

## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISIS PENGARUH SUHU DAN KECEPATAN ANGIN TERHADAP POTENSI ENERGI ANGIN SEBAGAI ALTERNATIF PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN ( STUDI KASUS : KUALA TANJUNG INDRAPURA )**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**GESTI PRAMUDYA**

**1707220041**



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

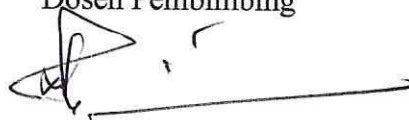
Nama : Gesti Pramudya  
NPM : 1707220041  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : Analisis Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin Terhadap Potensi Energi Angin  
Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Angin ( Studi Kasus : Kuala Tanjung  
Indrapura )  
Bidang ilmu : Energi Baru Terbarukan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan,31Mei 2022

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Ir. Abdul Azis Hutasuhut, M.M

Dosen Penguji I



Fiasal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T

Dosen Penguji II



Elvy Sahnur Nasution, ST.,M.Pd

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,



Fiasal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Gesti Pramudya  
Tempat /Tanggal Lahir : Tanjung Kasau, Batu Bara / 06 Juni 2000  
NPM : 1707220041  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

**“Analisis Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin Terhadap Potensi Energi Angin Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Angin ( Studi Kasus : Kuala Tanjung Indrapura)”**,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan,31 Mei 2022

Saya yang menyatakan

A 1000 Rupiah postage stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEWULUH RIBU RUPIAH', '1000', 'TSL. 20', 'METERAN TEMPEL', and 'B14AJX685150703'.

Gesti Pramudya

## **ABSTRAK**

Keterbatasan energi listrik yang ketergantungan terhadap bahan bakar fosil membuat pemerintah harus cepat tanggap untuk mencari berbagai macam solusi dari permasalahan tersebut dengan mencari sumber daya yang lain. Indonesia merupakan negara yang akan kaya dengan potensi daya alam yang sangat melimpah, baik matahari, air dan angin merupakan alternative peluang energy yang dapat dimanfaatkan sebaik mungkin oleh pemerintah. Dari hasil pengamatan yang dilakukan, tegangan yang dapat dihasilkan oleh turbin vertikal setelah masuk ke baterai sebesar rata – rata adalah 12 V, dan arus rata – rata sebesar 4 Ampere sedangkan daya yang dihasilkan dapat mencapai 50 Watt. Kecepatan angin berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin. Dari hasil pengujian selama 3 hari, kondisi angin pada setiap harinya dan setiap jam nya tidak sama atau tidak stabil yang menyebabkan tegangan, arus dan daya yang dihasilkan juga tidak stabil.

**Kata Kunci : PLTB, Angin, Turbin Angin**

## **ABSTRACT**

*The limitations of electrical energy that depend on fossil fuels make the government have to be responsive to find various solutions to these problems by looking for other resources. Indonesia is a country that will be rich with abundant natural resource potential, both sun, air, and wind are alternative energy opportunities that can be utilized as best as possible by the government. From the observations made, the voltage that can be generated by the vertical turbine after entering the battery is 12 V, and the average current is 4 Ampere while the power generated can reach 50 Watts. Wind speed is directly proportional to the power generated by wind power plants. From the test results for 3 days, the wind conditions on every day and every hour are not the same or unstable which causes the voltage and power generated to be unstable.*

***Keywords: PLTB, Wind, Wind Turbine***

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin Terhadap Potensi Energi Angin Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Angin ( Studi Kasus : Kuala Tanjung Indrapura)” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ayahanda tercinta Syahbuddin, Ibunda tercintaSuriyanti dan serta seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan moril maupun materil serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya Tugas Sarjana ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Ir. Abdul Azis Hutasuhut,M.M, selaku Pembimbing dalam tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingannya, masukan dan bantuan sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T., selaku Pembanding I dalam tugas akhir ini sekaligus ketua program studi teknik elektro UMSU yang telah memberikan bimbingannya, masukan dan bantuan sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T.,M.Pd selaku Pembanding II dalam tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingannya, masukan dan bantuan sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
6. Seluruh staff Tata Usaha, ,Seluruh Dosen dan rekan – rekan laboratorium Teknik Elektro UMSU, Bang Yoga, Bang Adam, Bang Sutikno, Dan Bang Irfan Novri

7. Kepada seluruh rekan – rekan Mahasiswa Seperjuangan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara terutama kelas B1 Pagi TE Stambuk 2017. Terimakasih atas dukungan bantuan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi dan kebersamaan selama ini.
8. Kepada seluruh keluarga besar Pimpinan Komisariat Ikatan Mahasiswa Elektro Fakultas Teknik UMSU yang merupakan keluarga kedua saya diperantauan yang sangat banyak memberikan segudang pengalaman, ilmu dan menjadikan saya menjadi pribadi yang lebih baik yang tidak saya dapatkan dibangku perkuliahan.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia energi baru terbarukan.

Medan, 31 Mei 2022

Gesti Pramudya

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan masalah .....	3
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Ruang Lingkup .....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematikan Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1. Studi Literatur.....	6
2.2. Landasan Teori .....	11
2.2.1. Energi Baru Terbarukan .....	11
2.2.2. Energi Angin .....	12
2.2.3. Energi Kinetik Angin .....	13
2.2.4. Prinsip Kerja dan Kontruksi Turbin Angin .....	15
2.2.5. Jenis Turbin Angin .....	16
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) .....	19
2.3.1. Turbin Angin .....	19
2.3.2. Inverter .....	20



2.3.3. SCC.....	24
2.3.4. Baterai.....	26
2.3.5. Generator DC.....	28
2.3.6. Anemometer .....	28
2.4. Menentukan Sudut Turbin Angin .....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>36</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	36
3.2 Alat dan Bahan .....	36
3.3 Tahapan Percobaan.....	37
3.4 Diagram Blok Perancangan Alat .....	38
3.5 Diagram Alir.....	38
3.5 Flowchart .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Turbin Angin .....	16
Gambar 2.2. Turbin Angin Horizontal .....	17
Gambar 2.3. Turbin Vertikal .....	19
Gambar 2.4. Iinverter .....	20
Gambar 2.5. Rangkaian Inverter .....	23
Gambar 2.6 SCC .....	25
Gambar 2.7 Baterai .....	28
Gambar 2.8 Alat Pengukur Kecepatan .....	30
Gambar 2.9 Asumsi Teoribetz .....	32
Gambar 2.10 Sketsa Gaya Pada Penampang Sudu .....	35

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Krisis energi saat ini mengajarkan kepada kita, bangsa Indonesia bahwa usaha serius dan sistematis untuk mengembangkan dan menerapkan sumber energi terbarukan untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil perlu segera dilakukan. Penggunaan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan, terutama yang dapat mengurangi berbagai dampak buruk yang ditimbulkan akibat penggunaan BBM. Desakan untuk meninggalkan minyak bumi sebagai sumber pengadaan energi nasional saat ini terus digulirkan oleh berbagai pihak, termasuk dari pemerintah sendiri langkah tersebut sangat diperlukan agar Indonesia keluar dari krisis energi yang berkelanjutan.

Keterbatasan energi listrik yang ketergantungan terhadap bahan bakar fosil membuat pemerintah harus cepat tanggap untuk mencari berbagai macam solusi dari permasalahan tersebut dengan mencari sumber daya yang lain. Indonesia merupakan negara yang akan kaya dengan potensi daya alam yang sangat melimpah, baik matahari, air dan angin merupakan alternative peluang energy yang dapat dimanfaatkan sebaik mungkin oleh pemerintah.

Masyarakat sekarang sangatlah bergantung pada listrik dari bahan bakar fosil, tidak hanya sebagai penerangan juga mendukung kegiatan ekonomi. Akibat yang ditimbulkan dari besarnya pemakaian beban listrik yang besar serta penggunaan energy fosil yang sangat besar adalah sering terjadinya pemadaman bergilir dan sering

mengakibatkan gangguan pada pembangkit tenaga listrik yang mengakibatkan perekonomian dapat terganggu.

Pemerintah harus tanggap untuk membuat alternative energi pengganti, yang sangat berpotensi, salah satunya adalah memanfaatkan energi angin sebagai sumber energy untuk pembangkit energi listrik. Menanggulangi padamnya listrik para warga menggunakan genset sebagai energi pengganti, sementara harga BBM ( Bahan Bakar Minyak) yang semakin mahal membuat masyarakat harus berfikir untuk meminimalisir biaya yang akan dikeluarkan untuk pemakaian rumahan.

Terkhusus pada daerah Kauala Tanjung Indrapura, daerah tersebut merupakan daerah pesisir pantai. Menurut beberapa penelitian menyatakan bahwa daerah pesisir pantai merupakan daerah yang sangatlah cocok apabila dimanfaatkan pembangkit listrik terbarukan yaitu tenaga angin. Hal ini dikarenakan kecepatan angin pada daerah pesisir pantai relatif jauh lebih tinggi dibandingkan daerah yang tidak berada di pesisir pantai. Kemudian yang menjadi permasalahannya adalah apakah daerah pesisir pantai memiliki kecepatan angin yang tinggi dengan kestabilan yang relatif sama, atau berbeda – beda tergantung kondisi cuaca pada hari.

Penggunaan energi terbarukan yaitu pembangkit listrik tenaga angin tentu saja sangatlah menguntungkan apabila digunakan pada daerah yang efisien ( dalam artian menghasilkan energi yang cukup besar dari angin ). Selain juga menggunakan energi terbarukan, pembangkit listrik tenaga angin juga ramah lingkungan dengan tidak ada polusi yang diciptakan oleh pembangkit ini, sehingga aman untuk digunakan bahkan untuk skala rumahan. Namun yang menjadi perhatian adalah tetap apakah angin pada

daerah yang dipasang PLT Angin mencukupi untuk menghasilkan energi listrik yang besar? Dan apakah angin pada daerah itu stabil ?

Mengingat hal – hal diatas maka dari itulah penulis ingin mengangkat judul “Analisis Pengaruh Suhu Dan Kecepatan Angin Terhadap Potensi Energi Angin Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Studi Kasus : Kuala Tanjung Indrapura)” untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap kecepatan angin dan mengetahui apakah pada daerah ini efisien digunakan PLT Angin.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah dari judul yang ingin diajukan adalah :

1. Bagaimana tingkat kecepatan angin pada daerah Kuala Tanjung Indrapura tersebut?
2. Bagaimana suhu pada daerah daerah Kuala Tanjung Indrapura tersebut?
3. Bagaimana perbandingan antara suhu dan kecepatan angin yang dihasilkan pada daerah tersebut?
4. Apakah daerah kuala tanjung Indrapura tersebut cukup efisien apabila digunakan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB)?

## **1.3 Tujuan Masalah**

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk menganalisis tingkat kecepatan angin pada daerah daerah Kuala Tanjung Indrapura
2. Untuk menganalisis tingkat suhu pada daerah daerah Kuala Tanjung Indrapura.

3. Untuk menganalisis perbandingan antara suhu dan kecepatan angin yang dihasilkan
4. Untuk menganalisis apakah daerah tersebut efisien bila digunakan PLTB

#### **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Pada penelitian ini terdapat beberapa ruang lingkup penelitian yang diberikan yaitu :

1. Menghitung tingkat kecepatan angin pada daerah studi kasus
2. Mengukur suhu pada daerah studi kasis
3. Membandingkan kecepatan angin dan suhu
4. Menentukan pembangkit yang lebih efektif digunakan didaerah tersebut.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini meliputi dua aspek yaitu, aspek tekno-ekonomi dan juga lingkungan. Aspek dari tekno-ekonomi yaitu penggunaan teknologi yang terbarukan dan ekonomis. Sedangkan untuk aspek lingkungan yaitu memberikan informasi pada warga desa akan penting nya energi baru terbarukan.

#### **1.6 Sistematiks penulisan**

Adapun sistematika penulisan tugas akhir inidiuraikan secara singkat sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam penelitian ini.

## **BAB III METODE PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasipenelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian

## **BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalam penelitian ini.

## **BAB V PENUTUP**

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dan saran dari penelitian dan penulisan tugas akhir ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Literatur**

Saat ini berbagai penelitian yang terkait dengan penggunaan pemanfaatan energi angin telah banyak dilakukan. Hal ini disebabkan karena penggunaannya merupakan alternatif guna mengurangi penggunaan energy listrik dari PLN serta guna memanfaatkan potensi alam yang sudah ada sehingga sangat membantu dalam mengurangi penggunaan energi fosil yang saat ini semakin menipis. Berdasarkan hal ini beberapa penelitian sebelumnya yang dijadikan acuan dalam penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :

Sistem *Hybrid* dapat melibatkan 2 atau lebih system pembangkit listrik, umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan untuk *hybrid* adalah genset, PLTS, mikrohydro, Tenaga Angin. Sehingga system *hybrid* bisa berarti PLTS-Genset, PLTS- Mikrohydro, PLTS- Tenaga Angin dst. Tujuan dari Hybrid PV-Genset adalah mengkombinasikan keunggulan dari setiap pembangkit (dalam hal ini genset & PLTS) sekaligus menutupi kelemahan masing-masing pembangkit untuk kondisi-kondisi tertentu, sehingga secara keseluruhan sistem dapat beroperasi lebih ekonomis dan efisien. (Karim, 2019)

Indonesia pada saat ini sedang giatnya mengembangkan potensi energi terbarukan sebagai pengganti cadangan energi fosil yang menipis. Selain memanfaatkan energi surya, energi angin juga merupakan salah satu energi alternatif. Energi angin di Indonesia sangat berpotensi besar, tetapi masih sangat kurang dalam pemanfaatannya. Potensi energi angin di Indonesia umumnya berkecepatan lebih dari



5 meter per detik (m/ detik). Hasil pemetaan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (Lapan) pada 120 lokasi menunjukkan, beberapa wilayah memiliki kecepatan angin di atas 5 m/detik, masing-masing Nusa Tenggara Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan, dan Pantai Selatan Jawa. Adapun kecepatan angin 4 m/detik hingga 5 m/detik tergolong berskala menengah dengan potensi kapasitas 10-100 kW.

Pengubahan energi angin menjadi energi mekanik menjadi listrik yang bermanfaat bagi manusia dilakukan dengan menggunakan Sistem Konversi Energi Angin (SKEA), sedangkan perubahan ke listrik disebut SKEA listrik atau turbin angin. Untuk pemanfaatannya, pemilihan sebuah SKEA dilakukan berdasarkan *supply* (potensi angin yang tersedia di suatu lokasi) dan *demand* (penggunaan atau pemanfaatan) sesuai dengan kebutuhan aktual di lokasi tersebut. Besarnya *supply* pada pembangkit listrik tenaga angin tergantung pada potensi energi angin yang tersedia di lokasi yang dapat dinyatakan dalam rapat daya ( $W/m^2$ ) atau rapat energi ( $KWH/m^2$ ). Sedangkan *demand* dinyatakan dalam KWH total. (Julisman et al., 2017)

Turbin angin merupakan salah satu solusi untuk mengatasi sumber energi fosil yang semakin terbatas Energi angin adalah udara yang bergerak yang secara tidak langsung merupakan energi yang berasal dari matahari, karena angin dipengaruhi oleh pemanasan yang dilakukan oleh matahari secara tidak merata di permukaan bumi oleh matahari. Lapisan udara yang menghangatkan mengakibatkan perbedaan tekanan udara di atmosfer (Notosudjono, 2017).

Pengembangan energi terbarukan sangat cocok untuk membantu desa dan perumahan yang mengalami kesulitan pasokan listrik PLN. Eksploitasi energi angin ini sangat baik mengingat angin tidak akan pernah habis atau berkurang, berbeda dengan

bahan bakar fosil yang akan habis bila dipakai terus menerus.(Bachtiar & Hayyatul, 2018)

Energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin merupakan fungsi dari kecepatan angin dan luas bidang sapuan udara pada sudu- sudu angin (turbine blade). Untuk pembangkit listrik tenaga angin berskala kecil (*small wind Power*) dengan daya 20 – 500 watt, umumnya membutuhkan kecepatan angin rata-rata minimal 4,0 – 4,5 m/s. Secara umum sebagian besar turbin angin mulai menghasilkan daya listrik pada kecepatan angin 4 m/s dan akan berhenti tidak menghasilkan energi pada kecepatan angin 25 m/s.

Turbin angin sumbu tegak merupakan alternatif pembangkit tenaga listrik yang dapat diaplikasikan baik di daerah pesisir maupun perkotaan karena turbin angin jenis selalu dapat berputar walaupun didaerah yang memiliki tiupan angin berkecepatan rendah dan berubah-ubah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya energi listrik yang dihasilkan oleh seperangkat pembangkit listrik tenaga angin dengan kincir tipe horosontal dengan memanfaatkan ketinggian gedung,mengetahui adanya keterkaitan atau hubungan antara kecepatan angin dengan daya output pada pembangkit listrik tenaga angin, dan merancang suatu sistem pembangkit listrik tenaga angin skala kecil yang mampu menghasilkan daya yang optimal.(Bachtiar & Hayyatul, 2018)

## **2.2 Landasan Teori**

### **2.2.1 Energi Terbarukan**

Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari alam disekitar kita, beberapa contoh energi terbarukan adalah angin, air, geothermal, biomas, dan matahari.

Disebut energi terbarukan karena energi tersebut dapat memperbaharui energi itu sendiri dalam kurun waktu yang singkat dan sangat berbeda dengan energi fosil yang memerlukan waktu bertahun-tahun agar terbentuk energy lagi. Di Indonesia sendiri potensi energi baru terbarukan sangat besar dikarenakan iklim di Indonesia sangat bagus untuk energi terbarukan contohnya adalah matahari di indonesia cukup sering karena terbagi menjadi 2 iklim dalam setahun.

Energi terbarukan sangat ramah lingkungan Karena tidak menghasilkan emisi gas buang dan juga limbah sehingga dapat mengurangi pencemaran lingkungan hidup, beberapa wilayah di Indonesia telah mengembangkan energi terbarukan contohnya pada pesisir pantai yang dapat menggunakan panas sinar matahari dan menggunakan angin sebagai energi alternatif disamping menggunakan energi dari *supplay* PLN.

### **2.2.2. Energi Angin**

Secara sederhana energi potensial yang terdapat pada angin dapat memutarakan blade-blade yang terdapat pada kincir angin, dimana blade-blade ini terhubung dengan poros dan memutarakan poros yang telah terhubung dengan generator dan menimbulkan arus listrik. Model sederhana dari turbin angin mengambil dasar teori dari momentum, angin dengan kecepatan tertentu menabrak rotor yang memiliki performa sayap atau propeller.

Dalam model sederhana, dimana memungkinkan newtonian mechanics digunakan, aliran diasumsikan steady dan mendatar, udara diasumsikan *incomepressible* dan *inviscid*, dan aliran *downstream* (aliran setelah melalui rotor)

diasumsikan konstan disekeliling bagian *streamtube* dengan tidak ada diskontinuitas tekanan.

### 2.2.3. Energi Kinetik Angin

Energi angin merupakan energi alternatif yang mempunyai prospek baik karena selalu tersedia di alam, dan merupakan sumber energi yang bersih dan terbarukan kembali. Proses pemanfaatan energi melalui dua tahapan konversi yaitu :

1. Aliran angin akan menggerakkan rotor (baling-baling) yang menyebabkan rotor berputar selaras dengan angin bertiup.
2. Putaran rotor dihubungkan dengan generator sehingga dapat dihasilkan listrik.

Dengan demikian energi angin merupakan energi kinetik atau energi yang disebabkan oleh kecepatan angin untuk dimanfaatkan memutar sudu-sudu kincir angin. Untuk memanfaatkan energi angin menjadi energi listrik maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung energy angin dengan rumus :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

E : energi kinetik (joule)

M : Masa udara (Kg)

V : Kecepatan Angin (m/det)

Untuk mendapatkan massa udara dimisalkan satu blok udara mempunyai penampang dengan luas A ( $m^2$ ), dan bergerak dengan kecepatan v (m/det), maka massa udara adalah yang melewati suatu tempat adalah :

$$m = A.v.\rho \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

m : massa udara yang mengalir (kg/det)

A : luas penampang ( $m^2$ )

V : kecepatan angin (m/det)

$\rho$  : kerapatan udara ( $kg/m^3$ )

dengan persamaan (2.1) dan (2.2) dapat dihitung besar daya yang dihasilkan energy angin yaitu :

$$p = \frac{1}{2}A.v^3.\rho \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

p : daya yaitu energi persatuan waktu (watt)

A : luas penampang ( $m^2$ )

V : kecepatan angin (m/det)

$\rho$  : kerapatan udara ( $kg/m^3$ )

Cp : Power constant

A : Jari-jari (m)

Cp (*Power Constant*) merupakan besaran yang dimiliki oleh motor dan berbeda-beda setiap tipe yang berbeda. Cp merupakan keahlian suatu motor untuk mengkonversi dari energi gerak menjadi energi listrik atau sebaliknya dengan memperhitungkan nilai setiap rugi-rugi yang dimilikinya.

#### **2.2.4. Prinsip Kerja dan Kontruksi Turbin Angin**

Sistem pembangkit listrik tenaga angin ini merupakan pembangkit listrik yang menggunakan turbin angin (wind turbine) sebagai peralatan utamanya. Dalam skala utility memiliki berbagai ukuran, dari 100 kilowatt sampai dengan beberapa megawatt. Turbin besar dikelompokkan bersama-sama ke arah angin, yang memberikan kekuatan massal ke jaringan listrik. Turbin kecil tunggal, di bawah 100 kilowatt dan digunakan pada rumah, telekomunikasi, atau pemompaan air. Turbin kecil kadang-kadang digunakan dalam kaitannya dengan generator diesel, baterai dan sistem fotovoltaik.

Sistem ini disebut sistem angin hibrid dan sering digunakan di lokasi terpencil di luar jaringan, di mana tidak tersedia koneksi ke jaringan utilitas. Tenaga angin modern dihasilkan dalam bentuk listrik dengan merubah rotasi pisau turbin menjadi arus listrik menggunakan generator listrik. Kincir dengan energi angin digunakan untuk memutar peralatan mekanik dalam melakukan kerja fisik, seperti memompa air atau menyalakan lampu. Daya yang dihasilkan oleh turbin angin tergantung pada diameter pada sudu. Semakin besar diameter, maka daya yang dihasilkan semakin besar.



Gambar 2.1 Turbin Angin

(Karim, 2019)

Turbin angin sekarang ini banyak digunakan untuk mengakomodasi listrik masyarakat dengan menggunakan konversi energi dengan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbarui yaitu angin. Cara kerja pembangkit listrik tenaga bayu/angin cukup sederhana. Energi angin yang memutar turbin angin, diteruskan untuk memutar rotor pada generator dibelakang bagian turbin angin, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Energi listrik ini biasanya akan disimpan dalam baterai sebelum dimanfaatkan. Banyaknya baterai disesuaikan dengan jumlah daya yang dibutuhkan dalam instalasi listrik rumah tangga atau instansi.

### 2.2.5. Jenis Turbin Angin

Dalam perkembangannya turbin angin dibagi menjadi dua jenis turbin angin Propeller dan turbin angin Darrieus. Kedua jenis turbin inilah yang kini memperoleh perhatian besar untuk dikembangkan. Pemanfaatannya yang umum sekarang sudah

digunakan adalah untuk memompa air dan pembangkit tenaga listrik. Turbin angin terdiri atas dua jenis, yaitu :

### 1. Turbin Angin Sumbu Horizontal

Turbin angin Propeller adalah jenis turbin angin dengan poros horizontal seperti baling-baling pesawat terbang pada umumnya. Turbin angin ini harus diarahkan sesuai dengan arah angin yang paling tinggi kecepatannya.



Gambar 2.2. Turbin Angin Horizontal

(Karim, 2019)

Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLTA) adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang merubah potensi angin menjadi energi listrik. Angin adalah udara yang bergerak/mengalir, sehingga memiliki kecepatan, tenaga dan arah. Penyebab dari pergerakan ini adalah pemanasan bumi oleh radiasi matahari. Daya yang dihasilkan energi angin dirumuskan sebagai berikut:

$$P = k.F.A.E. v^3 \dots\dots\dots(2.4)$$



Dengan  $P$  = daya (kw)

$K$  = konstanta =  $1,37 \cdot 10^{-5}$

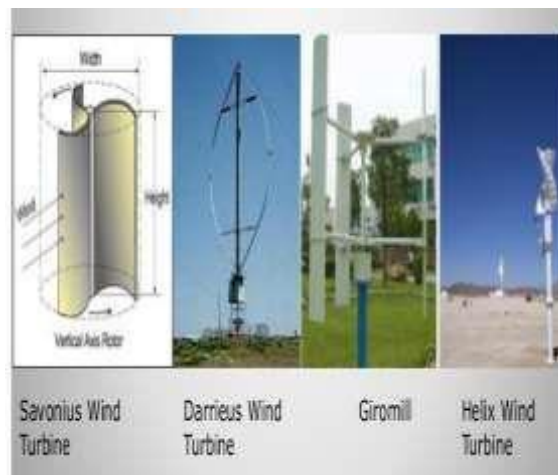
$F$  = faktor = 0,5926

$E$  = efisiensi rotor dan peralatan lain

$v$  = kecepatan angin (m/det)

## 2. Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal/tegak memiliki sumbu rotor utama yang disusun tegak lurus. Generator dan gearbox turbin jenis ini bisa ditempatkan didekat tanah, sehingga menara tidak perlu menyokongnya dan lebih mudah diakses untuk keperluan perawatan. Desain turbin ini menyebabkan sejumlah desain menghasilkan tenaga putaran yang berdenyut. Drag (gaya yang menahan pergerakan) sebuah benda padat melalui fluida (zat cair atau gas) bisa saja tercipta saat kincir berputar. Drag sulit dipasang diatas menara, turbin sumbu tegak sering dipasang lebih dekat ke dasar tempat ia diletakkan, seperti tanah atau puncak atap sebuah bangunan.



Gambar 2.3 Turbin Vertikal

(Karim, 2019)

## **2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)**

### **2.3.1. Turbin Angin**

Turbin angin adalah kincir angin yang digunakan untuk membangkitkan tenaga listrik. Turbin angin ini pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, dll. Turbin angin terdahulu banyak dibangun di Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan Windmill.

Kini turbin angin lebih banyak digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan listrik masyarakat, dengan menggunakan prinsip konversi energi dan menggunakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui yaitu angin. Walaupun sampai saat ini pembangunan turbin angin masih belum dapat menyaingi pembangkit listrik konvensional (Contoh: PLTD, PLTU, dll), turbin angin masih lebih dikembangkan oleh para ilmuwan karena dalam waktu dekat manusia akan dihadapkan dengan masalah kekurangan sumber daya alam tak terbaharui (Contoh: batubara, minyak bumi) sebagai bahan dasar untuk membangkitkan listrik.

### **2.3.2. Inverter**

*Inverter* adalah suatu rangkaian atau perangkat elektronika yang dapat mengubah arus listrik searah (DC) ke arus listrik bolak-balik (AC) pada tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan sesuai dengan perancangan rangkaiannya. Sumber-sumber arus listrik searah atau arus DC yang merupakan Input dari *Power Inverter* tersebut dapat berupa Baterai, Aki maupun Sel Surya (*Solar Cell*). Inverter ini akan sangat bermanfaat apabila digunakan di daerah-daerah yang memiliki keterbatasan pasokan arus listrik AC. Karena dengan adanya Power Inverter, kita dapat menggunakan Aki

ataupun Sel Surya untuk menggerakkan peralatan-peralatan rumah tangga seperti Televisi, Kipas Angin, Komputer atau bahkan Kulkas dan Mesin Cuci yang pada umumnya memerlukan sumber listrik AC yang bertegangan 220V ataupun 110V.



Gambar 2.4 Inverter

(Notosudjono, 2017).

Bentuk-bentuk Gelombang yang dapat dihasilkan oleh Power Inverter diantaranya adalah gelombang persegi (*square wave*), gelombang sinus (*sine wave*), gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*) dan gelombang modulasi pulsa lebar (*pulse width modulated wave*) tergantung pada desain rangkaian inverter yang bersangkutan. Namun pada saat ini, bentuk-bentuk gelombang yang paling banyak digunakan adalah bentuk gelombang sinus (*sine wave*) dan gelombang sinus yang dimodifikasi (*modified sine wave*). Sedangkan Frekuensi arus listrik yang dihasilkan pada umumnya adalah sekitar 50Hz atau 60Hz dengan Tegangan Output sekitar 120V atau 240V.

Menurut jenis gelombang keluarannya *Inverter* dibedakan menjadi dua yaitu :

1. *Inverter* Sumber Arus (*Current Source Inverter*)

Ciri-ciri *inverter* sumber arus (ISA) :

- a. ISA didesain hanya untuk mengontrol frekuensi, oleh karena itu diperlukan suatu rangkaian *chopper* untuk mengatur tegangan keluar.
- b. *Output* yang dihasilkan adalah *black modulation* sehingga dibutuhkan solusi tambahan untuk menekan harmonik dan pulsating torque, yaitu dengan memperbesar induktansi motor.
- c. Kontrol traksi yang diaplikasikan relatif sederhana sehingga dapat direalisasikan dengan menggunakan teknik TTL (*Transistor-Transistor Logic*) atau *analog*.

## 2. *Inverter* Sumber Tegangan (*Voltage Source Inverter*)

Ciri-ciri *Inverter* sumber tegangan (IST) :

- a. IST mengontrol baik frekuensi maupun tegangan output dengan mempergunakan teknik PWM (*Pulse Width Modulation*) oleh sebab itu diperlukan sistem kontrol yang kompleks (*Microprocessor*).
- b. PWM menghasilkan *output* yang mensekati sinus sehingga harmonik dan pulsating torque dapat ditekan, yaitu dengan melakukan pengaturan *software* untuk menghasilkan patron-patron pulsa yang diinginkan.
- c. Kontrol traksi yang diaplikasikan sangat kompleks sehingga diperlukan teknik kontrol digital dengan mikrokomputer atau mikroprosesor dan *software programming* yang memerlukan kualifikasi personil yang secara khusus mendalami bidang tersebut.

*Inverter* sumber tegangan (*Voltage Source Inverter*) dibedakan menjadi dua yaitu :

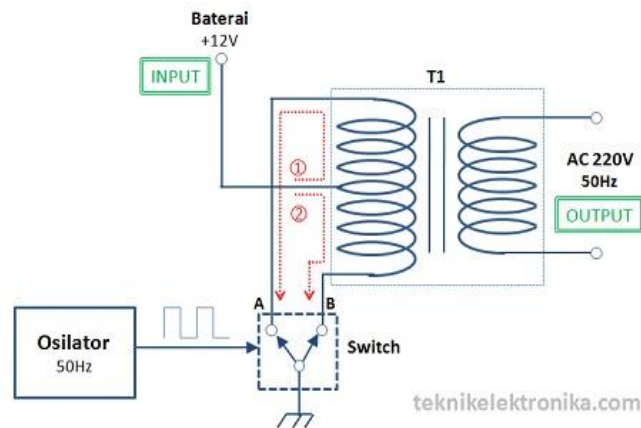
1. *Inverter* sumber tegangan dengan frekuensi dan tegangan keluaran konstan.

2. *Inverter* sumber tegangan dengan frekuensi dan tegangan keluaran berubah.

Keluaran *inverter* inilah yang menjadi masukan bagi motor AC yang banyak digunakan di perusahaan ini, terutama motor induksi (AC) untuk mesin-mesin agar diperoleh hasil produksi yang sesuai dengan keinginan perusahaan.

### 2.3.2.1. Prinsip kerja Inverter

Suatu Power Inverter yang dapat mengubah arus listrik DC ke arus listrik AC ini hanya terdiri dari rangkaian Osilator, rangkaian Saklar (Switch) dan sebuah Transformator (trafo) CT seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah ini



Gambar 2.5 rangkaian inverter

(Notosudjono, 2017).

Sumber daya yang berupa arus listrik DC dengan tegangan rendah (contoh 12V) diberikan ke Center Tap (CT) Sekunder Transformator sedangkan dua ujung Transformator lainnya (titik A dan titik B) dihubungkan melalui saklar (switch) dua arah ke ground rangkaian. Jika saklar terhubung pada titik A akan menyebabkan arus listrik jalur 1 mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap Primer Transformator yang kemudian mengalir ke titik A Transformator hingga ke ground melalui saklar.

Pada saat saklar dipindahkan dari titik A ke titik B, arus listrik yang mengalir pada jalur 1 akan berhenti dan arus listrik jalur 2 akan mulai mengalir dari terminal positif baterai ke Center Tap Primer Transformator hingga ke ground melalui Saklar titik B. Titik A, B dan Jalur 1, 2 dapat dilihat pada gambar 2.6.

Peralihan ON dan OFF atau A dan B pada Saklar (Switch) ini dikendalikan oleh sebuah rangkaian Osilator yang berfungsi sebagai pembangkit frekuensi 50Hz yaitu mengalihkan arus listrik dari titik A ke titik B dan titik B ke titik A dengan kecepatan 50 kali per detik. Dengan demikian, arus listrik DC yang mengalir di jalur 1 dan jalur 2 juga bergantian sebanyak 50 kali per detik juga sehingga ekuivalen dengan arus listrik AC yang berfrekuensi 50Hz. Sedangkan komponen utama yang digunakan sebagai Switch di rangkaian Switch Inverter tersebut pada umumnya adalah MOSFET ataupun Transistor.

Sekunder Transformator akan menghasilkan Output yang berupa tegangan yang lebih tinggi (contohnya 120V atau 240V) tergantung pada jumlah lilitan pada kumparan sekunder Transformator atau rasio lilitan antara Primer dan Sekunder Transformator yang digunakan pada Inverter tersebut.

### ***2.3.3. Solar Charge Controller***

Menurut (Permana & Desrianty, 2015) Solar charge controller adalah komponen untuk pembangkit listrik tenaga surya, memiliki fungsi sebagai pengisi baterai (kapan baterai diisi dan menjaga pengisian baterai) dan untuk mengatur arus listrik yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar. Solar charge controller biasanya terdiri dari 1 input (2 terminal) yang terhubung dengan output panel surya, 1

output (2 terminal) yang terhubung dengan baterai atau aki, dan 1 output (2 terminal) yang terhubung dengan beban. Arus listrik DC yang berasal dari baterai biasanya tidak mungkin masuk ke panel surya karena ada diode protection yang hanya melewati arus listrik DC dari panel surya ke baterai.

Sedangkan pendapat lain yang masih dalam artian yang sama *Solar charge controller* adalah salah satu komponen didalam system pembangkit listrik DC, yang berfungsi sebagai pengatur arus listrik baik terhadap arus yang masuk dari panel surya maupun arus beban keluar yang digunakan. *Solar charge controller* ini bekerja untuk menjaga baterai dari pengisian yang berlebihan dan mengatur tegangan serta arus dari panel surya ke baterai.

Sebagian besar panel surya 12 volt menghasilkan tegangan keluaran sekitar 16 sampai 20 volt DC, jadi jika tidak ada pengaturan, baterai akan cepat rusak dari pengisian tegangan yang berlebihan. Pada umumnya baterai 12 volt membutuhkan tegangan pengisian sekitar 13-14,8 volt (tergantung tipe baterai) untuk dapat terisi penuh.



Gambar 2.6 *solar charge controller*

(Notosudjono, 2017).

## Teknologi *Solar Charge Controller*

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh solar charge controller:

1. PWM (*Pulse Wide Modulation*), seperti namanya menggunakan 'lebar' pulse dari on dan off elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan sine wave electrical form.
2. MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), yang lebih efisien konversi DC to DC (*Direct Current*). MPPT dapat mengambil *maximum* daya dari PV. MPPT charge controller dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai.

## Fungsi dan fitur *solar charge controller*

1. Saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka *controller* akan menghentikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah pengisian yang berlebihan.
2. Saat tegangan di baterai dalam keadaan hampir kosong, maka controller berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban / peralatan listrik. Dalam kondisi tegangan tertentu ( umumnya sekitar 10% sisa tegangan di baterai ) , maka pemutusan arus beban dilakukan oleh *controller*. Hal ini menjaga baterai dan mencegah kerusakan pada sel – sel baterai. Pada kebanyakan model *controller*, indikator lampu akan menyala dengan warna



tertentu ( umumnya berwarna merah atau kuning ) yang menunjukkan bahwa baterai dalam proses pengisian.

3. Mengatur arus yang dibebaskan atau diambil dari baterai agar baterai tidak *full discharge* dan *overloading*.

#### **2.3.4. Baterai**

Baterai adalah perangkat yang tidak dapat dipisahkan dalam system satelit. System ini akan menyediakan daya listrik untuk misi yang pendek atau sebagai *back-up* untuk misi yang panjang. Satelit menggunakan solar panel sebagai sumber energy utama dan menyimpan energy ke dalam baterai. Baterai tersebut akan digunakan untuk kebutuhan daya listrik yang sangat tinggi atau pada saat terjadi *eclipse*.

Dalam mempertimbangkan posisi peletakannya maka aki kering tidak mempunyai kendala, lain halnya dengan aki basah. Aki konvensional kandungan timbalnya (Pb) juga masih tinggi sekitar 2,5% untuk masing-masing sel positif dan negatif. Sedangkan jenis hybrid kandungan timbalnya sudah dikurangi menjadi masing-masing 1,7%, hanya saja sel negatifnya sudah ditambahkan unsur calcium.

Terdapat 2 jenis baterai berdasarkan pada proses yang terjadi, yaitu:

#### 3. *Primary battery*

Baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja dan dibuang. Material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan.

#### 4. *Secondary battery*

Baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali, proses kimia yang terjadi di dalam baterai ada reversibel, dan baha aktif dapat kembali ke kondisi semula dengan pengisian sel.

Secara garis besar, baterai dapat dibedakan berdasarkan aplikasi dan kontruksinya. Berdasarkan aplikasi maka baterai dibedakan untuk automotif, marine, dan deep cycle. Deep cycle meliputi baterai yang biasa digunakan untuk PV (*photo voltaic*) dan *back up power*, sedangkan secara kontruksi maka baterai dibedakan menjadi type basah, gel dan AGM (*Absorbed Glass Mat*). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dengan VRLA (*valve Regulated Lead Acid*).

Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan dibawah ini

$$N (\text{Ah}) = I (\text{ampere}) \times t (\text{hours})$$

Dimana :

N = kapasitas baterai aki

I = kuat arus (ampere)

t = waktu (jam/second)

komponen-komponen baterai terdiri atas:

- a. Kotak baterai
- b. Elektrolit baterai
- c. Sumbat ventilasi
- d. Plat positif dan plat negative
- e. Separator
- f. Lapisan serat gelas (fiber glass)
- g. Sel batera



Gambar 2.7 Baterai

(Notosudjono, 2017).

### 2.3.5. Generator DC

Generator DC merupakan sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC / arus searah. Generator DC dibedakan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker)

Energi kinetik angin yang berhembus dalam satuan waktu adalah:

$$P_w = \frac{1}{2} A v^3 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

$P_w$  : Daya angin (W)

$v$  : kecepatan angin (m/s)

$A$  : luas penampang ( $m^2$ )

: kerapatan udara ( $1.1726 \text{ kg/m}^3$ )

### **2.3.6. Anemometer**

Menurut (Mahar et al., 2018) Anemometer merupakan sebuah perangkat yang dapat mendeteksi kecepatan angin. Perangkat ini salah satunya digunakan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) untuk mendeteksi kecepatan angin. Kecepatan angin dapat diklasifikasikan berdasarkan Skala Beaufort [1] seperti disajikan pada Tabel 1. Anemometer belum banyak dimanfaatkan oleh masyarakat untuk aplikasi di rumah.

Anemometer adalah sebuah alat pengukur kecepatan angin yang paling banyak dipakai dalam bidang Meteorologi dan Geofisika atau stasiun prakiraan cuaca, alat ini masih diyakini alat yang paling akurat untuk mengukur kecepatan angin. Nama alat ini berasal dari kata Yunani *anemos* yang berarti angin.

Fungsi yang paling utama dari Anemometer ialah mengukur kecepatan angin, juga dapat digunakan untuk mengukur gas. Fungsi Anemometer ultrasonik dapat digunakan untuk mengukur kecepatan angin dan juga dapat menentukan arah mata angin, pengamatan cuaca dan meteorologi, tidak sedikit yang menggunakan Anemometer ultrasonik ini untuk kegiatannya



Gambar 2.8 Alat Pengukur Kecepatan Angin  
(Kadir, 2018)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Bab ini meliputi waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan. Pada prosedur penelitian akan dilakukan beberapa langkah pengujian untuk pengambilan data kecepatan arah mata angin, penyamaan skala alat ukur, keluaran dayanya, penjelasan lebih rinci tentang metodologi penelitian akan dipaparkan sebagai berikut :

#### **3.1 Waktu dan tempat penelitian**

##### **3.1.1 Waktu**

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam waktu 5 bulan terhitung dari tanggal 11 September 2021 sampai 11 Februari 2022. Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian.

##### **1.1.2 Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan di Kuala Tanjung Indrapura

#### **3.2 Peralatan dan Bahan**

##### **3.2.1 Peralatan Penelitian**

Adapun peralatan penelitian yang digunakan oleh penulis didalam penelitian ini, yaitu:

1. **Anemometer** berfungsi sebagai alat yang digunakan dalam mengukur kecepatan angin dan suhu udara.
2. **Multi meter** berfungsi sebagai alat yang akan digunakan dalam mengukur tegangan, arus serta hambatan.
3. **Tool kit** berisikan alat-alat pendukung seperti : tang kombinasi, tang pemotong, tang buaya, obeng plus minus dan lain sebagainya.

### 3.2.2 Bahan penelitian

1. **PLTB dengan baling-baling berbentuk vertical** berfungsi untuk menangkap datangnya laju angin dan mengubah hembusan angin menjadi energi mekanik yang akan memutar generator.



Gambar 3.1. Turbin Angin

2. **Generator DC** berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang berbentuk tegangan DC yang akan disuplai untuk kebutuhan listrik.



Gambar 3.2 Generator DC

3. **Baterai** berfungsi sebagai alat untuk menyimpan energy listrik dalam bentuk energy kimia



Gambar 3.3 Baterai

4. **Inverter** berfungsi sebagai alat yang akan mengubah tengangan DC menjadi tengangan AC yang akan disuplai beban.





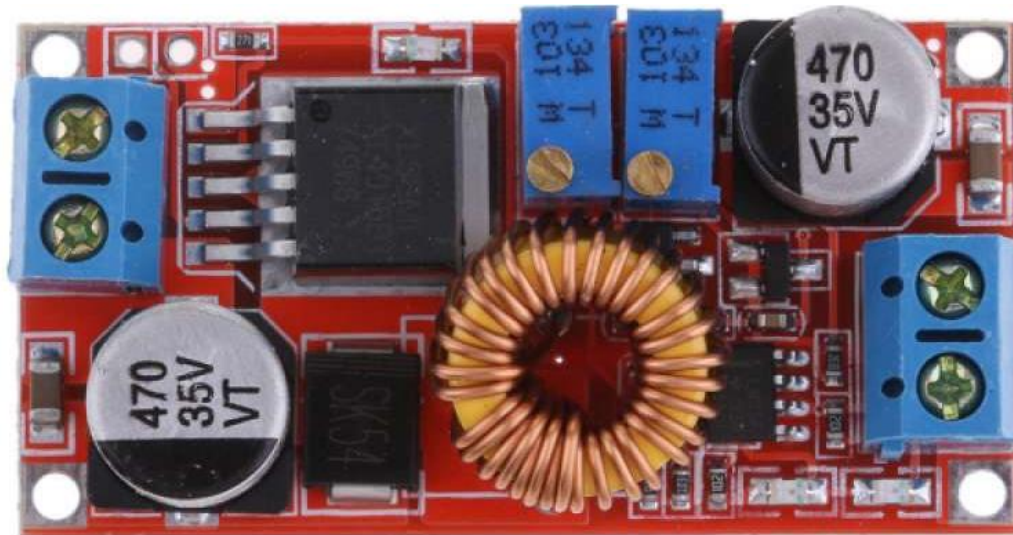
Gambar 3.4. Inverter 250 Watt

5. **Kabel listrik** berfungsi untk menghantarkan aliran listrik dari sumber menuju komponen dan beban.



Gambar 3.5. Kabel Listrik

6. *Voltaig regulator* berfungsi untuk menaikkan tegangan keluaran menuju ke baterai.



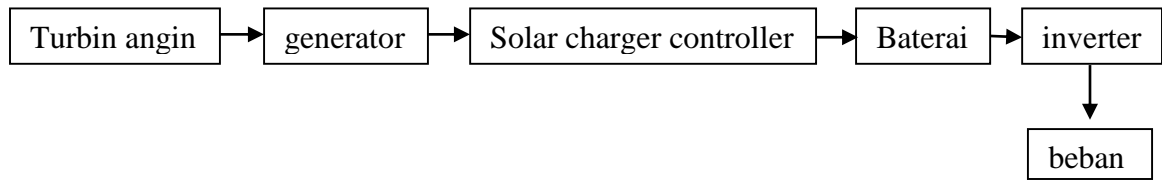
Gambar 3.6 Voltage Regulator

### 3.3 Tahapan percobaan

Tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah studi literature, Studi literature dimaksudkan untuk mempelajari berbagai sumber referensi atau berbagai teori dari jurnal penelitian sbelumnya yang berkaitan dengan menganalisa hubungan antara kecepatan angin dan suhu terhadap daya yang dikeluarkan pembangkit listrik tenaga angin.

### 3.4. Diagram Blok Alat

Diagram blok dari pembangkit listrik tenaga angin dapat dilihat pada gambar 3. berikut :



Gambar 3.2 : Diagram Blok PLTB

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

#### a. *Studi Literature*

Dalam studi literature ini dilakukan pencarian informasi atau bahan berupa materi baik dari jurnal maupun dari internet dan sumber-sumber lain yang berkaitan dengan penelitian ini. Materi tersebut diantaranya mengenai penelitian tentang turbin angin sebagai penggerak mula dan generator DC yang menghasilkan listrik

#### b. Persiapan peralatan penelitian

Setelah melakukan studi literature, kemudian memepersiapkan segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini. Beberapa persiapan yang akan dilakukan adalah seperti turbin angin, generator DC, *solar charge controller*, baterai, inverter dan menghitung beban yang disimulasikan

#### c. Perancangan alat

Setelah melakukan persiapan peralatan dan bahan-bahan yang akan digunakan maka selanjutnya melakukan perancangan pembangkit listrik tenaga angin.

#### d. Pengukuran daya keluaran (tegangan, arus, daya, dan waktu pengisian daya pada baterai) pada pembangkit listrik.

Pengukuran daya keluaran pada pembangkit listrik tenaga angin dilakukan mulai dari pagi hari sampai sore hari dimulai dari jam 08.00 wib – 17.00 wib. Tahap pengambilan data dilakukan setiap dua jam sekali, untuk menentukan kecepatan angin dan suhu rata-rata, sehingga dapat diambil nilai pengukuran tersebut.

e. Analisa Data

Setelah dilakukan pengukuran tegangan, arus dan daya pada keluaran pembangkit energi listrik, kemudian dilakukan analisa data sehingga dapat diketahui berapa besar tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh pembangkit energi listrik tenaga angin serta untuk mengetahui hubungan antara kecepatan angin dan suhu serta pengaruhnya untuk daya yang dihasilkan

f. Hasil percobaan

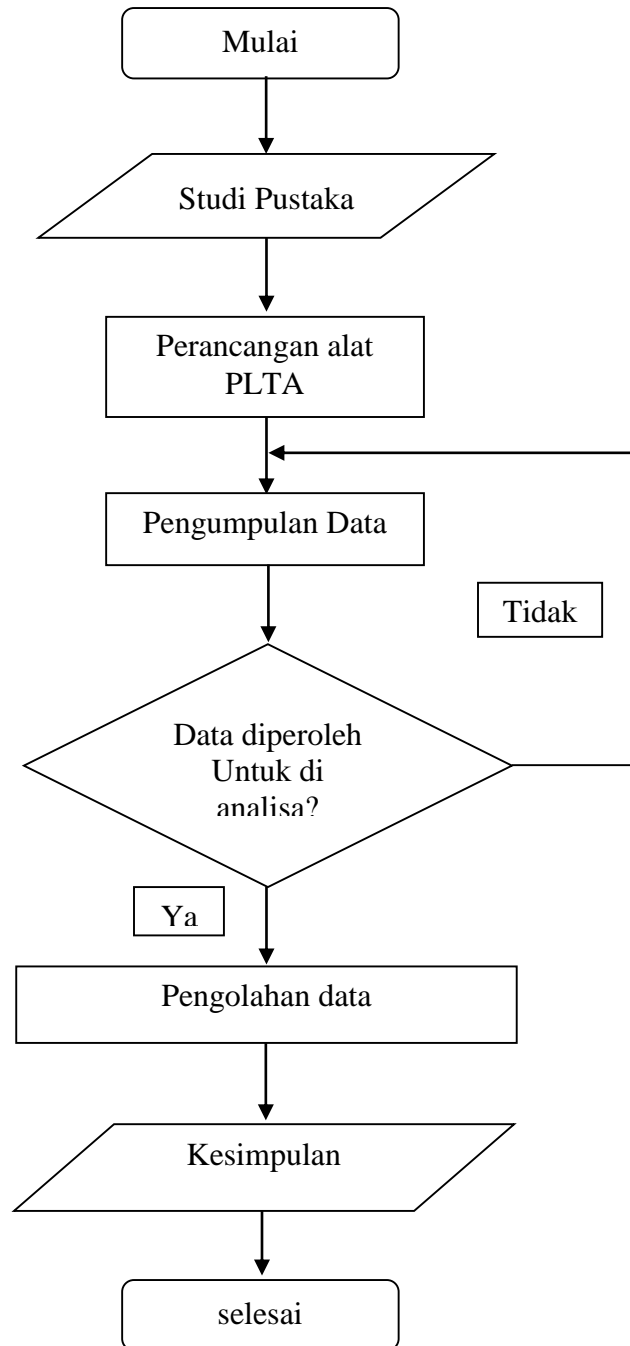
Setelah mendapatkan hasil dari analisa data tersebut kemudian diamsukan kedalam lembar kerja berupa table data dan grafik perbandingan sehingga memudahkan dalam membuat suatu kesimpulan.

g. Kesimpulan

Dari data yang sudah diperoleh dan diolah dalam bentuk table dapat diambil beberap kesimpulan. Seperti berapa tegangan, arus maksimum yang dapat dihasilkan oleh turbin angin yang di peroleh dilokasi percobaan tersebut. Maka dari hasil tersebut dapat tarik kesimpulan

### 3.6 Flowchart analisa data penelitian

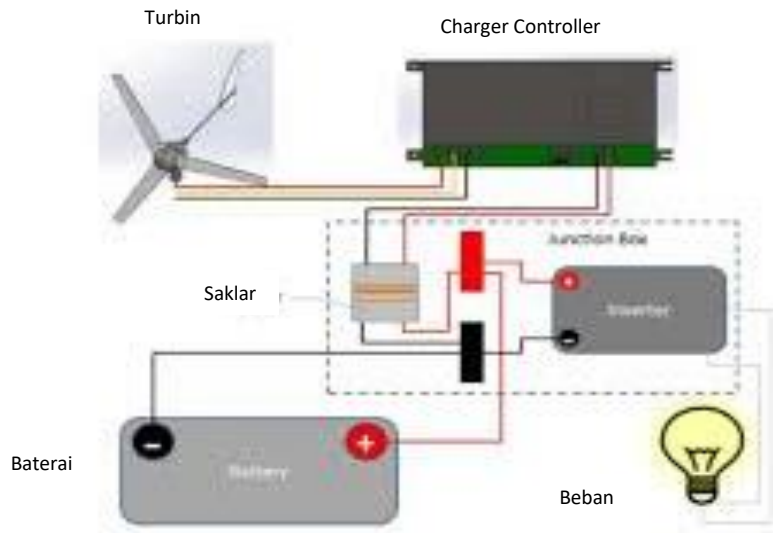
Adapun proses berlangsungnya analisa data ini akan dijelaskan dalam bentuk alur diagram berikut ini :



Gambar 3.2 Diagram alir analisa data penelitian.

### 3.7. Pembangkit Tenaga Angin

Untuk memudahkan dalam pengambilan data, maka design alat yang digunakan adalah pembangkit listrik tenaga angin. Adapun rancangan alat yang digunakan adalah sebagai berikut :



Gambar 4.1. Skema PLT Angin Pada Pantai Kuala Tanjung Indra Pura

### 3.8. Alat dan Bahan Turbin

Adapun alat dan bahan yang digunakan saat pengambilan data adalah sebagai berikut

Tabel 4.1. Bahan dan Alat

Bahan	Satuan
Besi Poros ST 60	1 Meter
Pelastik Plat Kerangka sudu	20 Lembar
Gear Box 60:1	1 Buah
Alumunium Plat	3 Lembar
Besi Poros Berlubang	2,5 Meter
Baut	25 Buah
Revet	10 Buah
Besi Dudukan Bearing	30 cm
Piringan	2 Buah

Gergaji, Mata bor	1 Set
Baterai 100 Ah	1 Unit
Generator DC 100W	1 Unit
Besi Kerangka Bawah	15 Meter
Kabel	6 Meter
Ampere Meter	1 Unit
Volt Meter	1 Unit

### 3.9. Spesifikasi Turbin Angin

#### 3.9.1. Menentukan Kecepatan Angin Nominal

Turbin angin yang akan dibuat dirancngan untuk dapat memenuhi kebutuhan energi rumah tangga, sehingga penempatannya diupayakan tidak jauh dari daerah pemukiman. Turbin angin ini dirancang untuk penggunaan di Indonesia yang memiliki kecepatan angin pada keadaan normal berkisar antara 1 sampai 5 m/s. Pengukuran kecepatan angin ini menggunakan anemometer di Kuala tanjung indra pura. Didapat kecepatan angin sebagai berikut :

Tabel 4.2. Data Kecepatan Angin Pada Tanggal 17 Feburari 2022

Waktu (Jam)	Kecepatan Angin (m/s)
01.00	1,44
02.00	1,36
03.00	1,52
04.00	1,33
05.00	1,48
06.00	1,8
07.00	2,1
08.00	2
09.00	2,6
10.00	3,8
11.00	3,5
12.00	4,3
13.00	4,5
14.00	4,7
15.00	4,8
16.00	5,2

17.00	3,2
18.00	2,9
19.00	2,4
20.00	1,82
21.00	1,74
22.00	1,6
23.00	1,48
24.00	1,32

Jadi berdasarkan data diatas kecepatan angin paling tinggi adalah 4,8 m/s, maka penulis menggunakan turbin yang dapat menerima angin sebesar maksimal 5 m/s

### **3.10. Spesifikasi Turbin yang digunakan**

Adapun spesifikasi dari bagian – bagian turbin angin yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

#### **3.10.1..Lengan Sudu**

Lengan sudu atau jari-jari turbin haruslah lebih pendek dari tinggi sudu turbin angin, jari-jari turbin memiliki panjang 0,64 m. Bahan yang digunakan adalah besi berongga, dipilih bahan ini dikarenakan lengan harus memiliki kekuatan untuk menyangga sudu

#### **3.10.2. Rumah Bantalan**

Bearing House merupakan tempat dudukan bearing dan sebagai penahan lengan sudu turbin angin. Bahan yang digunakan untuk rumah bearing adalah besi berongga dengan tebal 10 mm. Rumah bearing dibuat dengan ukuran yang presisi, dikarenakan perlu kepresisian, agar setiap sisi rumah bearing tidak berbeda



### 3.10.3. Roda Gigi

Gear terbuat dari bahan baja karbon rendah, gear berfungsi sebagai penerus daya dari turbin angin menuju generator

### 3.10.4. Dudukan Turbin

Dudukan turbin adalah penyangga dari semua komponen turbin angin, dan sebagai tempat dudukan generator. Bahannya terbuat dari baja karbon rendah. Proses pengelasan dipakai untuk membuat dudukan turbin angin ini

## BAB IV

### ANALISA DATA

#### 4.1. Pengujian Turbin Angin Dengan Pembebanan Ketinggian 0 m DPL

Pengujian dilakukan selama 3 hari, dimana 1 hari dilakukan penelitian sebanyak 9 Jam / Hari. Penelitian dilakukan mulai Pukul 9 Pagi sampai dengan pukul 17. Pengujian dilakukan pada tanggal 1 Januari 2022. Adapun aspek pengujian pada alat ini meliputi, kecepatan angin, suhu, tegangan yang dihasilkan generator, arus yang dihasilkan kemudian ditutup dengan perhitungan daya yang dihasilkan generator tersebut.



Gambar 4.3 Pengukuran Tegangan Pada Baterai Yang Disuplai oleh Turbin Angin

##### 4.1.1. Pengujian Hari Ke-1

Pada hari pertama ini terlihat cuaca cukup cerah dan kecepatan angin cukup tinggi pada sore hari. Adapun tabel data yang diambil pada hari tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel Data 4.3 Percobaan

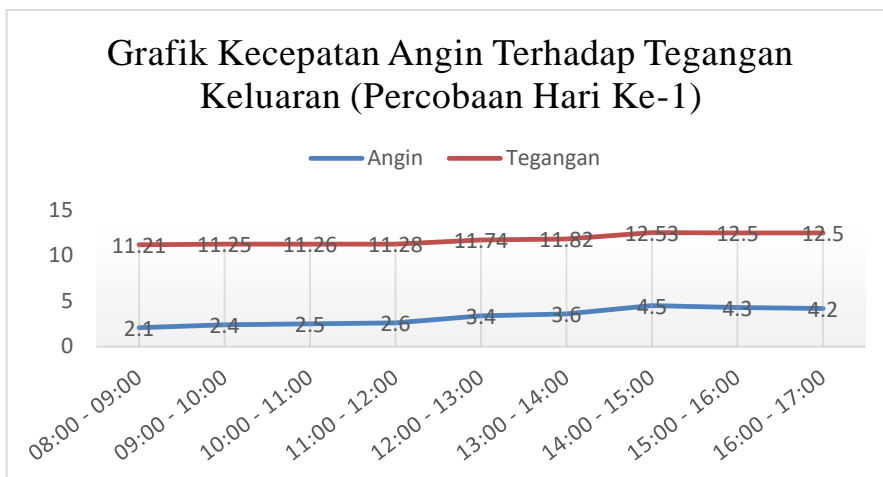
Waktu	Suhu	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan Keluaran (V)	Arus PLTB (A)
08:00 - 09:00	24°C	2,1	11,21	4,02
09:00 - 10:00	25°C	2,4	11,25	4,03
10:00 - 11:00	25°C	2,5	11,26	4,03
11:00 - 12:00	26°C	2,6	11,28	4,04
12:00 - 13:00	26°C	3,4	11,74	4,12
13:00 - 14:00	28°C	3,6	11,82	4,12
14:00 - 15:00	26°C	4,5	12,53	4,42
15:00 - 16:00	26°C	4,3	12,50	4,41
16:00 - 17:00	24°C	4,2	12,50	4,40

Maka dari tabel diatas, rata – rata arus, tegangan dan daya pada tiap jam nya adalah sebagai berikut :

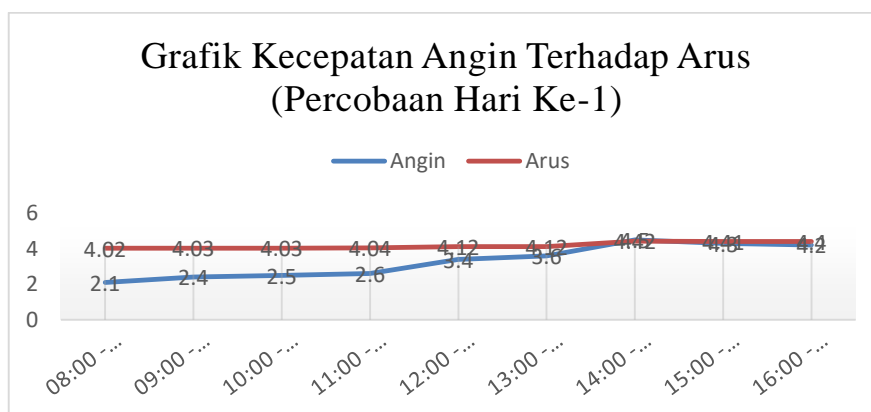
Tabel 4.4 Daya Keluaran

Waktu	Suhu	Kecepatan Angin	Tegangan Keluaran (V)	Arus PLTB (A)	Daya (Watt)
08:00 - 09:00	24°C	2,1	11,21	4,02	45,0642
09:00 - 10:00	25°C	2,4	11,25	4,03	45,3375
10:00 - 11:00	25°C	2,5	11,26	4,03	45,3778
11:00 - 12:00	26°C	2,6	11,28	4,04	45,5712
12:00 - 13:00	26°C	3,4	11,74	4,12	48,3688
13:00 - 14:00	28°C	3,6	11,82	4,12	48,6984
14:00 - 15:00	26°C	4,5	12,53	4,42	55,3826
15:00 - 16:00	26°C	4,3	12,50	4,41	55,125
16:00 - 17:00	24°C	4,2	12,50	4,40	55
Rata – Rata Tegangan				11,78	
Rata – Rata Arus				4,18	
Rata – Rata Daya				48,61	

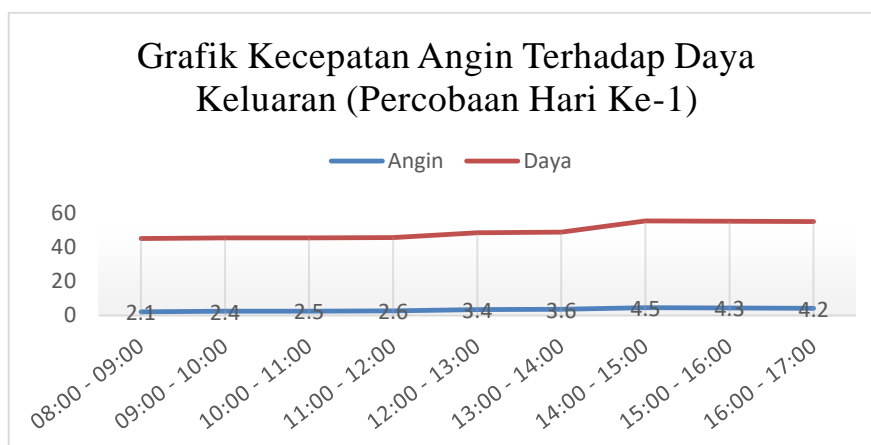
Dari percobaan pada hari pertama, maka didapatkan grafik perbandingan data sebagai berikut :



Grafik 4.1 Kecepatan Angin Terhadap Tegangan Keluaran (Percobaan Hari Ke-1)



Grafik 4.2 Kecepatan Angin Terhadap Arus (Percobaan Hari Ke-1)



Grafik 4.3 Kecepatan Angin Terhadap Daya Keluaran (Percobaan Hari Ke-1)

#### 4.1.2. Pengujian Hari Ke-2

Pada hari kedua ini terlihat cuaca juga cukup cerah dan kecepatan angin cukup tinggi pada sore hari. Adapun tabel data yang diambil pada hari tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel Data 4.5 Percobaan

Waktu	Suhu	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan Keluaran (V)	Arus PLTB (A)
08:00 - 09:00	23°C	1,9	11,18	3,93
09:00 - 10:00	24°C	2,3	11,21	4,05
10:00 - 11:00	24°C	2,3	11,21	4,05
11:00 - 12:00	25°C	2,5	11,26	4,07
12:00 - 13:00	27°C	3,5	11,68	4,16
13:00 - 14:00	28°C	3,6	11,75	4,16
14:00 - 15:00	26°C	4,4	12,43	4,40
15:00 - 16:00	25°C	4,3	12,30	4,39
16:00 - 17:00	24°C	4,1	12,27	4,35

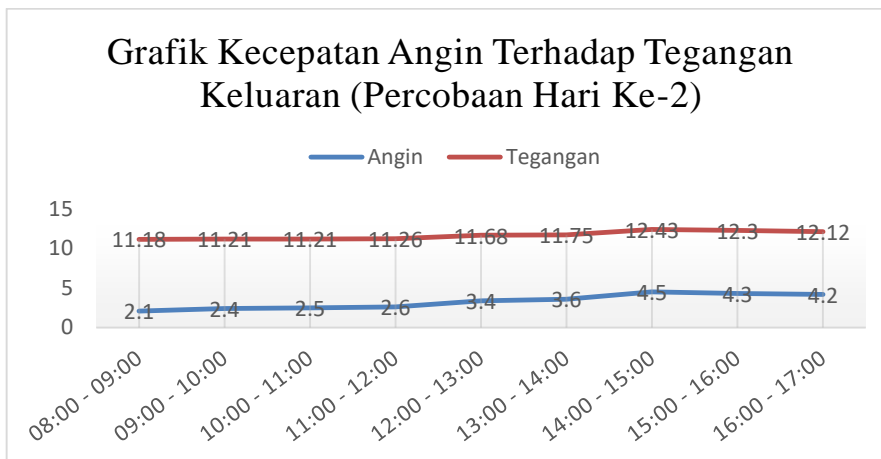
Maka dari tabel diatas, rata – rata arus, tegangan dan daya pada tiap jam nya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.6 Daya Keluaran

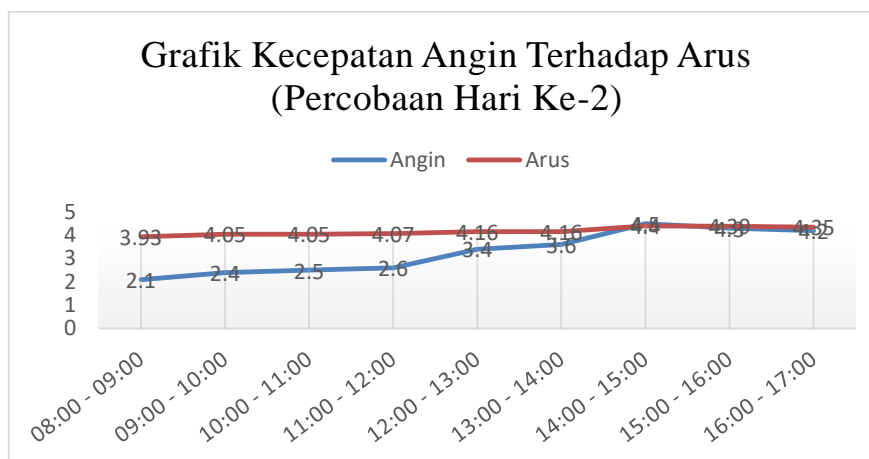
Waktu	Suhu	Kecepatan Angin	Tegangan Keluaran (V)	Arus PLTB (A)	Daya (Watt)
08:00 - 09:00	23°C	1,9	11,18	3,93	43,9374
09:00 - 10:00	24°C	2,3	11,21	4,05	45,4005
10:00 - 11:00	24°C	2,3	11,21	4,05	45,4005
11:00 - 12:00	25°C	2,5	11,26	4,07	45,8282
12:00 - 13:00	27°C	3,5	11,68	4,16	48,5888
13:00 - 14:00	28°C	3,6	11,75	4,16	48,88
14:00 - 15:00	26°C	4,4	12,43	4,40	54,692
15:00 - 16:00	25°C	4,3	12,30	4,39	53,997
16:00 - 17:00	24°C	4,1	12,12	4,35	53,3745
Rata – Rata Tegangan				11,69	
Rata – Rata Arus				4,173	

Rata – Rata Daya	48,9
------------------	------

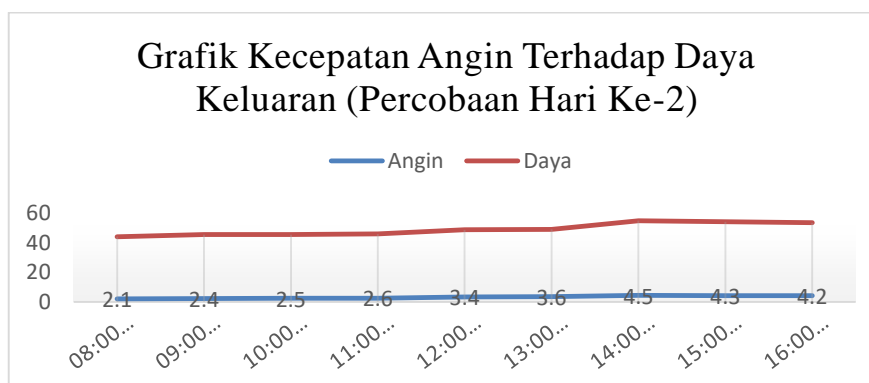
Dari percobaan pada hari pertama, maka didapatlah grafik perbandingan data sebagai berikut :



Grafik 4.4 Kecepatan Angin Terhadap Tegangan Keluaran (Percobaan Hari Ke-2)



Grafik 4.5 Kecepatan Angin Terhadap Arus (Percobaan Hari Ke-2)



Grafik 4.6 Kecepatan Angin Terhadap Daya Keluaran (Percobaan Hari Ke-2)

#### 4.1.3. Pengujian Hari Ke-3

Pada hari kedua ini terlihat mendung dan hujan yang menyebabkan kecepatan angin relatif tinggi dari pagi hingga sore hari. Adapun tabel data yang diambil pada hari tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel Data 4.7 Percobaan

Waktu	Suhu	Kecepatan Angin (m/s)	Tegangan Keluaran (V)	Arus PLTB (A)
08:00 - 09:00	21°C	3,3	11,68	4,12
09:00 - 10:00	22°C	3,4	11,70	4,12
10:00 - 11:00	23°C	3,3	11,70	4,12
11:00 - 12:00	22°C	3,6	11,78	4,12
12:00 - 13:00	23°C	3,7	11,82	4,12
13:00 - 14:00	23°C	3,7	11,82	4,13
14:00 - 15:00	23°C	4,4	12,57	4,44
15:00 - 16:00	22°C	4,6	12,64	4,45
16:00 - 17:00	21°C	4,6	12,64	4,45

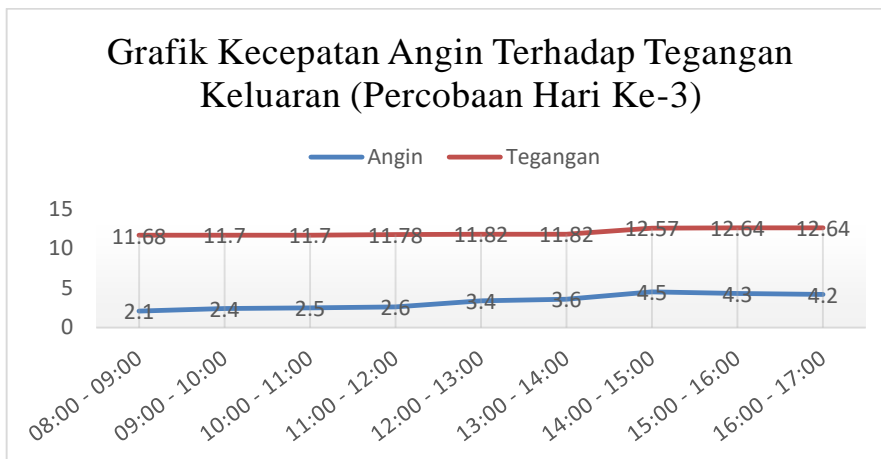
Maka dari tabel diatas, rata – rata arus, tegangan dan daya pada tiap jam nya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.8 Daya Keluaran

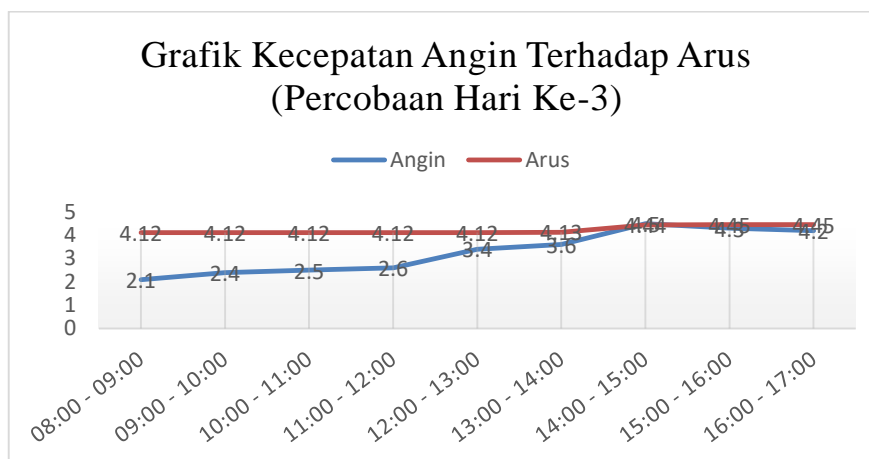
Waktu	Suhu	Kecepatan Angin	Tegangan Keluaran (V)	Arus PLTB (A)	Daya (Watt)
08:00 - 09:00	21°C	3,3	11,68	4,12	48,1216
09:00 - 10:00	22°C	3,4	11,70	4,12	48,204
10:00 - 11:00	23°C	3,3	11,70	4,12	48,204
11:00 - 12:00	22°C	3,6	11,78	4,12	48,5336
12:00 - 13:00	23°C	3,7	11,82	4,12	48,6984
13:00 - 14:00	23°C	3,7	11,82	4,13	48,8166
14:00 - 15:00	23°C	4,4	12,57	4,44	55,8108
15:00 - 16:00	22°C	4,6	12,64	4,45	56,248
16:00 - 17:00	21°C	4,6	12,64	4,45	56,248
Rata – Rata Tegangan				12,03889	
Rata – Rata Arus				4,23	

Rata – Rata Daya	50,98722
------------------	----------

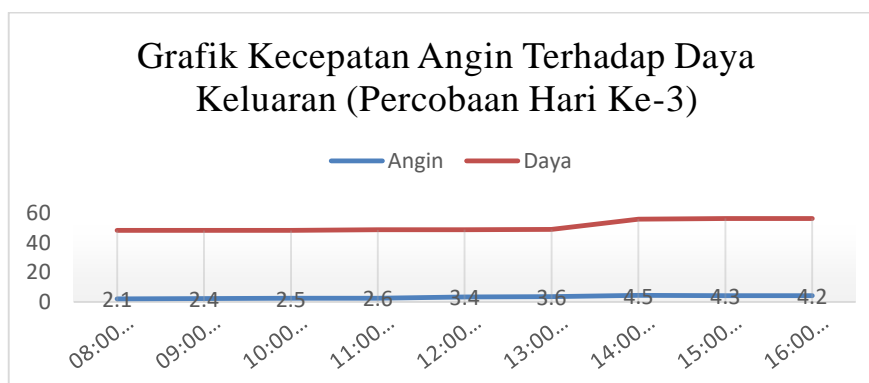
Dari percobaan pada hari pertama, maka didapatlah grafik perbandingan data sebagai berikut :



Grafik 4.7 Kecepatan Angin Terhadap Tegangan Keluaran (Percobaan Hari Ke-3)



Grafik 4.8 Kecepatan Angin Terhadap Arus (Percobaan Hari Ke-3)



Grafik 4.9 Kecepatan Angin Terhadap Daya Keluaran (Percobaan Hari Ke-3)



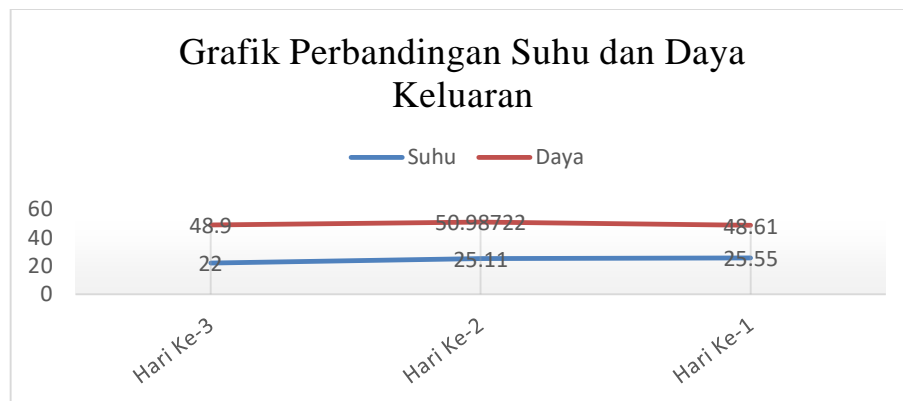
#### 4.2. Hasil Pengambilan Data

Maka dari hasil pengambilan data selama 3 hari berturut – turut, didapat tabel data sebagai berikut :

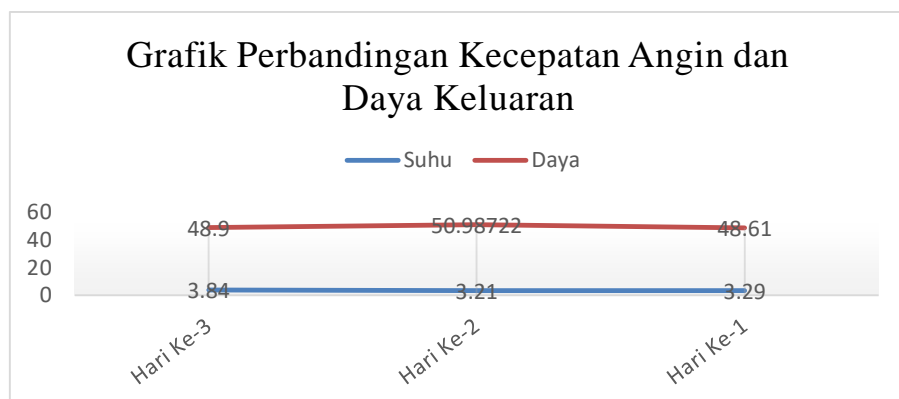
Tabel Data 4.9 Hasil

Pengujian	Rata – Rata Kecepatan Angin	Rata – Rata Suhu	Rata – Rata Arus (Ampere)	Rata – Rata Tegangan (Volt)	Rata – Rata Daya Keluaran ( Watt )
Hari Ke-3	3,84	22	4,173	11,69	48,9
Hari Ke-2	3,21	25,11	4,23	12,03889	50,98722
Hari Ke-1	3,29	25,55	4,18	11,78	48,61

Maka dari tabel data yang didapat, adapun grafik yang dapat dihasilkan adalah sebagai berikut :



Grafik 4.1 Perbandingan Suhu dan Daya Keluaran



Grafik 4.1 Perbandingan Kecepatan Angin dan Daya Keluaran

Dari grafik dapat kita lihat bahwa suhu tidak mempengaruhi jumlah daya keluaran yang dihasilkan, sedangkan kecepatan angin berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan turbin dan generator. Maka dari grafik dapat dilihat apabila suhu tidak mempengaruhi daya keluaran yang ada, sedangkan daya keluaran dipengaruhi oleh kecepatan angin maka suhu juga tidak mempengaruhi kecepatan angin yang ada

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan data pengujian yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat dilihat kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengamatan yang dilakukan, tegangan yang dapat dihasilkan oleh turbin vertikal setelah masuk ke baterai sebesar rata – rata adalah 12 V, dan arus rata – rata sebesar 4 Ampere sedangkan daya yang dihasilkan dapat mencapai 50 Watt
2. Pada grafik yang telah dihasilkan, maka ternyata suhu tidak berpengaruh terhadap daya keluaran yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin.
3. Kecepatan angin berbanding lurus dengan daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga angin
4. Dari hasil pengujian selama 3 hari, kondisi angin pada setiap harinya dan setiap jam nya tidak sama atau tidak stabil yang menyebabkan tegangan, arus dan daya yang dihasilkan juga tidak stabil.

#### 5.2. Saran

1. Agar penelitian selanjutnya dapat menggunakan jenis pembangkit listrik energi baru terbarukan yang lainnya.

2. Disarankan penelitian selanjutnya menganalisis pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan beban terpakai
3. Penelitian serupa dapat dilakukan namun sangat disarankan untuk mengambil beberapa jenis sample turbin untuk mendapatkan perbedaan hasil dari beberapa turbin

## DAFTAR PUSTAKA

- Ananta, Henry Purbawanto, Sugeng, “*Model Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dan Surya Skala Kecil Untuk Daerah Perbukitan*”, Vol. 12, No. 1, 2014 Hal 16-22
- Bachtiar, Antonov Hayyatul, Wahyudi, “*Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin PT. Lentera Angin Nusantara (LAN) Ciheras*”, Jurnal Teknik Elektro ITP, vol. 7, No.1, Januari 2018 Hal 34-45
- Edwards, C. W. Nyholm, E. Chapman, J., “*Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Skala Kecil Pada Bangunan Bertingkat*”, Jurnal Thorax, Vol 32, No. 4, 1982 Hal 311-312
- Hidayatullah, Nur Asyik Ningrum, Hanifah Nur Kumala, “*Optimalisasi Daya Pembangkit Listrik Tenaga Angin Turbin Sumbu Horizontal dengan Menggunakan Metode Maximum Power Point Tracker*”, JEECAE (*Journal of Electrical, Electronics, Control, and Automotive Engineering*), Vol 1, No. 1, 2017 Hal 7-12
- Pranatasari, Dian, “*Eksistensi Taman Agrowisata dan Kewirausahaan Sosial Studi Kasus melalui penyuluhan bagi kelompok wirausaha sosial di Desa Argosari Kecamatan Senduro Kabupaten Lumajang*”, jurnal J+Plus Unesa, Vol 5, No. 2, 2016
- Purwoto, Bambang Hari, “*Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif*”, Jurnal Emitor, Vol 18, No.1, 2018 Hal 10-14
- Saputra, D. Iriana, R. Sebayang, M., “*Analisis Ketersediaan Sistem Pembangkit Berbasis Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Pltb) Dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (Plts)*”, Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau, Vol 5, No.1, April 2018 Hal 1-8
- Syamsul Bahari, “*Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Desa Sungai Nibung Kecamatan Teluk Pakedai Kabupaten Kubu Raya*”, Tahun 2015
- Sutisyo, “*Analisis Pengaruh Sudut Pitch, Untuk Memperoleh Daya Optimal Turbin Angin LPN-SKEA 50KW Pada Beberapa Kondisi Kecepatan Angin*”, Tahun 2009
- Rusnoto dan Laudi, “*Pengaruh Susunan Sudut Turbin Angin Savonius Terhadap Karakteristik Daya Turbin*”, Tahun 2009
- Julisman, A., Sara, I. D., & Siregar, R. H. (2017). Prototipe Pemanfaatan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Pada Sistem Otomasi Stadion Bola. *Kitektro*, 2(1), 35–42.

- Karim, S. (2019). *Analisa Penggunaan Solar Cell Pada Rumah Tinggal Untuk Keperluan Penerangan dan Beban Kecil*. 2(1), 22–32.
- Mahar, M. L., Al Tahtawi, A. R., & Sudrajat, S. (2018). Perancangan dan Realisasi Anemometer Digital untuk Aplikasi Sistem Peringatan Dini. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 2(2), 91. <https://doi.org/10.31544/jtera.v2.i2.2017.91-96>
- Nugroho, R. A., Facta, M., & Yuningtyastuti, Y. (2014). Memaksimalkan Daya Keluaran Sel Surya Dengan Menggunakan Cermin Pemantul Sinar Matahari (Reflector). *Transient*, 3(3), 408–414.
- Permana, E., & Desrianty, A. (2015). Rancangan Alat Pengisi Daya Dengan Panel Surya ( Solar Charging Bag ) Menggunakan Quality Function Deployment ( Qfd ) \*. *Jurnal Online Institut Teknologi*, 03(04), 97–107.
- Rahardjo, I., & Fitriana, I. (2005). Analisis Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Indonesia. *Strategi Penyediaan Listrik Nasional Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaatan PLTU Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Energi Terbarukan, P3TKKE, BPPT, Januari*, 43–52.