan jaringan internet. Ini memungkinkan pengendalian lampu jalan secara efisien sesuai dengan kondisi pencahayaan lingkungan.
- **Monitoring Real-Time** : Kondisi lampu dan pencahayaan dapat dimonitor secara real-time, memungkinkan user untuk selalu mengetahui status sistem penerangan.

Sensor BH1750 menggunakan protokol I2C dalam proses komunikasi dengan mikrokontroler. Dengan menggunakan protokol ini, sensor dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler untuk mengirimkan data pencahayaan secara akurat dan efisien [8].

Secara keseluruhan, penggunaan sensor BH1750 membantu meningkatkan efisiensi dan responsivitas sistem penerangan lampu jalan berbasis IoT di pesisir pantai.



Gambar 2. 9 Sensor BH1750

2.6. Sensor Anemometer

Sensor anemometer adalah sensor untuk mengukur kecepatan angin. Pada proyek akhir ini, sensor anemometer yang digunakan adalah sensor yang mendukung Arduino, sehingga saat pengujian, data mengenai RPM (putaran per menit) dan kecepatan angin di sekitar pesisir pantai dapat ditampilkan pada serial monitor Arduino dan dimonitoring oleh smartphone.

Spesifikasi dan fungsi utama sensor anemometer dalam proyek ini adalah :

- Pengukuran Kecepatan Angin: Sensor ini mengukur kecepatan angin di sekitar pesisir pantai, yang merupakan parameter penting untuk menilai kinerja turbin angin.
- Pengukuran RPM : Sensor ini juga dapat mengukur putaran per menit (RPM) dari turbin angin, memberikan informasi tentang efisiensi dan kinerja turbin.
- Tegangan Kerja : Sensor ini beroperasi pada tegangan DC 3,3V atau 5V, kompatibel dengan berbagai mikrokontroler, termasuk Arduino Mega 2560.
- Komunikasi I2C : Sensor anemometer menggunakan protokol I2C untuk komunikasi serial, yang memungkinkan koneksi mudah ke pin SDA dan SCL di Arduino Mega 2560.

Dengan mengintegrasikan sensor anemometer dalam sistem ini, pengguna dapat memantau kecepatan angin dan RPM turbin secara real-time. Data ini tidak hanya berguna untuk analisis kinerja sistem tenaga angin tetapi juga untuk pengaturan dan pengoptimalan sistem secara otomatis melalui IoT.



Gambar 2. 10 Sensor Anemometer

2.7. Buck Boost Converter

Buck boost converter digunakan di proyek akhir ini untuk mengatasi tegang pengisian baterai tetap konstan dan adanya kecepatan angin yang fluktuatif yang menyebabkan tegangan keluaran generator juga berubah-ubah. Ketika tegangan keluaran generator belum mencapai nilai yang dibutuhkan untuk mengisi baterai, buck boost converter berfungsi sebagai penguat tegangan.

Dalam proyek ini, digunakan Buck Boost Converter XL6009 yang memiliki karakteristik dan pengaturan sebagai berikut :

- Tegangan Masuk Minimal : Buck boost converter ini memerlukan tegangan input minimal sebesar 3 Volt untuk beroperasi. Jika tegangan keluaran generator lebih rendah dari 3 Volt, konverter ini tidak akan dapat meningkatkan tegangan.
- Tegangan Keluaran yang Diatur : Output dari buck boost converter diatur sebesar 15 Volt menggunakan trimpot yang ada pada modul. Tegangan ini digunakan untuk mengisi baterai dengan tegangan yang konstan dan sesuai dengan kebutuhan pengisian baterai.
- Proses Pengisian Baterai : Dengan mengatur tegangan output konverter pada 15 Volt, proses pengisian baterai dapat dilakukan secara efisien dan aman. Tegangan yang konstan membantu menjaga kesehatan baterai dan memperpanjang umur pakainya.

- Fluktuasi Tegangan Generator : Buck boost converter ini efektif dalam menstabilkan tegangan keluaran dari generator yang fluktuatif akibat perubahan kecepatan angin. Dengan demikian, baterai tetap dapat diisi meskipun kecepatan angin dan tegangan keluaran generator berubah-ubah.

Dengan penggunaan buck boost converter XL6009, sistem dapat memastikan bahwa tegangan pengisian baterai selalu berada pada tingkat yang dibutuhkan, bahkan saat kecepatan angin rendah atau tegangan keluaran generator tidak stabil. Hal ini penting untuk menjaga efisiensi dan kestabilan sistem tenaga angin yang digunakan dalam proyek ini.



Gambar 2. 11 Buck Boost Converter

2.8. Step Down LM2596

Step Down LM2596 merupakan modul converter DC to DC yang digunakan untuk menurunkan tegangan input menjadi tegangan output yang lebih rendah dan stabil. Modul ini biasanya digunakan dalam aplikasi elektronik untuk menyediakan tegangan yang stabil dan teratur dari sumber daya yang lebih tinggi.

Dalam proyek ini, *Step Down* LM2596 digunakan untuk menyesuaikan tegangan dari baterai (aki) ke tingkat yang diperlukan oleh komponen lain, seperti Node MCU ESP8266. Berikut adalah penjelasan rinci mengenai penggunaan *Step Down* LM2596 dalam proyek ini :

- Fungsi Utama : Modul *Step Down* LM2596 menurunkan tegangan input yang lebih tinggi menjadi tegangan output yang lebih rendah dan stabil.
- Pengaturan Tegangan Output : Dalam proyek ini, output dari *Step Down* LM2596 diatur menjadi 5 Volt menggunakan trimpot yang ada pada modul.

Tegangan input dari aki yang biasanya berada pada kisaran 12 Volt akan diturunkan menjadi 5 Volt.

- Kondisi Operasi : Modul ini akan beroperasi jika tegangan output dari aki melebihi tegangan input yang dibutuhkan oleh ESP8266. Dengan mengatur tegangan output *Step Down* LM2596 menjadi 5 Volt, Node MCU ESP8266 dapat dioperasikan dengan aman dan stabil.
- Penggunaan Trimpot : Trimpot pada modul digunakan untuk mengatur tegangan output yang diinginkan. Dengan melakukan penyesuaian pada trimpot, tegangan output dapat disesuaikan sesuai dengan kebutuhan perangkat yang akan dioperasikan.
- Aplikasi dalam Proyek : *Step Down* LM2596 digunakan untuk memastikan bahwa Node MCU ESP8266 mendapatkan suplai tegangan yang sesuai (5 Volt), meskipun tegangan input dari aki adalah 12 Volt. Ini penting untuk menjaga kinerja dan keamanan perangkat.

Dengan menggunakan *Step Down* LM2596, sistem dalam proyek ini dapat memastikan bahwa tegangan yang diterima oleh Node MCU ESP8266 stabil dan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Hal ini penting untuk menghindari kerusakan pada komponen dan memastikan operasional yang optimal dari seluruh sistem.



Gambar 2. 12 Step Down LM2596

2.9. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 merupakan board mikrokontroler yang dikembangkan menggunakan sistem Arduino, dengan chip mikrokontroler ATmega2560. Board ini sangat cocok untuk proyek yang membutuhkan banyak pin input/output dan kapasitas memori yang besar. Adapun spesifikasi utama dari Arduino Mega ini memiliki 54 pin input/output terkomputerisasi yang terdiri dari 15 pin PWM, 16 pin informasi sederhana, dan 4 pin UART (peralatan port berurutan). Selain itu, Arduino ini memiliki osilator dengan perulangan 16 MHz, jack daya DC, satu port USB, tombol reset, dan header ICSP [11].

Arduino Mega 2560 merupakan pilihan ideal untuk proyek yang membutuhkan banyak koneksi dan kapasitas pemrosesan yang lebih besar, seperti sistem kontrol kompleks, atau aplikasi IoT yang membutuhkan banyak sensor dan aktuator.



Gambar 2. 13 Arduino Mega 2560

2.10. Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis IoT

Monitoring dilakukan secara real-time menggunakan jaringan internet adalah solusi yang sangat efektif untuk memantau kondisi pembangkit listrik tanpa perlu berada di lokasi secara langsung. Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau kinerja dan status pembangkit dari jarak jauh.

Penerapan sistem monitoring berbasis internet meningkatkan efisiensi operasional dan memastikan bahwa sistem pembangkit listrik tetap berfungsi dengan baik, serta memberikan keamanan tambahan melalui pemantauan dan pengendalian jarak jauh.

2.11. *Internet of Things*

IoT (Internet of Things) adalah konsep yang memungkinkan objek dan perangkat untuk saling berinteraksi dan berkomunikasi melalui jaringan internet. Dengan IoT, perangkat yang terhubung dapat bertukar data dan menjalankan fungsi secara otomatis dari jarak jauh, mengoptimalkan efisiensi dan efektivitas operasional [12]. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut tentang bagaimana IoT bekerja dan kelebihanannya :

Cara Kerja IoT

- **Penghubungan** : Perangkat atau objek yang terhubung ke internet melalui jaringan Wi-Fi, seluler, atau teknologi lainnya. Ini memungkinkan mereka untuk saling berkomunikasi dan bertukar informasi.
- **Interaksi Otomatis** : Perangkat dapat beroperasi dan berinteraksi secara otomatis berdasarkan data yang diterima dari sensor atau input lainnya, tanpa memerlukan campur tangan langsung dari pengguna.
- **Data dan Kontrol** : Data yang dikumpulkan oleh perangkat dapat dikirim ke server atau cloud untuk analisis lebih lanjut. Pengguna dapat mengakses dan mengontrol perangkat melalui aplikasi atau platform berbasis web.
- **Moderasi Pengguna** : Pengguna bertindak sebagai pengawas atau moderator, memantau kinerja dan membuat keputusan berdasarkan informasi yang tersedia, bukan melakukan kontrol langsung.

Kelebihan IoT

- Efisiensi dan Kecepatan : IoT memungkinkan otomatisasi berbagai tugas dan proses, sehingga pekerjaan dapat diselesaikan dengan lebih cepat dan efisien.
- Pemantauan *Real-Time* : Pengguna dapat memantau status perangkat atau sistem secara real-time dari mana saja, memberikan visibilitas yang lebih baik terhadap operasional.
- Pengambilan Keputusan yang Lebih Baik : Data yang dikumpulkan dan dianalisis dari perangkat IoT dapat memberikan wawasan berharga yang membantu dalam pengambilan keputusan strategis.
- Peningkatan Kinerja : IoT dapat meningkatkan kinerja sistem dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan meminimalkan gangguan atau downtime.
- Penghematan Biaya : Dengan mengurangi kebutuhan intervensi manual dan memanfaatkan otomatisasi, IoT dapat membantu mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan.

Dengan memanfaatkan IoT, berbagai aplikasi dan sistem dapat berfungsi dengan lebih baik, memberikan manfaat signifikan dalam hal efisiensi dan efektivitas operasional.

2.12. Node MCU ESP8266

NodeMCU adalah papan sirkuit yang dilengkapi dengan chip ESP8266, yang berfungsi sebagai mikrokontroler dengan kemampuan terhubung ke jaringan internet. Beberapa poin kunci tentang NodeMCU ESP8266 adalah sebagai berikut:

- Komponen Utama : NodeMCU mengintegrasikan chip ESP8266, yang

merupakan mikrokontroler berbasis Wi-Fi dengan prosesor 32-bit dan memori yang cukup untuk aplikasi IoT.

- Pemrograman dan Compiler : NodeMCU dapat diprogram menggunakan Arduino IDE, yang memungkinkan pengguna untuk menulis dan mengupload kode ke board melalui koneksi USB. Proses ini melibatkan penulisan kode dalam bahasa C++ dan kompilasi untuk diunggah ke mikrokontroler.
- Port USB : Board ini dilengkapi dengan port USB yang mempermudah proses pemrograman dan debugging. Port ini digunakan untuk menghubungkan board ke komputer dan mengunggah program.
- Kemiripan dengan Arduino : NodeMCU ESP8266 menawarkan kemiripan dengan platform Arduino dalam hal pengembangan dan penggunaan, tetapi dengan keunggulan tambahan berupa kemampuan Wi-Fi bawaan, yang memungkinkan konektivitas dan komunikasi jaringan langsung tanpa memerlukan modul tambahan.
- Kegunaan : NodeMCU ESP8266 sering digunakan dalam berbagai proyek IoT untuk pemantauan, kontrol, dan otomatisasi, memanfaatkan kemampuannya untuk terhubung dan berkomunikasi melalui internet.

Dengan kemampuan tersebut, NodeMCU ESP8266 memudahkan pengembangan aplikasi yang terhubung dengan internet dan sangat berguna untuk berbagai aplikasi IoT modern



Gambar 2. 14 Node MCU Esp8266

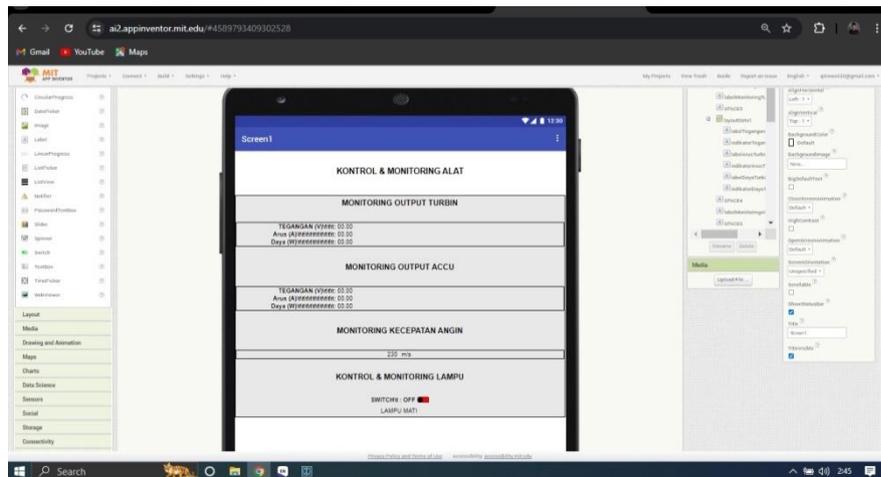
2.13. MIT App Inventor

MIT App Inventor adalah platform pemrograman visual yang memungkinkan pengguna untuk membuat aplikasi Android tanpa perlu menulis kode secara manual. Dikembangkan awalnya oleh Google dan kini dikelola oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT), platform ini dirancang untuk mempermudah pengembangan aplikasi bagi pemula maupun pengguna yang tidak memiliki latar belakang teknis yang kuat.

MIT App Inventor adalah alat yang sangat berguna untuk membangun aplikasi Android dengan cara yang mudah dan intuitif, memungkinkan pengguna untuk fokus pada desain dan fungsionalitas aplikasi tanpa terjebak dalam kompleksitas kode pemrograman.

Pengguna dapat merancang antarmuka aplikasi dengan cara menyeret dan melepaskan berbagai komponen seperti tombol, label, input teks, gambar, dan banyak lagi. MIT App Inventor menggunakan sistem pemrograman berbasis blok, di mana pengguna menggabungkan blok kode yang telah ditentukan untuk menentukan logika dan alur aplikasi. Ini memudahkan pembuatan logika aplikasi tanpa menulis kode secara langsung. Aplikasi yang sedang dikembangkan dapat diuji langsung pada perangkat Android yang terhubung melalui Wi-Fi. Ini memungkinkan pengguna untuk melihat bagaimana aplikasi bekerja dalam waktu nyata dan melakukan penyesuaian jika diperlukan. MIT App Inventor terintegrasi dengan Firebase, platform dari Google yang menyediakan layanan seperti database realtime, autentikasi pengguna, dan hosting.

Pada proyek akhir ini MIT App Inventor akan digunakan sebagai pengembangan aplikasi kontrol dan monitoring secara *real-time*.



Gambar 2. 15 Tampilan Mit App Inventor

2.14. Spreadsheet

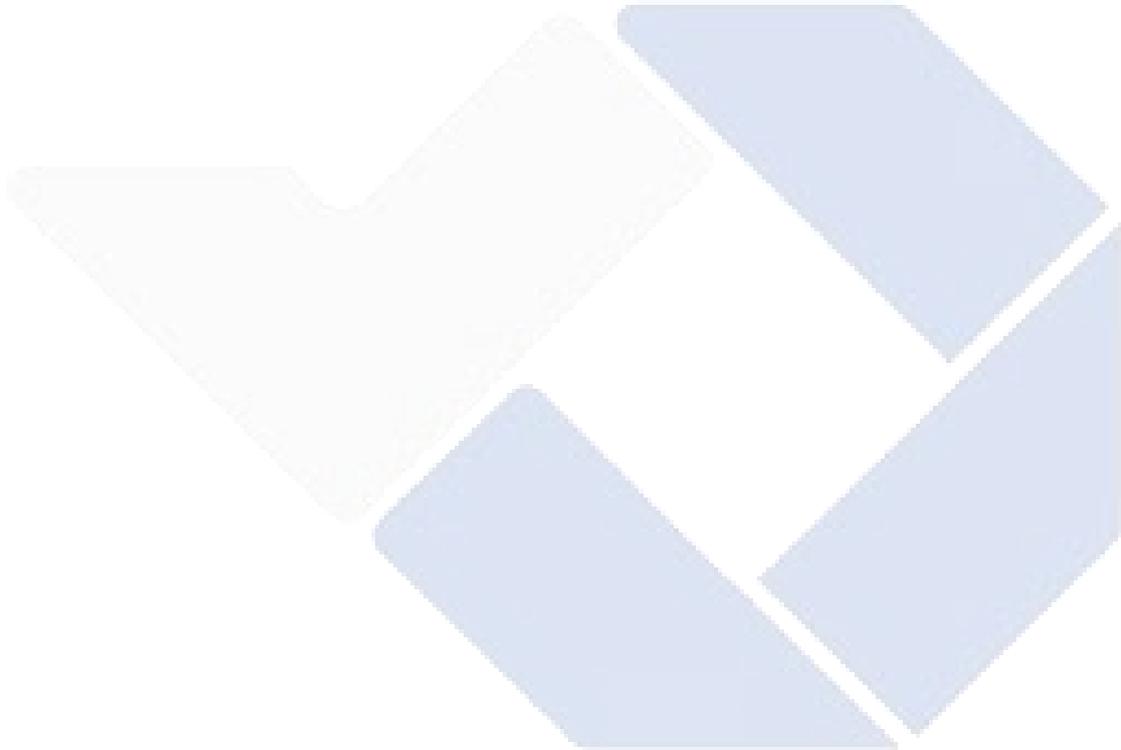
Dalam proyek akhir ini, pemantauan data dilakukan secara *real-time* dan disimpan riwayatnya melalui sebuah data spreadsheet. Melalui spreadsheet ini memungkinkan pengguna untuk melihat dan memantau berbagai parameter penting dari sistem, termasuk tegangan dan arus keluaran generator, monitoring output ACCU, monitoring kecepatan angin yang diukur oleh sensor anemometer ditampilkan secara *real-time*.

Fitur dan Manfaat Monitoring :

- Pemantauan *Real-Time* : Pengguna dapat melihat data terkini dari sistem kapan saja, memungkinkan deteksi dini terhadap potensi masalah atau perubahan dalam kondisi operasional.
- Kontrol Jarak Jauh : Dengan akses melalui website, pengguna dapat mengontrol sistem dan melakukan penyesuaian dari jarak jauh, meningkatkan kenyamanan dan efisiensi dalam pengelolaan sistem.

Timestamp	Tegangan Turbin	Arus Turbin	Daya Turbin	Tegangan ACCU	Arus ACCU	Daya ACCU	Kecepatan Angin	Status Lampu
29/07/2024 16.17.15	2.936	13.639.999	3.0724		12.536	63.629.999	131.723	906.690 Lampu Mati
29/07/2024 16.17.20	2.964 148.3		3.1123		12.664 0.2	12.6642		761.836 Lampu Mati
29/07/2024 16.17.25	2.966 158.3		3.1143		12.712 0.4	12.7124		349.066 Lampu Mati
29/07/2024 16.17.31	1.628 -0.3		1.6277		12.732 0.1	12.7321		97.738 Lampu Mati
29/07/2024 16.17.38	1.188 0.1		1.1881		12.756 -0.1	12.7559		454.658 Lampu Mati
29/07/2024 16.17.41 3.12		38.739.999	3.5074		12.784 0.1	12.7841		3.491 Lampu Mati
29/07/2024 16.17.46	3.084	26.579.999	3.3498		12.784 -0.1	12.7839		748.746 Lampu Mati
29/07/2024 16.17.53	2.968	15.260.001	3.1206		12.776 -0.3	12.7757		660.607 Lampu Mati
29/07/2024 22.40.49	3.084	28.210.001	3.3661		12.776 -0.3	12.7757		642.281 Lampu Mati
29/07/2024 0.09.12	3.084	28.210.001	3.3661		12.776 -0.3	12.7757		642.281 Lampu Mati
29/07/2024 12.31.52	2.988	20.539.999	3.1934	12.8	0.1	12.8001		521.853 Lampu Hidup
29/07/2024 12.31.53	2.988	20.539.999	3.1934		12.804 -0.1	12.8039		492.183 Lampu Hidup
29/07/2024 12.31.59	2.868	14.139.999	3.0094		12.792 -0.1	12.7919		297.579 Lampu Hidup
29/07/2024 12.32.04 2.84		77.1	2.9171		12.796	0	12.796	369.137 Lampu Hidup
29/07/2024 12.32.08	2.976		178	3.154	12.792	0	12.792	300.197 Lampu Hidup
29/07/2024 12.32.15 2.86		119.1	2.9791		12.784 0.1	12.7841		123.046 Lampu Hidup
29/07/2024 12.32.20	2.516 1.9		2.5179		12.784	0	12.784	130.027 Lampu Hidup
29/07/2024 12.32.25	2.728 95.5		2.8235	12.8	0.2	12.8002		410.152 Lampu Hidup
29/07/2024 12.32.30	3.104	31.089.999	3.4149		12.792 -0.1	12.7919		561.996 Lampu Hidup
29/07/2024 12.32.35 2.92		151.2	3.0712		12.784 0.1	12.7841		261.799 Lampu Hidup
29/07/2024 12.32.40	2.724 68.1		2.7921		12.788	0	12.788	235.619 Lampu Hidup
29/07/2024 12.32.45	2.744 100.9		2.8449	12.78	-0.3	12.7797		188.496 Lampu Hidup

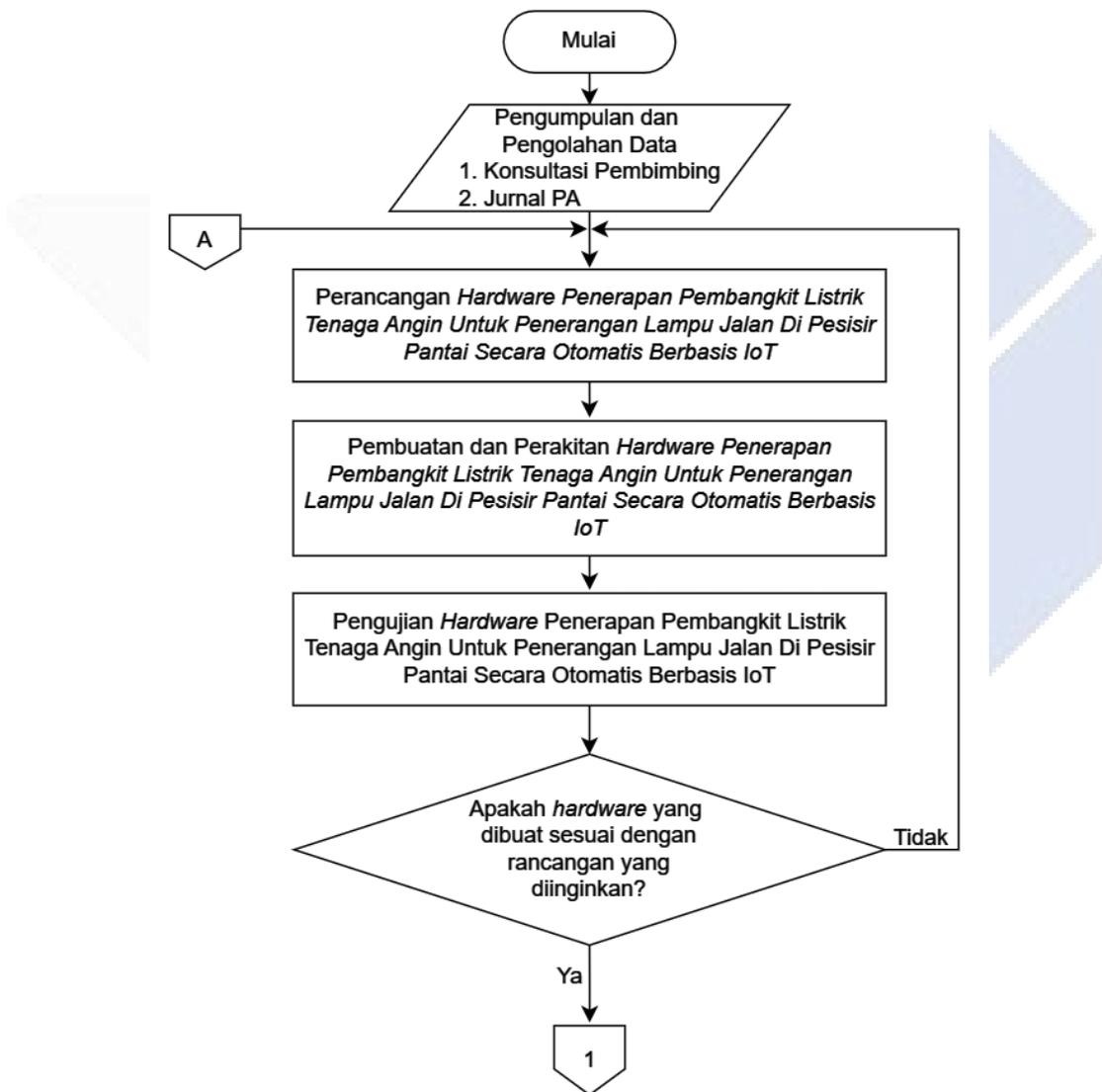
Gambar 2. 16 Tampilan Spreadsheet

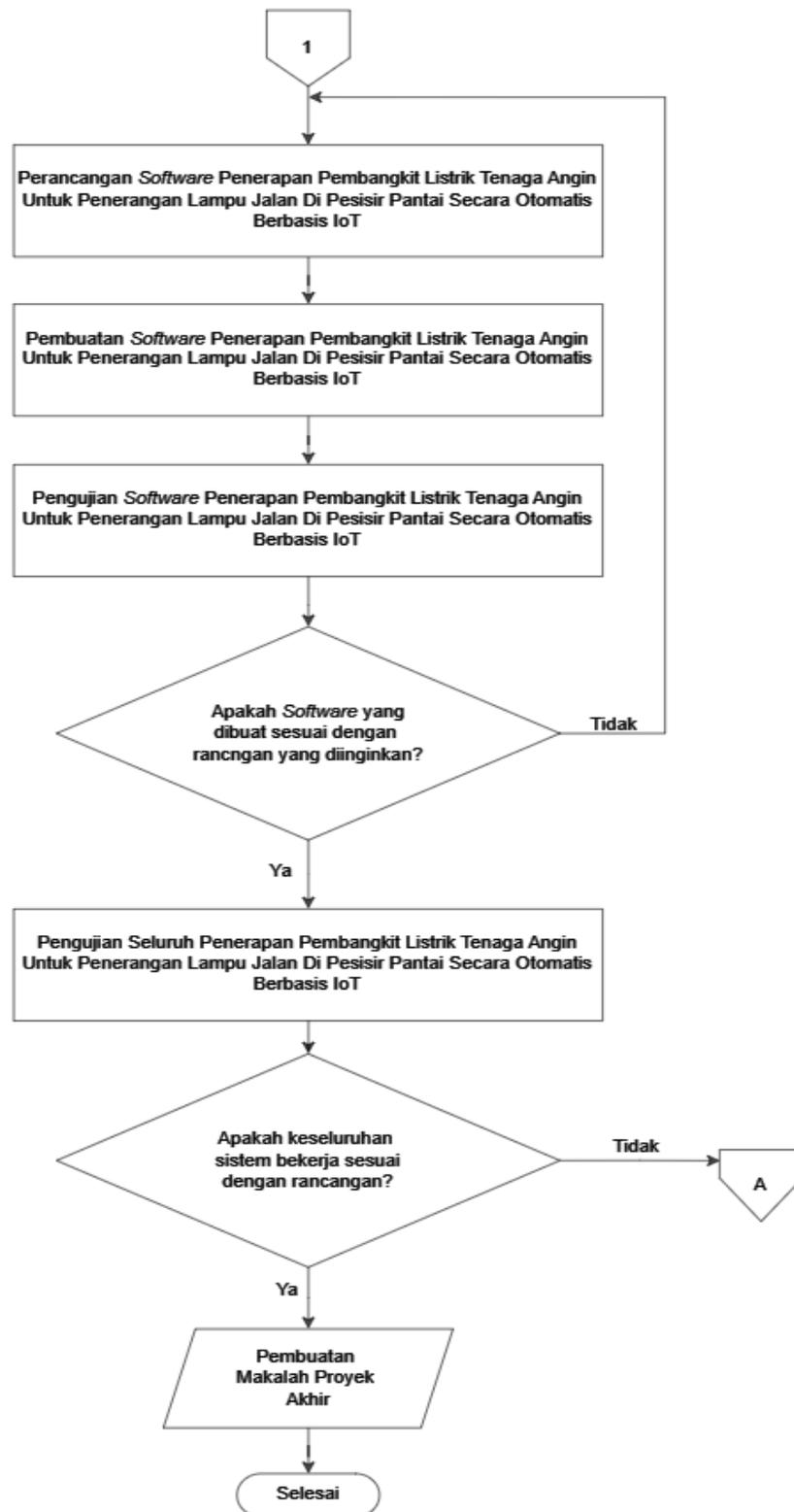


BAB III

METODE PELAKSANAAN

Dalam pelaksanaan proyek akhir ini, penulis melakukan tahapan-tahapan yang bertujuan untuk menyusun secara sistematis yang membuat proyek akhir ini lebih terarah agar memudahkan penulis dalam pembuatan proyek akhir ini. Berikut merupakan tahapan yang disajikan dalam bentuk flowchart seperti dibawah ini:





Gambar 3. 1 Flowchart tahap Pelaksanaan Proyek Akhir

3.1 Pengelolaan dan Pengumpulan Data

Di tahap ini, pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur yang relevan dengan proyek akhir yang akan dikerjakan. Tujuannya adalah untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan topik proyek serta sebagai referensi dalam pembuatan dan penulisan. Selain itu, informasi tentang alat yang akan dibuat juga dikumpulkan dari penelitian sebelumnya, yang kemudian akan dikembangkan lebih lanjut. Pengumpulan data dilakukan dengan dua metode utama. Pertama, melalui pencarian dan studi jurnal yang relevan dengan judul proyek akhir. Kedua, dengan melakukan konsultasi dengan pembimbing mengenai proyek yang sedang dikerjakan. Setelah data yang diperlukan terkumpul, langkah berikutnya adalah merancang perangkat keras dan perangkat lunak yang akan dibuat.

3.2 Perancangan *Software* dan *Hardware*

Tahap kedua dalam pembuatan proyek akhir ini melibatkan perancangan dan pembangunan perangkat keras (hardware) serta perangkat lunak (software). Langkah ini adalah kunci awal untuk menentukan implementasi proyek akhir. Perancangan dan pembangunan perangkat keras akan berfokus pada penetapan bentuk fisik dan struktur dari pembangkit listrik tenaga angin, termasuk penempatan komponen-komponen penting dalam sistem tersebut. Ini melibatkan desain turbin angin, penempatan generator, dan integrasi dengan komponen lainnya untuk memastikan sistem bekerja dengan baik.

Perancangan perangkat lunak bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT. Sistem ini akan memungkinkan pemantauan berbagai data dari pembangkit listrik, seperti arus dan tegangan keluaran generator, arus dan tegangan dari buck-boost converter, RPM, kecepatan angin, serta kondisi lampu. Semua data ini dapat dipantau secara real-time melalui perangkat pintar seperti smartphone.

3.2.1. Perancangan *Software*

Pada tahapan ini, penulis akan melakukan dua langkah utama :

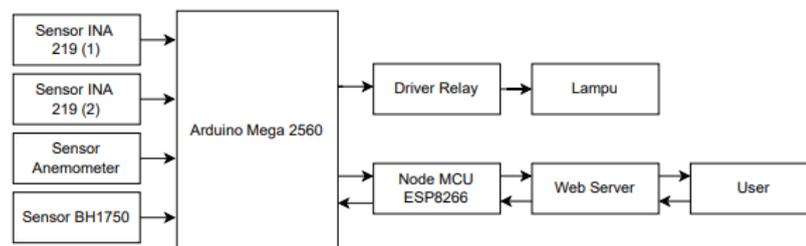
- Perancangan Perangkat Mekanik
- Perancangan Perangkat Elektrik

Perancangan akan dilakukan dengan memanfaatkan aplikasi SketchUp untuk merancang konstruksi dari PLTA ini. Pada tahap ini juga, penulis akan menentukan alat dan bahan yang diperlukan.

Perancangan Perangkat Mekanik

Pada tahap ini, perangkat yang dirancang meliputi:

- Box Komponen : Dibuat dari plat besi.
- Perancangan Penempatan Komponen: Mengatur letak komponen-komponen di dalam box komponen yang digunakan pada pembangkit. Setelah menyelesaikan perancangan mekanik, penulis akan melanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu perancangan perangkat elektronik. Pada tahap perancangan perangkat elektronik, desain skema rangkaian kontrol menggunakan Arduino Mega 2560 adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 2 Rancangan hardware elektrik penerapan pembangkit listrik tenaga angin untuk penerangan lampu jalan dipesisir pantai secara otomatis berbasis IoT

3.2.2 Perancangan *Hardware*

Pada tahap ini, penulis akan melakukan dua langkah utama:

1. Pemrograman Arduino

Pemrograman Arduino akan dilakukan untuk membaca dan menampilkan berbagai parameter penting menggunakan sensor-sensor yang terhubung. Berikut adalah langkah-langkah dan detail pemrograman yang akan dilakukan:

- **Sensor INA219** : Digunakan untuk mengukur tegangan dan arus.
- **Sensor Anemometer** : Digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan RPM.
- **Sensor BH1750** : Digunakan untuk mendeteksi cahaya lampu.

2. Pembuatan Rancangan MIT App Inventor

Pembuatan rancangan MIT App Inventor ini digunakan untuk menampilkan data-data yang dapat *dimonitoring* dan dikontrol menggunakan smartphone

3.3 Pembuatan *Hardware* dan *Software*

Setelah tahap perencanaan, proses pengembangan berlanjut ke tahap pembuatan atau implementasi. Pada tahap ini, baik hardware maupun software yang sudah dirancang sebelumnya akan direalisasikan.

3.3.1. Pembuatan *Hardware*

Proses pembuatan hardware untuk proyek Pembangkit Listrik Tenaga Angun yang melibatkan komponen seperti Arduino, sensor INA219, dan NodeMCU. Adapun bahan fisik seperti box komponen, bor, lem, dan alat-alat pendukung lainnya seperti obeng, tang, solder, dan sebagainya.

3.3.2. Pembuatan *Software*

Pada tahap ini, penulis akan melakukan perancangan dan pembuatan *software* yang akan digunakan pada mikrokontroler dan sistem berbasis IoT.

Perancangan dan Pembuatan Software untuk Mikrokontroler : Menggunakan bahasa pemrograman Arduino untuk mikrokontroler Arduino Mega

2560, perangkat lunak ini akan mengelola perubahan data dari komponen serta sensor INA219, BH1750, dan anemometer.

Pembuatan Software Berbasis IoT : Pembuatan MIT App Inventor yang akan digunakan untuk memonitor data melalui smartphone. Aplikasi ini akan memungkinkan pemantauan data dari sensor INA219, BH1750, dan anemometer. Fungsi MIT App Inventor ini mencakup tampilan dan penyimpanan data dari pembangkit listrik tenaga angin secara *real-time*.

3.4 Pengujian Hardware dan Software

Tahapan pengujian akhir dilakukan untuk memastikan semua komponen bekerja dengan baik setelah perakitan serta mencegah terjadinya *troubleshooting*.

3.4.1. Pengujian Software

Pengujian Arduino Mega 2560 dilakukan dengan sensor INA219 untuk mengukur output tegangan dan arus dari ACCU serta arus dan tegangan dari generator. Selain itu, Arduino Mega 2560 juga diuji dengan sensor anemometer untuk mengukur RPM dan kecepatan angin di pesisir pantai. Sensor BH1750 (sensor cahaya) digunakan dalam pengujian untuk memantau kondisi lampu.

3.4.2. Pengujian Keseluruhan Sistem

Tahapan ini melibatkan pengujian menyeluruh terhadap sistem kontrol dan monitoring menggunakan sistem IoT. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh sistem, mulai dari pembangkit listrik tenaga angin, kincir angin, hingga beban sistem dan monitoring data melalui *smartphone*, berfungsi dengan baik. Selanjutnya, data tersebut akan dikirim melalui aplikasi dan dicatat dalam riwayat *spreadsheet*, mencakup data seperti kecepatan angin, tegangan dan arus dari output generator, tegangan dan arus dari ACCU, serta status lampu yang dapat dikontrol dan dipantau menggunakan *smartphone*.

3.5 Analisa Data

Tahapan ini melibatkan analisis menyeluruh terhadap data hasil pengujian. Data yang dianalisis mencakup pengujian pada konstruksi, perangkat keras, serta perangkat lunak, baik dari segi alat maupun sistem. Jika analisis menunjukkan adanya kekurangan, langkah selanjutnya adalah mencari solusi untuk memperbaiki kekurangan tersebut guna mencapai hasil yang optimal.

3.6 Pembuatan Makalah Proyek Akhir

Tahapan ini adalah tahap akhir dalam pembuatan makalah proyek akhir. Pada tahap ini penulis akan menyajikan laporan akhir yang bertujuan untuk merangkum secara menyeluruh semua aspek yang telah dikerjakan selama penyelesaian tugas akhir, termasuk latar belakang, batasan masalah, tujuan, manfaat, dasar teori, metode pelaksanaan, pembahasan, hasil, kesimpulan, dan saran. Selain itu, laporan ini berfungsi sebagai sumber informasi penting bagi pembaca. Diharapkan informasi dalam laporan ini dapat menjadi referensi berharga untuk studi-studi terkait di masa mendatang.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Alat

Pembangkit listrik tenaga angin berbasis *IoT* ini dirancang untuk memudahkan penggunaan dalam memantau kondisi pembangkit tanpa perlu memeriksa secara langsung dilapangan. Sistem ini memungkinkan deteksi dini terhadap kemungkinan kerusakan pada pembangkit. Pada pembangkit ini, pengguna dapat memonitoring tegangan dan arus keluaran generator, serta daya yang tersimpan di baterai secara real time melalui jaringan internet.

Dalam proyek akhir ini, Arduino Mega 2560 berperan sebagai pengontrol utama untuk mengelola data seperti tegangan dan arus dari generator serta kecepatan angin. Data-data ini kemudian dikirimkan melalui NodeMCU ESP8266, yang menyampaikan hasil pembacaan dari sensor tegangan dan arus generator serta sensor anemometer.

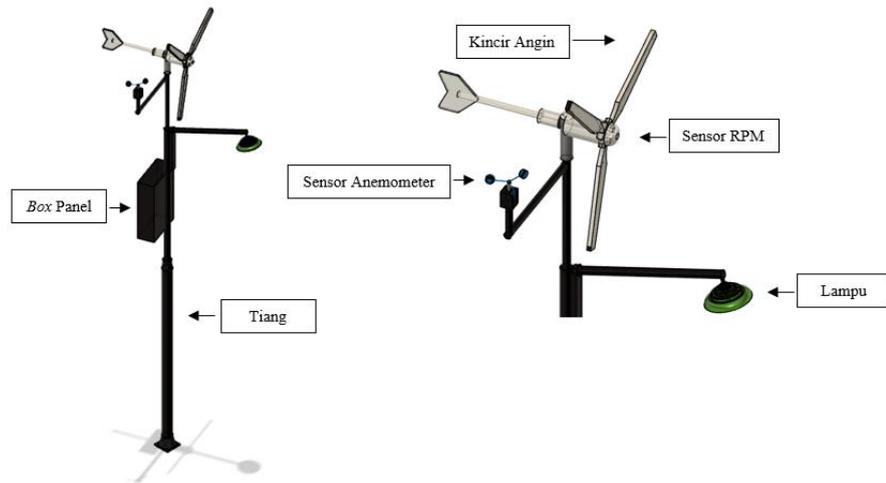
Alat ini memerlukan tegangan input minimum sebesar 3 volt. Tegangan keluaran dari buck boost converter disesuaikan menjadi 15 volt menggunakan trimpot untuk proses pengisian baterai. Setelah baterai mencapai kapasitas penuh, solar charger controller akan secara otomatis menghentikan proses pengisian.

4.2. Perancangan dan Pembuatan Hardware Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis IoT

Perancangan dan pembuatan hardware dilakukan dalam dua tahapan : perancangan mekanik dan perancangan elektrik. Berikut adalah langkah- langkah yang diambil dalam proses perancangan dan pembuatan hardware.

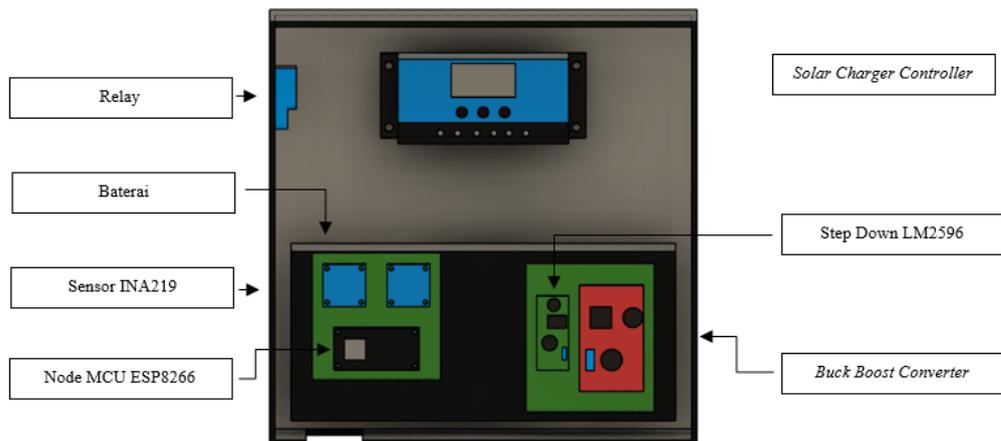
4.3. Perancangan Hardware Secara Mekanik

Perancangan mekanik dimulai dengan membuat rancangan umum dari Pembangkit menggunakan aplikasi AutoDesk Fusion. Berikut adalah gambar desain alat yang telah dibuat dengan aplikasi.



Gambar 4. 1 Desain penerapan pembangkit listrik tenaga angin untuk penerangan lampu jalan dipesisir pantai secara otomatis berbasis IoT secara keseluruhan

Setelah menyelesaikan desain keseluruhan, langkah berikutnya adalah merancang box panel untuk menentukan posisi dan peletakan setiap komponen yang akan digunakan.

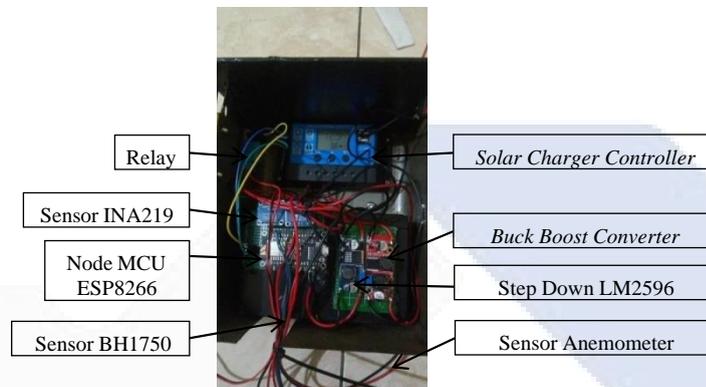


Gambar 4. 2 Gambar tampak box komponen

4.4. Pembuatan Hardware Secara Mekanik

Pada tahap ini, peralatan dibuat secara asli sesuai rencana yang telah dibuat. Peralatan dan bahan yang digunakan diubah sesuai dengan rencana sebelumnya.

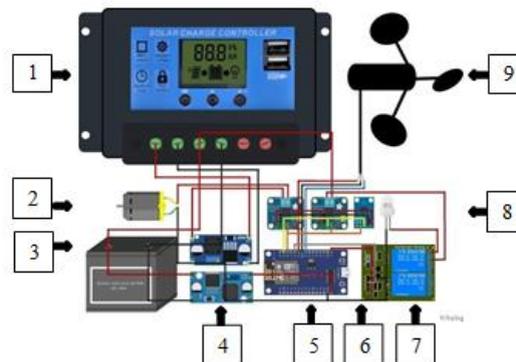
Sistem perakitan termasuk pemasangan setiap bagian, seperti Arduino, sensor INA219, dan NodeMCU, pada box komponen. Kotak komponen berisi komponen setelah dipasang. Berikut adalah gambar peletakan komponen di dalam *box*.



Gambar 4. 3 Hardware elektrik sistem kontrol pembangkit listrik tenaga angin untuk penerangan lampu jalan

4.5. Perancangan dan Pembuatan Hardware Elektrik

Pembuatan hardware elektrik dilakukan untuk mempermudah perancangan dan perakitan alat, termasuk pembuatan dudukan alat dan rangkaian kontrol. Gambar 4.5 menunjukkan skema rangkaian yang digunakan.



Gambar 4. 4 Skema pengkabelan sistem kontrol pembangkit listrik tenaga angin untuk penerangan lampu jalan dipesisir pantai berbasis IoT

Keterangan

1. *Solar Charger Controller*
2. Sensor INA219
3. Step Down LM2596
4. *Buck Boost Converter XL6009*
5. Arduino Mega 2560
6. Sensor BH1750
7. Relay
8. Beban
9. Sensor Anemometer

4.6. Pengujian Generator Tanpa Beban

Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk menguji keluaran generator pada saat tidak ada beban sehingga akan terlihat karakteristik murni dari keluaran generator. Pengujian ini dilakukan dengan variasi putaran generator. Pengukuran dari pengujian ini menggunakan alat ukur voltmeter dan tachometer.

Tabel 4. 1 Pengujian generator tanpa beban

Jam	Tegangan keluaran generator (V)	Arus keluaran generator (A)	Rpm Angin (M/s)	Daya (W)
10.30	2,97	148,3	3,1	3,15
11.00	2,95	158,3	3,0	3,14
11.30	2,96	156,2	3,0	3,13
12.00	2,95	155,1	2,9	3,14
12.30	1,62	0,2	1,5	1,62
13.00	1,18	0,2	1,6	1,18
13.30	2,82	118,3	2,8	2,99
14.00	2,91	141	2,9	3,07
14.30	3,01	227,7	2,7	3,22
15.00	3,02	228,2	3,5	3,15
15.30	2,86	119,1	3,2	2,98
16.00	2,88	133,7	2,7	2,97

Berdasarkan hasil pengujian, dapat diketahui hasil dari pengujian ini merupakan hasil output dari generator secara langsung tanpa menggunakan beban sama sekali, jadi output yang dihasilkan oleh generator merupakan hasil real.



Gambar 4. 5 Pengujian Generator tanpa menggunakan Beban

4.7. Pengujian Baterai Menggunakan Beban

Tabel 4. 2 Pengujian baterai tanpa beban lampu

Jam	Tegangan keluaran baterai (V)	Arus keluaran generator (A)	Rpm Angin (M/s)	Daya (W)
11.30	12,71	0,4	3,2	12,71
12.00	12,73	0,1	3,5	12,73
13.30	12,75	0,1	3,7	12,75
14.00	12,76	0,1	3,7	12,76
14.30	12,77	0,3	3,7	12,77
15.00	12,80	0,1	4,2	12,80
15.30	12,73	0,1	3,5	12,73
16.00	12,74	0,2	3,4	12,74
16.30	12,66	0,2	2,9	12,66

17.00	12,74	0,2	3,6	12,74
-------	-------	-----	-----	-------

Berdasarkan hasil pengujian , dapat disimpulkan bahwa pengujian baterai tanpa lampu. Dalam hasil pengujian, keluaran tegangan dengan daya yang dihasilkan bernilai sama. Hal ini dikarenakan tidak adanya beban lampu di baterai.



Gambar 4. 6 Pengujian Baterai tanpa beban lampu

Tabel 4. 3 Pengujian baterai dengan beban lampu

Jam	Tegangan keluaran baterai (V)	Arus keluaran baterai (A)	Rpm Angin	Daya (P)
12.10	12,59	636,2	3,0	13,5
12.30	12,49	633,5	2,8	13,2
13.00	12,48	641,2	2,5	13,1
13.30	12,48	634,2	2,7	13,1
14.00	12,47	641,5	2,6	13,1
14.30	12,46	632,2	2,8	13,0
15.00	12,47	633,1	2,8	13,1

15.30

12,48

634,2

2,9

13,2

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa pengujian baterai dengan beban lampu. Dalam pengujian keluaran tegangan dengan daya yang dihasilkan tegangan bernilai berbeda. Hal ini dikarenakan adanya beban lampu dibaterai.



Gambar 4. 7 Pengujian Baterai menggunakan Beban Lampu

4.8. Pengujian Rpm Generator

Berdasarkan hasil pengukuran, terlihat bahwa tegangan yang terbaca oleh sensor anemometer memiliki nilai yang sama dengan hasil pengukuran menggunakan tachometer. Didapatkan dari hasil pengukuran keseluruhan persentase error bernilai 2%.

Tabel 4. 4 Pengujian Rpm Generator

NO	Rpm Alat (M/s)	Rpm Alat Ukur (M/s)	V	I	Persentase Error
1	2,5	2,4	2,98	52,5	0,041
2	1,4	1,5	2,56	43,2	0,06
3	2,6	2,5	2,85	50,1	0,04
4	2,4	2,3	2,77	49,8	0,043
5	2,3	2,2	2,76	48,8	0,045
6	2,3	2,3	2,76	48,7	0
7	2,2	2,2	2,74	47,7	0
8	2,4	2,4	2,78	48,2	0
9	2,5	2,5	2,79	49,1	0
10	2,6	2,6	2,81	49,8	0



Gambar 4. 8 Pengukuran Rpm manual Menggunakan Voltmeter



Gambar 4. 9 Pengukuran Rpm alat menggunakan Tachometer

4.9. Pengujian Pengisian Baterai (ACCU)

Pengujian pengisian baterai ini dilakukan untuk memeriksa apakah pembangkit listrik tenaga angin ini dapat dioperasikan. Berikut ini merupakan hasil pengujian dari pengisian baterai sebagai berikut ini :

Tabel 4. 5 Pengujian pengisian baterai

Jam	Kec. Angin (m/s)	V Out Generator (V)	I Out Generator (A)	V Out Buck Boost (V)	I Pengisian (A)	V Baterai (V)	Keterangan Pengisian Baterai
10.00	3.0	12.71	636.2	15,01	1.3	12,71	Tidak terjadi pengisian
11.00	2.8	12.73	633.5	2,67	0,8	12,53	Tidak terjadi pengisian
12.00	2.5	12.75	641.2	2,63	1,1	12,45	Terjadi pengisian
13.00	2.7	12.76	634.2	2,55	1,05	12,34	Terjadi pengisian
14.00	2.6	12.77	641.5	2,40	1,1	12,25	Tidak terjadi

15.00	2.8	12.80	632.2	2,36	1,1	12,14	Terjadi pengisian
16.00	2.8	12.73	633.1	2,25	0,9	12,07	Pengisian ke baterai
17.00	2.9	12.74	634.2	2,14	0,75	12,02	Pengisian ke baterai

Dari hasil pengambilan data, lama waktu yang diperlukan untuk melakukan pengisian baterai yang kapasitas 8 AH sampai penuh membutuhkan waktu 8 jam dengan rata-rata pengisian sebesar 1 A, untuk perhitungan secara teorinya dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$\text{Lama Pengisian Baterai} : \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus Pengisian}}$$

$$\text{Lama Pengisian Baterai} : \frac{8 \text{ AH}}{1 \text{ A}} = 8 \text{ Jam}$$

4.10. Pengujian Pengosongan Baterai (ACCU)

Tujuan dari uji pengosongan baterai adalah untuk menentukan durasi baterai dapat memberi daya pada beban. Uji pelepasan melibatkan penggunaan lampu DC 12 Volt 20 Watt sebagai beban untuk menguras baterai. Data lapangan menunjukkan bahwa pengosongan baterai 8 AH dengan lampu DC 12 volt 20 watt memakan waktu sekitar 5 jam. Perhitungan teoritis untuk pengosongan baterai menggunakan lampu dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut ini :

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{20}{12} = 1,6 \text{ A}$$

Arus yang dihasilkan pada pembangkit dengan menggunakan beban berupa lampu DC 12 volt 20 watt adalah sebesar 1,6 A. Untuk lama waktu yang diperlukan untuk melakukan pengosongan baterai dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.4 Lama pengosongan:

$$\text{Lama Pengosongan} : \frac{\text{Kapasitas Baterai}}{\text{Arus Pengosongan}}$$

$$\text{Lama Pengosongan} : \frac{8 \text{ AH}}{1,6 \text{ A}} = 5 \text{ Jam}$$

Berdasarkan perhitungan di atas dapat dilihat bahwa lama waktu yang diperlukan untuk men supply beban adalah selama 5 jam.

Tabel 4. 6 Pengujian pengosongan baterai

No	Jam	Tegangan Baterai (V)
1	19.30	12,79
2	20.00	12,73
3	20.30	12,69
4	21.00	12,62
5	21.30	12,50
6	22.00	12,44
7	22.30	12,30
8	23.00	12,13
9	23.30	12,03
10	24.00	11,01

Berdasarkan perhitungan diatas dapat dilihat bahwa lama waktu yang diperlukan untu proses pengosongan baterai adalah selama 5 jam ketika menggunakan beban berupa lampu DC 12 Volt 20 Watt. Hai ini berarti data

perhitungan secara teori dan data perhitungan dilapangan sama besarnya.



Gambar 4. 10 Pengujian Pengosongan Baterai

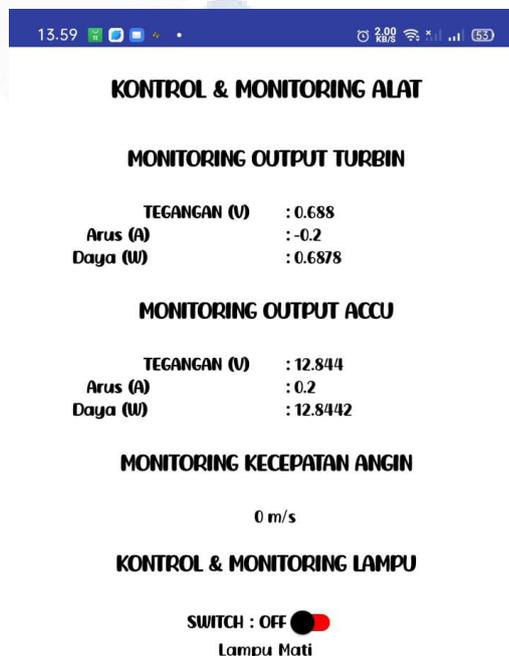
4.11. Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Tabel 4. 7 pengujian Sistem Secara Keseluruhan

NO	Waktu	Tegangan Turbin	Arus Turbin	Daya Turbin	Tegangan ACCU	Arus ACCU	Daya ACCU	Kecepatan Angin	Status Lampu
1	12.15	2,808	0,67	1,876	12,59	636,2	13,5	3,0	Hidup
2	12.25	2,817	0,57	1,605	12,49	633,5	13,2	2,9	Hidup
3	12.45	2,812	0,61	1,715	12,48	641,2	13,1	2,5	Hidup
4	12.55	2,808	0,57	1,600	12,71	0,4	12,71	3,2	Mati
5	13.10	2,816	0,52	1,481	12,73	0,1	12,73	3,5	Mati
6	13.20	2,812	0,50	1,405	12,75	0,1	12,75	3,7	Mati
7	13.30	2,812	0,65	1,826	12,47	641,5	13,1	2,7	Hidup
8	13.35	2,808	0,73	2,049	12,46	632,2	13,0	2,6	Hidup
9	13.45	2,812	0,72	2,024	12,76	0,1	12,76	3,7	Mati
10	14.00	2,812	0,47	1,321	12,77	0,3	12,77	3,7	Mati

Berdasarkan hasil pengukuran keseluruhan, terlihat bahwa semakin besar output tegangan yang dihasilkan, arus yang muncul juga akan berpengaruh nilainya. Adapun saat tegangan ACCU pada kondisi lampu hidup maka daya ACCU juga akan semakin besar, begitupun sebaliknya ketika kondisi lampu mati maka daya ACCU akan semakin kecil. Hal ini dikarenakan ada atau tidaknya beban pada ACCU yang mempengaruhi nilai dari arus dan daya. Kondisi lampu hidup juga menyebabkan keluaran arus ACCU lebih besar dibandingkan saat kondisi lampu mati.

Data dari pembangkit dapat dipantau secara berkala melalui spreadsheet maupun ponsel, memudahkan pengguna. Dengan sistem pemantauan melalui ponsel, pengguna dapat segera mengetahui adanya kerusakan pada pembangkit hanya dengan mengecek data yang tersedia. Hasil pemantauan melalui ponsel dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Monitoring data melalui Smartphone



*Gambar 4. 12 Gambar Pembangkit Listrik
Tenaga Angin Secara Keseluruh*

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan menganalisis data yang dikumpulkan selama pengujian proyek akhir ini, kita dapat menarik kesimpulan bahwa :

- Kontruksi Pembangkit Listrik Tenaga Angin ini, perancangan desainnya menggunakan aplikasi *Auto Desk Fusion*. Sementara itu untuk kontruksinya sendiri menggunakan pipa besi sein serta untuk pembuatan box komponennya sendiri menggunakan plat besi dengan ukuran 100mm x 100mm.
- Sensor Anemometer digunakan untuk mengukur kecepatan angin yang ada di pesisir pantai. Dengan penggunaan sensor ini dapat mengetahui rpm angin. Didapatkan dari hasil pengukuran keseluruhan persentase error bernilai 2%.
- Sensor INA219 digunakan unntuk mengukur arus dan tegangan pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin. Berdasarkan data pengujian yang dilakukan di Pantai Teluk Uber Sungailiat tegangan dan arus maksimal terjadi pada pukul 10.00 WIB sedangkan tegangan minimal terjadi pada pukul 17.00 WIB.
- Sistem monitoring pada pembangkit lisstrik tenaga angin ini memanfaatkan aplikasi yang terhubung ke *smartphone*, sehingga data dari pembangkit listrik tenaga angin seperti tegangan, arus turbin, dan kecepatan angin, kontrol lampu on-off dapat dipantau melalui *smartphone* dengan akses internet yang dapat diakses melalui aplikasi MIT App inventor data tersimpan *spreadsheet*.

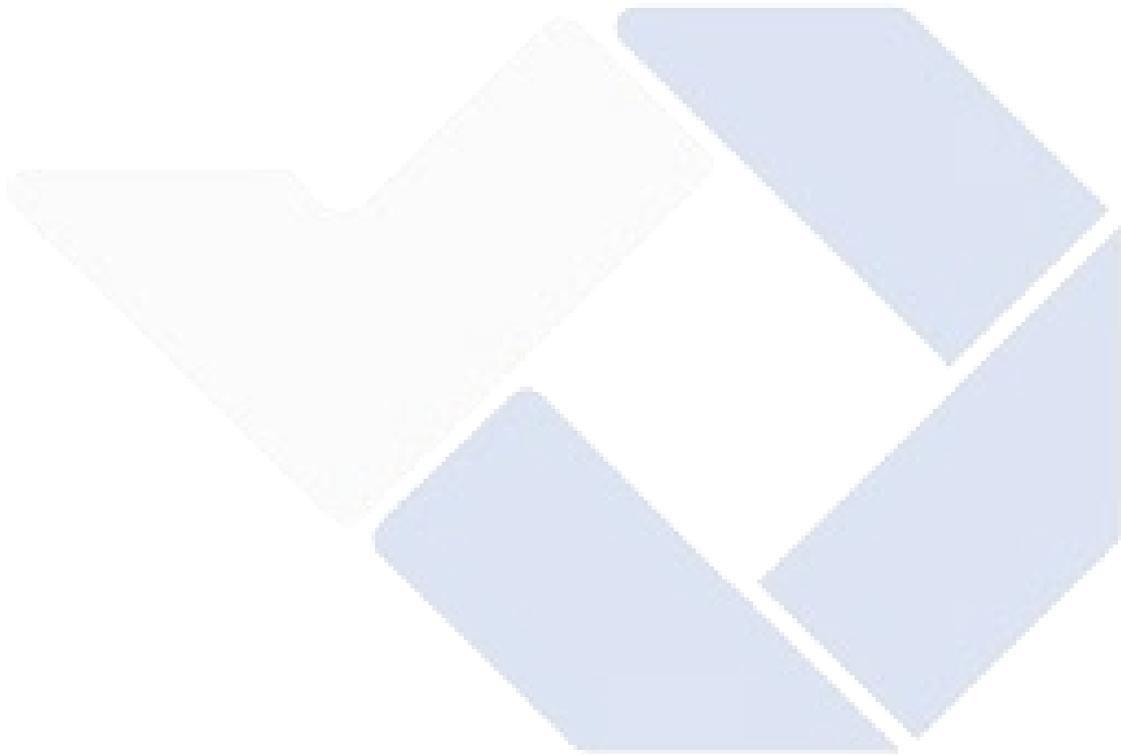
5.2. Saran

Berikut ini adalah beberapa saran untuk pembuatan proyek akhir di masa mendatang :

- Penentuan lokasi untuk pengambilan data angin sebaiknya dilakukan

dengan melakukan survei lapangan terlebih dahulu guna menilai potensi angin di area tersebut, sehingga proses pengumpulan data menjadi lebih efisien.

- Proses pengisian daya dapat dipercepat dengan menggunakan baterai dengan kapasitas lebih besar dan generator yang dapat menghasilkan lebih banyak daya.



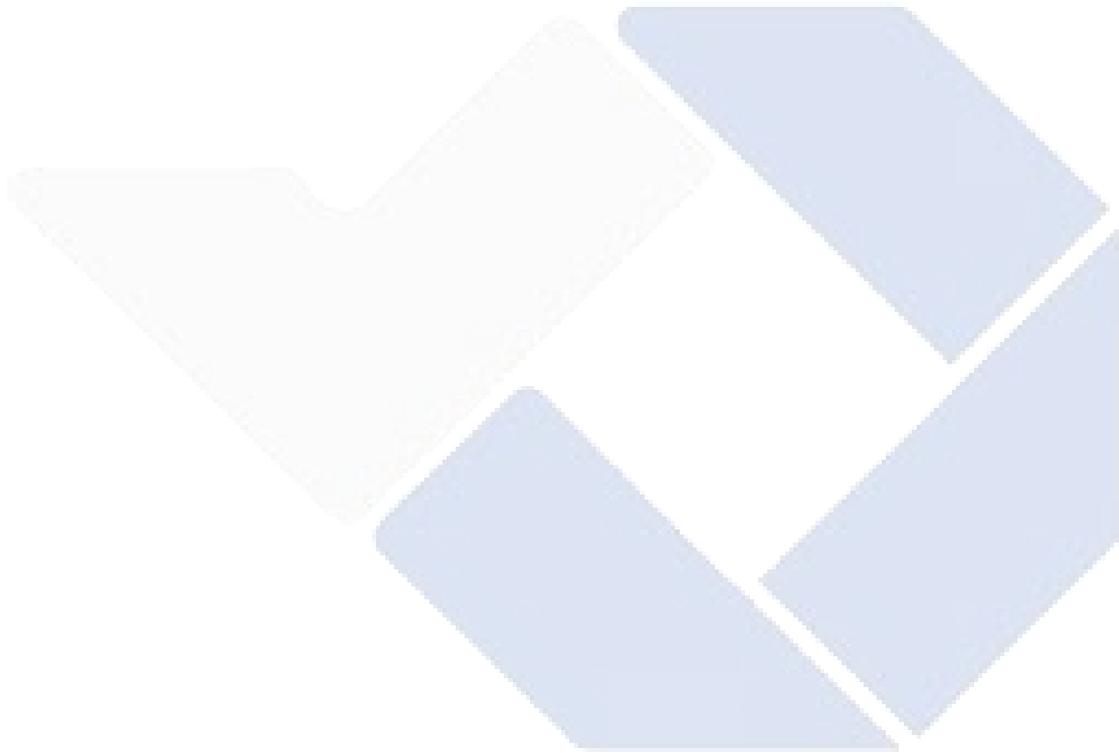
DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Aji, "Mengenal Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Bagian 1)," 10 Januari 2020. [Online]. Available: <https://seword.com/techno/mengenalpembangkit-listrik-tenaga-bayu-bagian-1>
- [2] A. A. Maike, R. Fauzi, M. Subito, T. S. Solli, and A. Alamsyah, "Rancang Bangun Alat Monitoring Output Modul Pltb (Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin), Berbasis Data Logger," *Foristek*, vol. 12, no. 1, pp. 21–29, May 2022, doi: <https://doi.org/10.54757/fs.v12i1.141>.
- [3] A. Nurdiyanto and S. I. Haryudo, "Rancang bangun prototype pembangkit listrik tenaga angin menggunakan turbin angin savonius," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: <https://doi.org/10.26740/jte.v9n1.p%25p>.
- [4] L. H. Fang, and R. B. Abd Rahim, "Design of Savonius model wind turbine for power catchment," *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 12, no. 3, p. 2285, 2022, doi: <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i3.pp2285-2299>.
- [5] I. D. W. Hermanto, "Sistem Monitoring dan Pengukuran Pembangkit Listrik Surya dan Angin Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Jurnal Teknik Elektro*, pp. 371-378, 2022.
- [6] R. Sumiati and A. Zamri, "Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik untuk Media Pembelajaran," *Jurnal Teknik Mesin*, pp. 1-8, 2013.
- [7] A. Bachtiar and W. Hayyatul, "Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras," *Jurnal Teknik Elektro ITP*, pp. 35-45, 2018.
- [8] "Solar Charger Controller – Pengertian, Cara Kerja dan Fungsinya," 25 April 2021. [Online]. Available: <https://zona-teknikk001.blogspot.com/2021/04/solar-charger-controller-pengertian.html?m=1>.

- [9] "Interfacing / Programming Sensor Cahaya BH1750 dengan Arduino," 10 November 2019. [Online]. Available: <https://www.nn-digital.com/blog/2019/11/10/interfacing-programming-sensor-cahaya-bh1750-dengan-arduino/>.
- [10] A. Faudin, "Cara mengukur tegangan & arus DC menggunakan sensor INA219," 25 Agustus 2017. [Online]. Available: <https://www.nyebarilmu.com/cara-mengukur-tegangan-arus-dc-menggunakan-sensor-ina219/>. [Accessed 23 Juni 2022].
- [11] T. Setiadi, "Belajar Arduino untuk Pemula Lengkap Penjelasan Program," 22 Februari 2022. [Online]. Available: <http://sistem-komputer-s1.stekom.ac.id/informasi/baca/Belajar-Arduino-untuk-Pemula-Lengkap-Penjelasan-Program/dcc5f53d9ca4c21d6ff0315473f3221b0c55f110>.
- [12] "Mengenal Arduino : Pengertian, Sejarah, dan Jenis- Jenisnya," 7 Agustus 2018. [Online]. Available: <https://www.andalanelektro.id/2018/08/mengenal-arduino.html>. [Accessed 23 juni 2022].
- [13] "Penjelasan dan Cara Kerja Konsep Internet of Things," 21 April 2016. [Online]. Available: <https://mobnaseemka.com/internet-of-things/>. [Accessed 23 Juni 2022].
- [14] F. T. Nugroho, "Jenis-Jenis Angin Beserta Penjelasannya yang Perlu Diketahui," 26 Agustus 2021. [Online]. Available: <https://www.bola.com/ragam/read/4640923/jenis-jenis-angin-beserta-penjelasannya-yang-perlu-diketahui>. [Accessed 23 Juni 2022].
- [15] LabElektronika, "ARDUINO MEGA 2560 MIKROKONTROLER ATmega2560," 28 Februari 2017. [Online]. Available: <http://www.labelektronika.com/2017/02/arduino-mega-2560-mikrokontroler.html>. [Accessed 24 Juni 2022].
- [16] sinauarduino, "Mengenal Arduino Software (IDE)," 16 Maret 2016. [Online]. Available: <https://www.sinauarduino.com/artikel/mengenal-arduino-software->

ide/. [Accessed 24 Juni 2022].

- [17] D. Oktariandi and R. Adrian, "MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT) UNTUK WINDTURBINE," Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Bangka, 2021.





LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Deni Azharry
Tempat, Tanggal Lahir : Palembang, 12 Desember 2002
Alamat Rumah : Jl. Lurus Belinyu
No. HP: 087842392328
Email : deniazharry@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki – laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

1. SD Negeri 12 Belinyu	Lulus Tahun 2015
2. SMP Negeri 3 Belinyu	Lulus Tahun 2018
3. SMK YPN Belinyu	Lulus Tahun 2021

3. Pengalaman Kerja

PT. XYFUJI ELEVATOR MITRA INDONESIA – BATAM

Sungailiat, 29 Juli 2024

Deni Azharry

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Firly Maulina
Tempat, Tanggal Lahir : Sungailiat, 14 Mei 2003
Alamat Rumah : Jl. Dipenogoro Bukit Betung
Sungailiat
No. HP : 085268269308
Email : firlymaulina@gmail.com
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

1. SD Negeri 25 Sungailiat	Lulus Tahun 2015
2. SMP Negeri 2 Sungailiat	Lulus Tahun 2018
3. SMA Negeri 1 Sungailiat	Lulus Tahun 2021

3. Pengalaman Kerja

Asistensi Guru SMK Yapensu Sungailiat
Asistensi Guru SMA Harapan Sungailiat

Sungailiat, 29 Juli 2024

Firly Maulina

Lampiran 2: Kode Pemograman

```
//Library Firebase ESP8266 Client by Mobizt Versi 4.0.0

#include <FirebaseESP8266.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_INA219.h>
#include <BH1750.h>

#define FIREBASE_HOST "https://tugasakhirfirly-8e70d-default-
rtbd.firebaseio.com/"
#define FIREBASE_AUTH "AIzaSyC5ntnzytMUDYY-Ohm1CQDgAZ5xy-
H8dtQ"

#define WIFI_SSID "firlyfirly"
#define WIFI_PASSWORD "firly12345678"

FirebaseData firebaseData;
FirebaseData LEDState;
FirebaseJson json;
Adafruit_INA219 monitoringACCU (0x40); //tidak disolder
Adafruit_INA219 monitoringTurbin (0x41); //Yang disolder A0
BH1750 lightMeter;

const int saklarPin = D4;
const int anemometerPin = D5;
// Konfigurasi anemometer
const int numHoles = 18; // Jumlah lubang pada anemometer
const float radius = 0.025; // Radius anemometer dalam meter

// Variabel untuk perhitungan
volatile int count = 0; // Counter untuk jumlah pembacaan sensor
```

```
unsigned long lastTime = 0; // Waktu terakhir pembacaan
```

```
float lux;
```

```
float tegangan_1, arus_1, daya_1;
```

```
float tegangan_2, arus_2, daya_2;
```

```
float windSpeed;
```

```
bool statusLampu;
```

```
void IRAM_ATTR handleInterrupt() {
```

```
    count++;
```

```
}
```

```
void setup() {
```

```
    Serial.begin(115200);
```

```
    Wire.begin();
```

```
    monitoringACCU.begin();
```

```
    monitoringTurbin.begin();
```

```
    lightMeter.begin();
```

```
    pinMode(anemometerPin, INPUT_PULLUP);
```

```
    pinMode(saklarPin, OUTPUT);
```

```
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(anemometerPin), handleInterrupt,  
FALLING);
```

```
    WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
```

```
    Serial.println("CONNECTING KAK SABAR");
```

```
    while(WiFi.status() != WL_CONNECTED){
```

```
        Serial.print(".");
```

```
        delay(500);
```

```
    }
```

```
    Serial.println();
```

```
    Serial.print("Connected With IP: ");
```

```
    Serial.println(WiFi.localIP());
```

```
    Serial.println();
```

```

Firebase.begin(FIREBASE_HOST, FIREBASE_AUTH);
lastTime = millis();

}

void loop() {

    unsigned long interval = 1000; // 1 detik

    unsigned long currentTime = millis();
    if (currentTime - lastTime >= interval) {
        // Disable interrupt sementara
        detachInterrupt(digitalPinToInterrupt(anemometerPin));

        // Hitung RPM
        float revolutions = count / float(numHoles);
        float rpm = (revolutions * 60000.0) / interval;

        // Reset counter dan waktu terakhir pembacaan
        count = 0;
        lastTime = currentTime;

        // Re-enable interrupt
        attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(anemometerPin), handleInterrupt,
FALLING);

        // Hitung kecepatan angin dalam m/s
        // Kecepatan linier (v) = omega * radius, dimana omega = 2 * pi * rpm / 60
        float omega = 2.0 * PI * rpm / 60.0;
        windSpeed = (omega * radius);

        if( Firebase.setFloat(firebaseData, "DataKirim/kecepatanAngin", windSpeed)){
            Serial.print(windSpeed);
            Serial.println("w");
        }
    }
}

```

```

    }

}

ambilData_sensorArus();
lux = lightMeter.readLightLevel();

if( Firebase.setFloat(firebaseData, "DataKirim/teganganACCU", tegangan_1)){
    Serial.print(tegangan_1);
    Serial.print(" v1|| ");
}
if( Firebase.setFloat(firebaseData, "DataKirim/arusACCU", arus_1)){
    Serial.print(arus_1);
    Serial.print(" a1|| ");
}
if( Firebase.setFloat(firebaseData, "DataKirim/dayaACCU", daya_1)){
    Serial.print(daya_1);
    Serial.print(" d1|| ");
}

if( Firebase.setFloat(firebaseData, "DataKirim/teganganTurbin", tegangan_2)){
    Serial.print(tegangan_2);
    Serial.print(" v2|| ");
}
if( Firebase.setFloat(firebaseData, "DataKirim/arusTurbin", arus_2)){
    Serial.print(arus_2);
    Serial.print(" a2|| ");
}
if( Firebase.setFloat(firebaseData, "DataKirim/dayaTurbin", daya_2)){
    Serial.print(daya_2);
    Serial.print(" d2|| ");
}
Serial.print(lux);
if(lux > 700){

```

```

    statusLampu = 1;
}else{
    statusLampu = 0;
}

if( Firebase.setFloat(firebaseData, "DataKirim/indikatorLampu", statusLampu)){
    Serial.print(statusLampu);
    Serial.print(" || ");
}

else{
    Serial.println("Karena: " + firebaseData.errorReason());
}

//Terima data dari firebase
Firebase.getString(LEDState, "DataKirim/SaklarLampu");
Serial.println(LEDState.stringData());
if(LEDState.stringData() == "1"){
    Serial.println("LAMPU MATI");
    digitalWrite(saklarPin, HIGH);
}else{
    Serial.println("LAMPU HIDUP");
    digitalWrite(saklarPin, LOW);
}

// delay(1000);
}

void ambilData_sensorArus(){
    tegangan_1 = monitoringACCU.getBusVoltage_V();
    arus_1    = monitoringACCU.getCurrent_mA();
    daya_1    = tegangan_1 * (arus_1* 1000);

    tegangan_2 = monitoringTurbin.getBusVoltage_V();

```

```
arus_2 = monitoringTurbin.getCurrent_mA();  
daya_2 = tegangan_2 * (arus_2 * 1000);  
}
```

