

**PENGESAHAN**

**PERANCANGAN MINIATUR PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA ANGIN DENGAN SUMBU TURBIN  
VERTIKAL**

**TUGAS AKHIR**

Oleh :

**FREDDI SILITONGA**  
NPM : 20330020

Lulus Sidang Tugas Akhir tanggal : 27 Agustus 2024  
Periode Semester GENAP T.A. 2023/2024

Disahkan dan disetujui oleh :

Pembimbing I,



Ir. Fiktor Sihombing, M.T.  
NIDN : 0116046001

Pembimbing II,



Ir. Jonner Manihurak, S.T., M.T.  
IPM, ASEAN Eng  
NIDN : 0122047302

Diketahui oleh :

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Ir. Lestina Siagian, M.Si  
NIDN : 0120125901

Dekan Fakultas Teknik



Ir. P. Pangaribuan, M.T.  
NIDN : 0121026402

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik tenaga angin merupakan sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan. Dengan menggunakan turbin angin, kita dapat menghasilkan listrik tanpa memerlukan bahan bakar fosil seperti batu bara dan minyak bumi yang menyebabkan polusi udara dan dampak negatif terhadap lingkungan. Dibandingkan turbin angin dengan sumbu horizontal, turbin sumbu vertikal memiliki beberapa keunggulan, termasuk kemampuan untuk beroperasi dalam kecepatan angin yang beragam dan lebih mudah dalam perancangan dan instalasi. Selain itu turbin sumbu vertikal dalam pengoperasiannya tidak memerlukan penentuan arah angin, sehingga angin dari arah mana saja dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin angin. Hal ini membuatnya lebih sesuai untuk aplikasi miniatur atau skala kecil seperti yang mungkin diperlukan untuk penerangan.

Miniatur pembangkit listrik tenaga angin dapat menjadi solusi yang sangat berguna untuk menyediakan akses listrik di daerah terpencil atau pedalaman yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik konvensional. Dengan menggunakan turbin angin miniatur, masyarakat di daerah tersebut dapat mendapatkan akses ke listrik untuk penerangan tanpa harus mengandalkan infrastruktur listrik yang mahal dan sulit dipasang. Penerangan adalah salah satu kebutuhan dasar yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari. Dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga angin miniatur untuk penerangan, kita dapat memberikan solusi yang berkelanjutan dan hemat biaya bagi masyarakat yang tidak memiliki akses ke listrik dari jaringan konvensional.

Perancangan miniatur pembangkit listrik tenaga angin juga merupakan bagian dari upaya terus-menerus dalam inovasi dan pengembangan teknologi energi terbarukan. Dengan mengembangkan teknologi ini, dapat menciptakan solusi yang lebih efisien, murah, dan ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan energi global.

Dengan mempertimbangkan latar belakang ini, perancangan miniatur pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal untuk penerangan

dapat menjadi langkah penting dalam mendukung keberlanjutan energi dan meningkatkan akses listrik bagi masyarakat yang membutuhkannya. Untuk itulah penulis mendapatkan ide untuk melakukan penelitian mengenai pembangkit listrik tenaga angin dan mengujinya di Universitas HKBP Nommensen, namun dengan kapasitas kecil atau miniatur. Maka dari itu, penulis mengambil judul penelitian yaitu “Perancangan Miniatur Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Sumbu Turbin Vertikal” yang digunakan sebagai sumber penerangan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendesain pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal dalam bentuk miniatur, yang menghasilkan energi listrik skala kecil untuk kebutuhan penerangan ?
2. Bagaimana teknik untuk menghasilkan besarnya tegangan generator dengan sumbu turbin vertikal melalui pengukuran ?
3. Bagaimana output yang dihasilkan oleh miniatur pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal untuk penerangan?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah merancang atau mendesain miniatur pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan satu buah kincir angin dengan sumbu turbin vertikal yang digunakan sebagai sumber energi listrik untuk penerangan dan tidak membandingkan parameter ukur seperti tegangan, arus, putaran RPM generator dan kecepatan angin dengan pembangkit listrik tenaga angin sumbu turbin tipe horizontal.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memahami cara mendesain pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal dalam bentuk miniatur, yang menghasilkan energi listrik skala kecil untuk kebutuhan penerangan.

2. Memahami teknik untuk menghasilkan besarnya tegangan generator dengan sumbu turbin vertikal melalui pengukuran.
3. Menghasilkan output dari miniatur pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal untuk penerangan.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memasyarakatkan pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal dapat dimanfaatkan sebagai sumber listrik untuk penerangan.
2. Memperbanyak informasi ilmu pengetahuan khususnya pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal.
3. Sebagai saran sumbangan pemikiran untuk pertimbangan dalam pembangunan pembangkit listrik ramah lingkungan.

### **1.6 Metodologi Pemecahan Masalah**

Metode penulisan yang akan dilakukan adalah dengan melakukan langkah-langkah sebagai berikut:

#### **1. Studi Literatur**

Studi pustaka ini dilakukan untuk menambah pengetahuan atau informasi penulis untuk mencari referensi bahan dan teori-teori berupa buku yang berkaitan dengan rumusan masalah, laporan penelitian dan data dari internet (referensi yang menyangkut tentang generator pembangkit listrik, turbin dan jenis-jenis model turbin tenaga angin ).

#### **2. Perancangan Sistem**

Merancang alat pembangkit listrik tenaga angin dengan generator pembangkit listrik yang dipasang menggunakan sumbu turbin dengan model vertikal.

#### **3. Pengujian Alat di Laboratorium**

Pengujian dan analisa dilakukan untuk memperoleh data dari beberapa bagian perangkat keras atau komponen yang digunakan, sehingga bisa diketahui apakah sudah dapat bekerja dengan stabil sesuai yang

diinginkan. Kemudian pengujian sistem juga dilakukan untuk mengetahui kinerja komponen yang digunakan untuk menghasilkan listrik apakah sudah bekerja dengan baik.

### **1.7 Kontribusi Tugas Akhir**

Dari hasil perancangan yang telah dilakukan diharapkan dapat memberikan kontribusi kepada:

1. Mahasiswa Teknik Elektro
2. Penelitian bidang Konversi Tenaga Listrik
3. Masyarakat Indonesia

### **1.8 Sistematika Penulisan**

Supaya memudahkan pembaca dalam pemahaman isi dari tugas akhir ini, maka diuraikan penulisannya sebagai berikut:

**BAB I : PENDAHULUAN**

Terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi pemecahan masalah dan sistematika penulisan.

**BAB II : LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi tentang dasar-dasar teori mengenai peralatan *hardware* yang diperlukan untuk perancangan alat.

**BAB III : METODE PERANCANGAN**

Berisikan dasar-dasar dari perancangan alat *hardware*, prinsip kerja, serta pengujian masing-masing sistem.

**BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PENGUJIAN SISTEM**

Berisikan uraian pengujian alat dan analisis terhadap hasil perancangan alat dan pengujian kinerja alat.

**BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisikan tentang kesimpulan dan saran dari hasil pengujian alat.

## BAB II LANDASAN

### TEORI

#### 2.1 Studi Pustaka

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian-penelitian yang telah ada sebelumnya. Penelitian-penelitian terdahulu antara lain adalah:

Penelitian pertama yaitu dengan judul “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Kincir Vertikal Berskala Kecil”. Yang disusun oleh Andre Wiliam Lesnussa, Kelvin K. Kambuaya, dan Aris Heri Andriawan, ST., MT. Dengan menggunakan turbin angin tipe *Vertical Axis Wind Turbine* (VWAT) menghasilkan daya listrik rata-rata pada jam 08.00-16.00 adalah 31,047 Watt, daya kincir angin adalah 35,712 Watt dan waktu pengisian aki adalah  $120 : 31,047 = 3,86$  Jam.

Penelitian kedua yaitu dengan judul “Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal Untuk Penerangan Rumah Tangga Di Daerah Pesisir Pantai”. Yang disusun oleh Yusuf Ismail Nakhoda, dan Choirul Saleh. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun model kincir angin pembangkit tenaga listrik sumbu vertikal skala kecil untuk diaplikasikan pada penerangan rumah tanggadi daerah pesisir pantai. Model kincir angin sumbu vertikal dipilih model Savonius jenis Lenz2 dengan tiga buah blade. Penelitian ini menggunakan rotor 16 kutub magnet permanen dan Stator dengan 16 kutub kumparan. Hasil dari penelitian ini yaitu saat putaran generator 500 rpm output tegangan tanpa beban yang dihasilkan adalah 14,80 volt dan saat putaran generator 441 rpm output yang dihasilkan generator adalah 13,65 volt. Mikrokontroler yang digunakan untuk mengatur relai saat akan mengisi aki hingga melakukan proses pengereman pada saat kincir angin berputar kencang yang akan menyebabkan *over voltage*. Mikrokontroler tersebut berjenis AVR dengan tipe ATMega16.

Penelitian ketiga yaitu dengan judul “Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Angin Savonius”. Yang disusun oleh Agus Nurdiyanto, dan Subuh Isnur Haryudo. Penelitian ini juga menggunakan turbin angin *Vertikal Axis Wind Turbine* (VAWT) atau dengan dengan sebutan rotor *Savonius*. Hasil pengujian prototype pembangkit listrik tenaga angin yang telah dibuat dalam pengukuran kecepatan angin diperoleh rata-

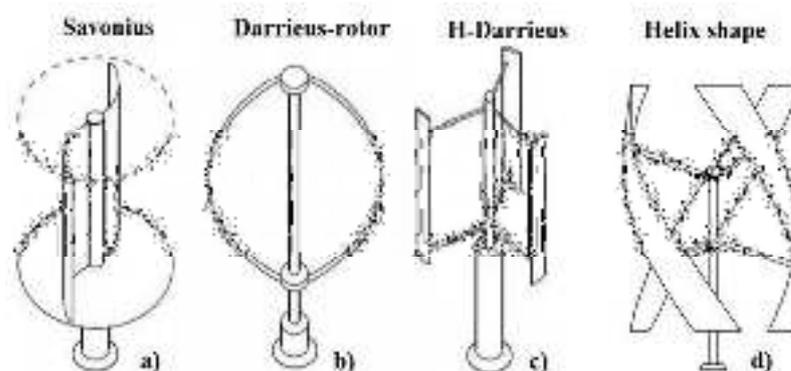
rata sebesar 5,6 m/s menghasilkan tegangan pengisian sebesar 12,6 volt dan arus sebesar 0,12 A. Sedangkan pada saat rata-rata kecepatan angin sebesar 5,4 m/s menghasilkan tegangan pengisian sebesar 12,5 volt dan arus sebesar 0,12 A. Dalam lama pengisian aki dengan kapasitas 12 volt, 3,5 Ah membutuhkan waktu sebesar 29 jam. Pemakaian aki dengan beban lampu DC 10 watt yaitu 15 jam dan untuk lampu DC 5 watt 38 jam.

## 2.2 Komponen-Komponen Pada Sistem

Komponen-komponen yang digunakan pada perancangan miniatur pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal untuk penerangan yaitu sebagai berikut:

### 2.2.1 Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal (TASV) atau *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT) merupakan turbin angin yang menggunakan sumbu turbin atau shaft rotornya vertikal. Sumbu vertikal memungkinkan turbin dapat menangkap angin dari segala arah, sehingga efisiensi puratan yang didapatkan lebih mudah dan banyak tanpa mencari arah angin (Nakhoda, & Saleh, 2017). Pada penelitian ini turbin angin yang digunakan yaitu turbin angin vertikal *type sudu savonius*. Desain macam-macam sumbu turbin vertikal dapat dilihat pada gambar berikut.



**Gambar 2.1** Macam-macam desain kincir angin Sumbu Vertikal

(Sumber: Nakhoda, & Saleh, 2017)

Kelebihannya yaitu generator mendapatkan torsi yang cukup tinggi karena kincir angin dapat berputar pada kecepatan angin rendah, generator

juga bisa dipasang dibawah sehingga mudah dalam hal perawatan, tidak bising, dan proses kerja generator tidak dipengaruhi arah angin.

Kekurangannya yaitu bila kincir angin tipe vertikal dipasang pada posisi rendah maka kecepatan angin yang didapatkan juna sangat rendah karena angin sedikit pada posisi rendah, sehingga tipe ini cocok menggunakan tower yang tinggi untuk dapat menangkap angin secara maksimal.

### **2.2.2 Sudu**

Sudu merupakan bagian dari kincir angin yang berfungsi untuk menangkap angin atau energi kinetik dan dikonversikan menjadi energi gerak atau mekanik memutar poros turbin generator. Sudu memiliki fungsi yang sangat penting karena sudu langsung dihadapkan dengan angin, maka dari itu penentuan sudu sangat berpengaruh untuk menghasilkan arus listrik yang optimal (Lesnussa, Kambuaya, & Andriawan, 2020). Untuk penentuan sudu yang baik perlu diperhatikan sebagai berikut:

1. Bentuk sudu sedikit melengkung atau sekrup sehingga aerodinamis dari kincir angin semakin baik.
2. Pasangkan sirip kincir angin langsung pada rotor generator sehingga mendapatkan putaran yang maksimal.
3. Usahakan pemasangan sudu seimbang 3 atau 4 sudu sehingga menghasilkan gaya dan keseimbangan yang baik.

### **2.2.3 Gear/Pulley**

*Gear* merupakan alat yang digunakan untuk merubah putaran rendah dari kincir angin menjadi putaran atau torsi tinggi. Proses perubahan atau konversi dari putaran rendah menjadi putaran tinggi juga dibantu oleh rantai yang menghubungkan *gear* dari kincir angin ke *gear* yang berada pada generator. Dalam pemeliharaannya digunakan ole untuk menjaga permukaan *gear* dan membuat rantai menjadi licin agar semakin cepat berputar dan untuk menghindari dari karat.



**Gambar 2.2 Contoh Gear dan rantai**

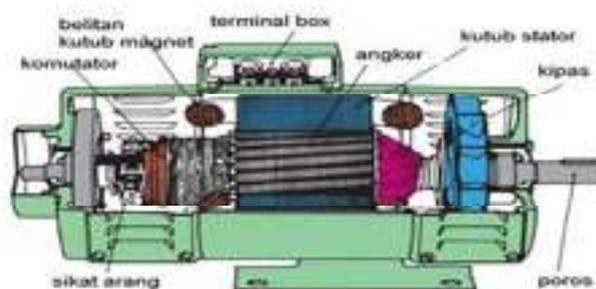
(Sumber: www.google.com)

Besar torsi atau putaran yang didapatkan dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$P = 2 \times \pi \times r \times n \times \frac{T}{60} \quad (2.1)$$

#### 2.2.4 Generator DC

Generator DC merupakan komponen pada sistem kelistrikan yang digunakan sebagai suatu alat untuk mengubah energi kinetik mekanik (gerak putar) baik dari sumber energi angin ataupun air menjadi energi listrik arus searah (DC) (Nurdiyanto & Haryudo, 2020). Komponen penyusun utama generator terdiri dari dua komponen utama, pertama yaitu stator yang terdiri atas: rangka motor, belitan stator, sikat arang, bearing dan terminal box. Kedua yaitu rotor yang terdiri atas: komutator, belitan rotor, kipas rotor dan poros rotor.



**Gambar 2.3 konstruksi Generator DC**

(Sumber: Nurdiyanto & Haryudo, 2020)

Arus listrik yang dihasilkan oleh generator DC yaitu awalnya berupa bolak-balik yang kemudian diubah menjadi arus searah dengan dua sekat lempengan logam setengah lingkaran (komutator). Besar gaya gerak

listrik (GGL) induksi pada generator DC tergantung pada garis gaya yang dipotong tiap detik. Menurut (Nurdiyanto & Haryudo, 2020) besar gaya gerak listrik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$e = - N \cdot d\phi / dt \quad (2.2)$$

Sedangkan untuk penentuan daya pada generator Dc dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$P = E \times I \quad (2.3)$$

Dimana:

P = Daya (Watt)

E = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

### 2.2.5 Charger Controller

*Charger controller* merupakan komponen elektronik pada sistem kelistrikan yang memiliki fungsi mengatur arus searah dari suatu pembangkit untuk mengisi arus ke baterai dan mengambil arus dari baterai menuju beban. *Charger controller* ini mengatur *over charging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari sumber generator DC. Saat baterai mengalami kelebihan voltase dan pengisian, maka itu akan mengakibatkan berkurangnya umur baterai (Junaldy, Sompie, & Patras, 2019).



**Gambar 2.4 Contoh Charger controller**

(Sumber: [www. Google.com](http://www.Google.com))

Untuk mengetahui waktu saat pengecasan baterai, dapat menggunakan perhitungan dengan persamaan berikut (Junaldy, Sompie, & Patras, 2019):

$$T_a = Ah / A \quad (2.4)$$

Lama pengisian daya:

$$T_d = \text{Daya Ah} / \text{Daya A} \quad (2.5)$$

*Charger controller* memiliki beberapa fungsi inti diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus menuju baterai saat proses pengisian, menghindari terjadinya *over charging* dan *over voltage*.
2. Mengontrol arus yang diambil bebas dari baterai menuju beban agar baterai tidak terjadi *full discharge*, dan *overloading*.
3. Memantau voltage dan temperatur baterai.

### 2.2.6 Baterai / aki

Baterai (*battery*) adalah sebuah komponen kelistrikan yang memiliki fungsi menyimpan arus sementara yang diperoleh dari suatu pembangkit listrik untuk kemudian digunakan pada suatu perangkat elektronik, melalui proses kimia (Nurdiyanto, & Haryudo, 2020). Penggunaan baterai sebagai sumber listrik saat ini sudah banyak digunakan pada perangkat elektronik seperti Handphone, Laptop, Senter, juga Remote Control. Dengan menggunakan Baterai sebagai sumber listriknya, perangkat elektronik yang dipakai oleh konsumen menjadi lebih mudah dibawa kemana saja karena tidak perlu menggunakan kabel untuk mencari sumber listrik untuk menghidupkan perangkat elektronik yang dimilikinya. Pada kehidupan sehari-hari, kita dapat menemui dua jenis baterai diantaranya adalah baterai yang hanya dapat dipakai sekali saja (*Single Use*) serta baterai yang dapat di isi ulang (*Rechargeable*).



**Gambar 2.5 Baterai atau aki kering**

(Sumber: Nurdiyanto, & Haryudo, 2020)

Kapasitas baterai merupakan jumlah arus yang berada di baterai dengan satuan ampere jam atau Ah artinya baterai dapat menyalurkan atau menyuplai daya listrik yang berada pada baterai secara terus menerus atau sebelum tiap selnya menyentuh tegangan/voltase turun (*drop voltage*). Menurut (Nurdiyanto, & Haryudo, 2020) Kapasitas Ah baterai dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$Ah = I \times t \quad (2.6)$$

Misalnya pada keterangan kapasitas baterai tertulis 12 Volt 10 Ah, maka baterai tersebut dapat menyalurkan arus listrik 10 Ampere/jam. Sedangkan untuk dayanya dapat dicari dengan persamaan:

$$P = V \times I \quad (2.7)$$

$$P = 12 \times 10$$

$$P = 120 \text{ watt}$$

Secara hitungan kasar baterai ini dapat menyuplai alat listrik dengan daya 120 Watt selama satu jam atau alat elektronik berdaya 20 Watt selama 6 jam, walaupun kenyataannya setelah dilakukan percobaan hasil yang didapatkan berbeda.

### 2.2.7 Inverter

*Inverter* merupakan sebuah komponen elektronik yang digunakan untuk mengubah arus searah (DC) yang dihasilkan oleh suatu generator pembangkit listrik menjadi arus bolak balik (AC). Tujuan mengubah dari arus searah menjadi arus bolak balik adalah agar listrik yang telah dirubah menjadi arus bolak balik dapat digunakan untuk kebutuhan perangkat elektronik atau kebutuhan listrik konsumen yang memakai arus bolak balik (AC) seperti televisi, lampu dan lainnya (Bachtiar, & Hayyatul, 2018). *Inverter* memiliki kapasitas beban tertentu seperti 100 W, 200 W dan seterusnya. Umumnya inverter mengkonversikan energi listrik dari baterai dengan daya seperti 12 Volt dan kemudian dirubah ke arus bolak balik supaya dayanya menjadi 220 volt atau lebih.



**Gambar 2.6 Contoh Inverter**

(Sumber: [www.google.com](http://www.google.com))

### **2.2.8 Step Up Converter Booster DC-DC**

Step up converter booster dc-dc merupakan komponen kelistrikan yang memiliki fungsi untuk menaikkan tegangan input yang kecil menjadi tegangan yang tinggi pada outputnya sesuai yang ditentukan. Tegangan input dan output harus lebih dahulu ditentukan agar tidak membuat step up converternya menjadi rusak atau terbakar. Jika tegangan input berubah maka tegangan outputnya akan tetap stabil sesuai yang ditentukan, modul ini juga dapat dipakai sebagai penstabil tegangan.

### **2.2.9 Lampu**

Lampu merupakan perangkat elektronik yang berfungsi sebagai peranti atau alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi cahaya atau alat untuk menghasilkan cahaya. Lampu menghasilkan cahaya yang cukup terang sehingga mampu memberikan penerangan pada malam hari atau pada suatu ruangan yang gelap (Asmaleni, Hamdani, & Sakti, 2020). Lampu pertama kali ditemukan oleh Sir Joseph William Swan sekitar 70.000 tahun SM. Sebelum lampu ditemukan manusia masih menggunakan lilin atau obor sebagai penerangan di malam hari. Lampu pertama yang diproduksi ialah lampu pijar dengan warna kuning, namun seiring berkembangnya ilmu pengetahuan saat ini lampu sudah berbagai jenis salah satunya lampu hemat energi LED dengan warna kuning atau putih.



**Gambar 2.7 Jenis- Jenis Lampu**

(Sumber: www.google.com)

### **2.3 Kerugian dan Keuntungan Pembangkit Listrik Tenaga Angin**

Pembangkit listrik tenaga angin atau pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui. Menurut (Iqsyah, & Riswan, 2018) pembangkit listrik tenaga angin memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan yaitu sebagai berikut:

#### **2.3.1 Kerugian Pembangkit Listrik Tenaga Angin**

1. Diperlukan waktu yang lama untuk menentukan tempat, melakukan studi kelayakan ladang angin (kondisi angin dilokasi) dan persetujuan lokasi pembangunan pembangkit listrik tenaga angin.
2. Memerlukan lokasi yang luas dan terbuka atau tidak tertutup pepohonan.
3. Memerlukan lahan yang telah bebas dari gangguan penerbangan transportasi udara.
4. Biaya perakitan awal seluruh sistem mahal (investasi awal cukup mahal).
5. Kurang dapat Diandalkan karena bergantung pada angin dan alam saat pengoperasiannya.

#### **2.3.2 Keuntungan Pembangkit Listrik Tenaga Angin**

1. Menggunakan energi yang terbarukan dan tidak akan habis.
2. Ramah lingkungan (tidak menghasilkan emisi gas buang/ polusi).
3. Biaya oprasional atau perawatan relatif murah.

## 2.4 Energi Angin

Angin merupakan udara yang bergerak bebas karena adanya perbedaan tekanan di permukaan bumi. Angin umumnya bergerak dari suatu daerah yang memiliki tekanan tinggi ke daerah yang memiliki tekanan yang lebih rendah. Angin yang bertiup pada permukaan bumi terjadi karena adanya perbedaan penerimaan radiasi surya, sehingga menimbulkan perbedaan suhu udara. Karena adanya perbedaan suhu tersebut sehingga menyebabkan perbedaan tekanan, hingga akhirnya menimbulkan gerakan udara (Habibie, Sasmito, & Kurniawan, 2011).



**Gambar 2.8 Angin**

(Sumber: [www.google.com](http://www.google.com))

Energi angin merupakan salah satu energi baru terbarukan (EBT) yang bergerak bebas diudara dan berada dimana saja. Pemanfaatan angin sebagai sumber energi berkelanjutan memang sangat disarankan karena jumlahnya yang tidak terbatas dan juga melimpah serta ramah lingkungan. Pemanfaatan energi angin ini sangat menarik karena tidak perlu menggunakan bahan bakar sebagai sumber energi sehingga energi angin tidak menghasilkan polusi udara. Tidak hanya itu, pemanfaatan energi angin ini juga tidak memberikan hasil gas rumah kaca dan juga limbah ataupun racun yang berlebihan.

### 2.4.1 Karakteristik Angin

Pembangkit listrik tenaga angin memerlukan angin sebagai sumber utama untuk menggerakkan kincirnya. Sebelum angin dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk membangkitkan listrik, maka perlu dilakukan penentuan karakteristik dari angin tersebut terlebih dahulu karena tidak semua angin dapat dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit listrik. Pertama, yaitu angin haruslah mengalir atau berhembus secara teratur. Kedua, yaitu angin haruslah

memiliki kecepatan standar yaitu dengan kecepatan minimum 3 m/s dan kecepatan maksimum 25 m/s. Angin dibatasi tidak melebihi kecepatan maksimum 25 m/s agar tidak merusak atau mengganggu struktur dari turbin (Haryanti, Yulianti, & Ningrum, 2023).

#### 2.4.2 Daya Energi Angin

Energi yang energi yang berasal dari angin didapat dari persamaan (Lesnussa, Kambuaya, & Adriawan. 2020) :

$$W : \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2.8)$$

Persamaan ini merupakan persamaan untuk mencari kecepatan angin pada turbine yang ideal, karena energi angin dianggap dapat dimanfaatkan seluruhnya menjadi energi listrik. Namun, kenyataannya tidak seperti itu karena terdapat faktor efisiensi dari mekanik turbine. Efisiensi kincir angin dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$W_{wt} : N_{wt} \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (2.9)$$

Dan untuk mengetahui daya atau energi yang dihasilkan oleh alternator berdasarkan kecepatan angin dan diameter turbine dapat dinyatakan dengan rumus :

$$P = \frac{1}{12} v^3 D^2 \quad (2.10)$$

### 2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit Listrik Tenaga Angin atau sering juga disebut dengan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) merupakan suatu pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Pemanfaatan energi angin tersebut yaitu dengan menggunakan generator atau turbin yang akan digerakkan oleh angin dengan memutar turbin sehingga menghasilkan energi listrik (Bachtiar & Hayyatul, 2018).



**Gambar 2.9 Pembangkit Listrik Tenaga Angin**

(Sumber: [www.google.com](http://www.google.com))

Pembangkit Listrik Tenaga Angin adalah salah satu pembangkit listrik dengan menggunakan energi baru terbarukan atau EBT yang ramah lingkungan dan memiliki efisiensi kerja yang baik jika dibandingkan dengan pembangkit listrik energi terbarukan lainnya. Pembangkit listrik tenaga angin merupakan sebuah pembangkit listrik yang terdiri dari beberapa komponen yang dirangkai secara tersistem dengan rapi sehingga menghasilkan arus listrik. Komponen tersebut memanfaatkan energi angin untuk dirubah menjadi energi listrik.

### 2.5.1 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Energi angin merupakan energi yang sangat fleksibel, karena angin dapat datang dari arah mana saja. Sangat jauh berbeda dengan energi air, karena energi angin dapat digunakan dan dipakai dimanapun kondisi lingkungannya baik itu di daerah dataran yang tinggi seperti pegunungan atau perbukitan dan di daerah yang rendah, bahkan dapat diterapkan di laut.

Prinsip kerja dengan memakai energi angin yaitu dengan mengubah energi angin atau energi kinetik atau angin dari alam untuk memutar turbin pada kincir angin sehingga dapat menghasilkan energi listrik.



**Gambar 2.10 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Angin**

(Sumber: Adam, Harahap, & Nasution, 2019)

Menurut (Adam, Harahap, & Nasution, 2019) Prinsip kerja pembangkit listrik tenaga angin yaitu ketika angin datang dari berbagai arah (1) sehingga angin menggerakkan baling-baling dari kincir angin sehingga menjadi berputar. (2) Baling-baling tersebut terhubung langsung ke generator (3). Pada umumnya prinsip kerja dari generator saat generator diberikan energi kinetik sehingga rotor berputar, maka generator akan menghasilkan energi listrik sesuai dengan kecepatan putaran. Energi listrik yang telah dihasilkan oleh generator selanjutnya dikirimkan ke panel kontrol yang menampung dari berbagai generator,(4) kemudian dinaikkan menggunakan trafo step up untuk menjadi tegangan tinggi (5). Setelah dinaikkan menjadi tegangan tinggi listrik didistribusikan ke konsumen ataupun ke gardu distribusi.

### **2.5.2 Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Angin di Indonesia**

Secara geografis Indonesia merupakan negara yang terdiri dari kepulauan dan berada pada garis khatulistiwa, ini merupakan suatu keuntungan Indonesia karena berpotensi memiliki angin yang berlimpah di setiap daerahnya baik itu daerah dataran tinggi ataupun daerah dataran rendah dan Indonesia juga memiliki banyak laut dan pantainya sehingga ini berpotensi memiliki energi angin yang melimpah untuk digunakan sebagai energi baru terbarukan sebagai pembangkit listrik yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kita dapat berkaca dan belajar dari *success story* Denmark dalam memanfaatkan energi angin untuk pembangkit listrik tenaga angin/bayu (PLTB) yang saat ini telah memenuhi kebutuhan listrik lebih dari 40% di Denmark. Indonesia tentunya dapat menjadi seperti Denmark dalam memanfaatkan energi angin, karena Indonesia merupakan negara kepulauan dan tentunya terdapat angin di daerah manapun.

Pengembangan energi baru terbarukan di Indonesia masih menjadi tantangan besar, karena hingga 2020 Pembangkit Listrik Tenaga Angin (PLT-Angin) baru terpasang sekitar 135 MW yaitu 75 MW di daerah Sidrap dan sebesar 60 MW di daerah Janeponto. Sementara itu, Peraturan Pemerintah

No. 79 Tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional menargetkan kapasitas PLT-Angin pada tahun 2025 yakni 255 MW (Hesty, et al., 2022).

Menurut hasil penelitian Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), dari 166 lokasi yang diteliti, terdapat 35 lokasi yang mempunyai potensi angin yang bagus dengan kecepatan angin diatas 5 meter perdetik pada ketinggian 50 meter. Daerah yang mempunyai kecepatan angin bagus tersebut, diantaranya Nusa Tenggara Barat (NTB), Nusa Tenggara Timur (NTT), pantai selatan Jawa dan pantai selatan Sulawesi. Disamping itu, LAPAN juga menemukan 34 lokasi yang kecepatan anginnya mencukupi dengan kecepatan 4 sampai 5 meter perdetik. Berikut ini merupakan potensi angin per Provinsi di Indonesia (Lesnussa, Kambuaya, & Andriawan, 2020).

**Tabel 2.1 Potensi angin Per Provinsi di Indonesia**

Satuan: MW

| No | Provinsi            | Potensi | No | Provinsi          | Potensi       |
|----|---------------------|---------|----|-------------------|---------------|
| 1  | Nusa Tenggara Timur | 10.188  | 18 | Kepulauan Riau    | 922           |
| 2  | Jawa Timur          | 7.907   | 19 | Jambi             | 37            |
| 3  | Jawa Barat          | 7.036   | 20 | Aceh              | 894           |
| 4  | Jawa Tengah         | 5.213   | 21 | Gorontalo         | 137           |
| 5  | Sulawesi Selatan    | 4.193   | 22 | Kalimantan Tengah | 681           |
| 6  | Maluku              | 3.188   | 23 | Riau              | 22            |
| 7  | Nusa Tenggara Barat | 2.605   | 24 | Kalimantan Barat  | 554           |
| 8  | Bangka Belitung     | 1.787   | 25 | Sulawesi Barat    | 514           |
| 9  | Banten              | 1.753   | 26 | DKI Jakarta       | 4             |
| 10 | Bengkulu            | 1.513   | 27 | Maluku Utara      | 504           |
| 11 | Sulawesi Tenggara   | 1.414   | 28 | Papua Barat       | 437           |
| 12 | Papua               | 1.411   | 29 | Sumatera Selatan  | 301           |
| 13 | Sulawesi Utara      | 1.214   | 30 | Sumatera Utara    | 356           |
| 14 | Lampung             | 1.137   | 31 | Sumatera Barat    | 428           |
| 15 | DI. Yogyakarta      | 1.079   | 32 | Kalimantan Timur  | 212           |
| 16 | Bali                | 1.019   | 33 | Kalimantan Utara  | 73            |
| 17 | Kalimantan Selatan  | 1.006   | 34 | Sulawesi Tengah   | 908           |
|    |                     |         |    | <b>TOTAL</b>      | <b>60.647</b> |

Sudah ada beberapa daerah yang sudah mengembangkan PLTB, seperti di Jeneponto dan Bantul. PLTB Jeneponto berlokasi di Desa Jombe, Kecamatan Turatea, Jeneponto, akan menyumbang sekitar 70 MW ke Sistem PLN Sulselrabar. Proyek yang dikerjakan PT Energi Angin Indonesia ini memiliki kapasitas total 162,5 MW dari 65 unit turbin, namun baru 70 MW yang sudah masuk dalam Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT. PLN Sulselrabar pertengahan tahun 2017. Energi listrik ini akan dialirkan ke sistem transmisi 150 KV meliputi Palu-Mamuju, Wotu-Masamba dan Sengkang-Siswa. Setelah masuk dalam sistem, diharapkan mampu memenuhi kebutuhan listrik masyarakat, baik di daerah perkotaan maupun daerah terpencil.

Syarat-syarat dan kondisi angin yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik dapat dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.2 Tingkat Kecepatan Angin 10 Meter di Atas Permukaan Tanah**

| <b>Kelas Angin</b> | <b>Kecepatan Angin (m/s)</b> | <b>Kondisi Alam Di Daratan</b>  |
|--------------------|------------------------------|---|
| 1                  | 0.00 - 0.02                  | Tidak ada terasa angin  |
| 2                  | 0.3 – 1.5                    | Angin tenang, asap lurus ke atas  |
| 3                  | 1.6 – 3.3                    | Asap mengikuti arah angin   |
| 4                  | 3.4 – 5.4                    | Wajah terasa ada angin, daun-daun bergoyang pelan, petunjuk arah angin bergerak |
| 5                  | 5.5 – 7.9                    | Debu jalan, kertas beterbangan, ranting pohon bergoyang                         |
| 6                  | 8.0 – 10.7                   | Ranting pohon bergoyang, bendera berkibar                                       |
| 7                  | 10.8 – 13.8                  | Ranting pohon besar bergoyang, air plumpung berombak kecil                      |
| 8                  | 13.9 – 17.1                  | Ujung pohon melengkung, hembusan angin terasa di telinga                        |
| 9                  | 17.2 – 20.7                  | Dapat mematahkan ranting pohon, jalan berat melawan arah angin                  |
| 10                 | 20.8 – 24.4                  | Dapat mematahkan ranting pohon, rumah rubuh                                     |

|    |             |  |
|----|-------------|--|
| 11 | 24.5 – 28.4 | Dapat merubuhkan pohon,<br>menimbulkan kerusakan |
| 12 | 29.5 – 32.6 | Menimbulkan kerusakan parah                      |
| 13 | 23.7 – 36.9 | Tornado  |

Angin kelas 3 merupakan standar kecepatan angin minimum dan angin kelas 10 adalah batas standar kecepatan maksimum energi angin yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik.

## 2.6 Arus, Tegangan, dan Daya Listrik

### 2.6.1 Arus

Arus dalam sistem kelistrikan disebut dengan Ampere (I) yaitu banyaknya jumlah muatan listrik yang mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Satuan arus listrik disebut dengan Coulomb atau Ampere. Arus listrik dipengaruhi oleh besarnya tegangan dan ketahanan penghantar atau resistornya. Jika tegangan dan penghantarnya berkurang maka arus dengan jumlah muatan listrik yang mengalir juga akan berkurang. contohnya, seperti air yang mengalir dari suatu tempat yang tinggi menuju tempat yang lebih rendah. Bayangkan jika posisi titik utama dan titik selanjutnya sejajar, Maka arus hanya akan mengalir jika ada tegangan (Iqsyah, & Riswan, 2018).

Adapun cara menghitung arus dengan menggunakan rumus, sebagai berikut (Lesnussa, Kambuaya, & Adriawan. 2020) :

$$I = \frac{P}{V} \quad (2.11)$$

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.12)$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} \quad (2.13)$$

$$I = \frac{Q}{t} \quad (2.14)$$

### 2.6.2 Tegangan

Tegangan didalam sistem kelistrikan disebut Volt atau Voltase (V) memiliki arti yaitu perbedaan potensial listrik antara dua titik dalam rangkaian listrik dan dinyatakan dalam satuan V (Volt). Besaran ini mengukur energi potensial dari sebuah medan listrik yang mengakibatkan adanya aliran listrik dalam sebuah konduktor listrik. Tergantung pada perbedaan potensial listriknya, suatu tegangan listrik dapat dikatakan sebagai ekstra rendah, menengah, tinggi hingga ekstra tinggi (Iqsyah, & Riswan, 2018).

Supaya lebih mudah dipahami, bisa dibayangkan pompa angin sepeda motor. Angin akan keluar saat ada tekanan pada pompa tersebut. Sebaliknya, jika tidak ada tekanan pada pompa tersebut maka angin tidak akan keluar. Tekanan pada pompa tersebut dapat diasumsikan sebagai tegangan.

Adapun cara menghitung tegangan dengan menggunakan rumus, sebagai berikut :

Jika yang diketahui arus listrik dan hambatan listriknya :

$$V = I \times R \quad (2.15)$$

Jika yang diketahui daya listrik dan arus listriknya :

$$V = \frac{P}{I} \quad (2.16)$$

### 2.6.3 Daya

Daya dalam sistem kelistrikan disebut Watt (P) dapat diartikan laju energi yang disalurkan atau kerja yang dilakukan per satuan waktu. Daya dilambangkan dengan P (Power). Dengan kata lain, daya listrik merupakan tingkat pemakaian energi dalam sebuah sirkuit atau rangkaian listrik. Sebagai contoh lampu led menyerap daya listrik yang diterimanya dan mengubahnya menjadi cahaya.

Rumus umum yang digunakan untuk menghitung daya listrik dalam sebuah rangkaian listrik adalah sebagai berikut (Iqsyah, & Riswan, 2018):

$$P = V \times I \quad (2.17)$$

$$P = I^2 \times R \quad (2.18)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (2.19)$$

Jadi, jika yang diketahui hanya arus listrik (I) dan hambatan (R) saja, dapat menggunakan rumus :

$$P = V \times I$$

$$P = (I \times R) \times I$$

$$P = I^2 \times R$$

Jadi, jika yang diketahui hanya tegangan (V) dan hambatan (R) saja, dapat menggunakan rumus :

$$P = V \times I$$

$$P = V \times (V / R)$$

$$P = V^2 / R$$

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan**

##### **3.1.1 Waktu**

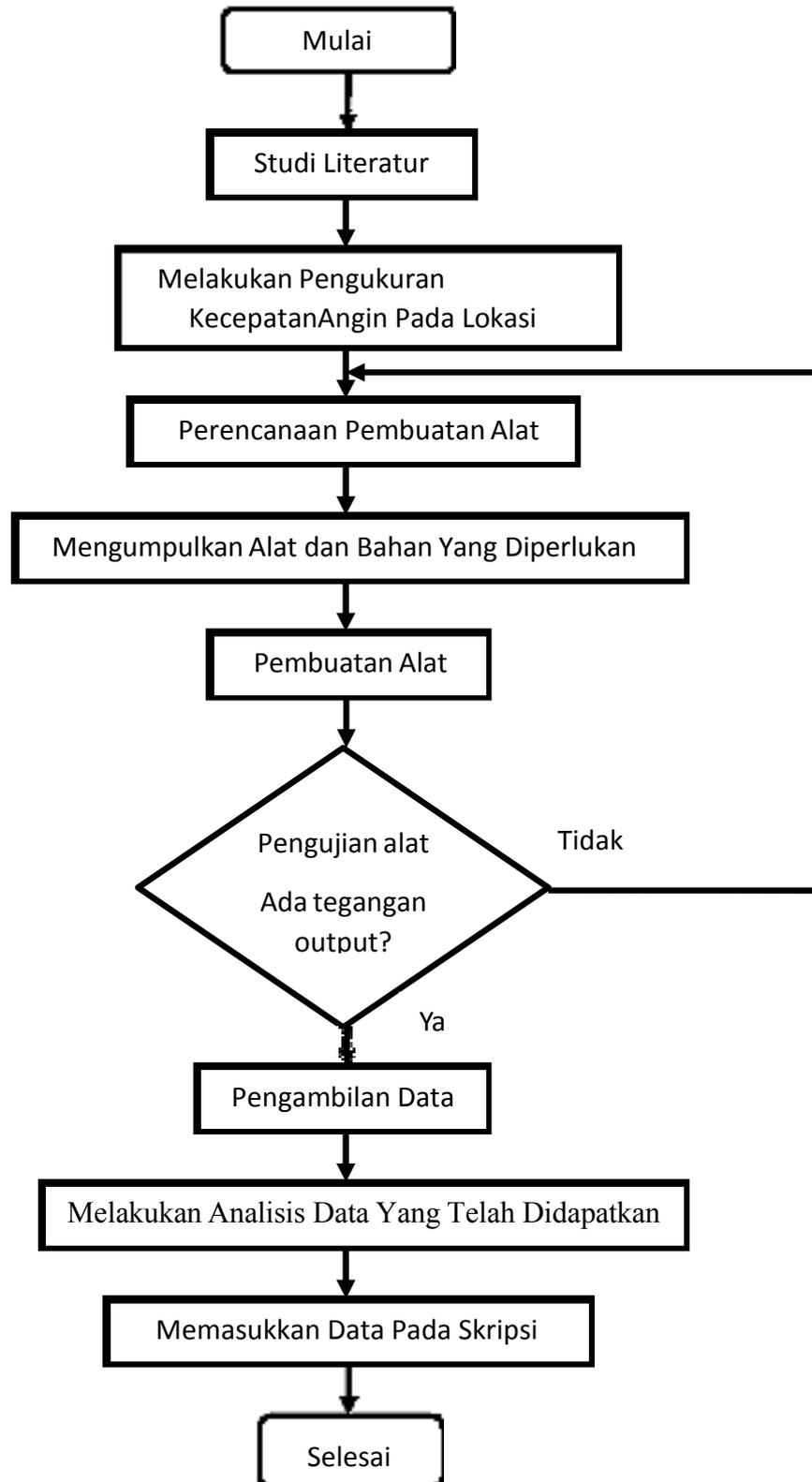
Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan selama 5 (lima) bulan, dimulai pada bulan januari sampai dengan bulan mei 2024. Pada bulan januari penulis memulai dengan melakukan studi literatur yaitu mulai mencari buku-buku, jurnal, artikel laporan penelitian dan situs-situs internet yang berkaitan dengan judul yang akan dirancang penulis. Pada bulan february penulis memulai mengumpulkan alat dan bahan yang diperlukan, setelah alat dan bahan sudah terkumpul dan lengkap penulis mulai melakukan perancangan alat pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal yang nantinya digunakan untuk penerangan lampu jalan umum. Pada bulan maret penulis akan mulai menguji alat yang telah dirakit dan mencatat hasil percobaan yang dilakukan. Terakhir bulan april dan mei penulis mulai memasukkan data hasil pengujian dan penelitian alat kedalam skripsi.

##### **3.1.2 Tempat Pelaksanaan**

Pada penelitian ini penulis mengambil tempat pelaksanaan perakitan sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal yaitu pada laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan. Setelah sistem selesai dirakit maka penulis melakukan pengujian atau uji coba terhadap sistem tersebut dan selanjutnya penulis melakukan pengambilan data atau penelitian.

Sedangkan tempat penelitian dan pengambilan data dilakukan penulis pada 3 (tiga) lokasi yang berbeda ketinggian, yaitu pada lapangan parkir mobil, gedung L lantai 3 dan pada gedung L lantai 5 Universitas HKBP Nommensen Medan.

### 3.2 Diagram Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir dari proses penelitian

Bagan alir diatas merupakan tahapan proses penelitian yang dimana dimulai dari tahap studi literatur yaitu pengumpulan sumber referensi sebagai teori penunjang penulis. Setelah referensi cukup, penulis selanjutnya melakukan pengukuran kecepatan angin terlebih dahulu pada ketiga lokasi penelitian apakah angin pada lokasi tersebut dapat memenuhi standar kecepatan angin untuk pembangkit listrik atau tidak. Setelah mengetahui kecepatan angin pada lokasi penelitian, selanjutnya penulis melakukan perencanaan pembuatan sistem yaitu dengan mendesain sistem yang akan dibuat. Kemudian setelah rancangan selesai, penulis mulai mengumpulkan alat dan bahan yang diperlukan untuk membuat sistem yang telah dirancang tersebut. Setelah alat dan bahan telah lengkap, penulis mulai melakukan pembuatan atau perangkaian sistem dengan menyusun seluruh bahan agar sesuai dengan sistem yang dirancang. Setelah pembuatan sistem telah selesai dirangkai secara sistematis, maka dilakukan pengujian sistem tersebut untuk mengetahui apakah sistem tersebut menghasilkan tegangan output atau tidak. Jika tegangan output tidak ada maka kembali pada tahap perancangan sistem dan jika tegangan output ada maka, dilakukan pengambilan data yang kemudian dilakukan analisis data yang telah didapatkan untuk dimasukkan pada skripsi.

### **3.3 Metode Penelitian**

Metode yang dilakukan perancangan pembangkit listrik tenaga angin dengan menggunakan sumbu turbin vertikal untuk penerangan lampu jalan umum, meliputi hal-hal sebagai berikut:

#### **1. Tahap Studi Literatur**

Persiapan melalui studi pustaka untuk mencari teori penunjang dan mengambil sumber-sumber informasi atau referensi pada buku, jurnal dan internet yang nantinya digunakan sebagai referensi untuk alat yang akan dirancang penulis.

#### **2. Tahap Perancangan**

Sebelum penulis membuat perancangan alat, terlebih dahulu penulis melakukan survei pengukuran kecepatan angin pada lokasi penelitian untuk memastikan tidak terjadi kesalahan saat melakukan perancangan alat.

Adapun alat yang akan dibuat penulis yaitu alat pembangkit listrik tenaga angin sumbu turbin vertikal untuk penerangan berbasis prototipe rancang bangun yang disesuaikan. Dalam proses perancangan yang dilakukan, penulis memulai dengan pengumpulan alat dan bahan kemudian melakukan pengecekan kelengkapan alat dan bahan.

### 3. Tahap pengumpulan alat dan bahan

Setelah penulis selesai melakukan perancangan, maka segala kebutuhan peralatan dan bahan yang diperlukan dalam membuat alat sudah bisa dilengkapi.

### 4. Tahap pembuatan alat

Tahap ini dilakukan pembuatan alat yaitu perakitan komponen dan menghubungkan setiap komponen dengan bagus dan rapi sehingga alat dapat dioperasikan.

### 5. Tahap Uji Coba

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat berjalan dengan baik sesuai dengan tujuan penelitian atau tidak termasuk pengambilan data hasil pengujian.

### 6. Tahap Pengambilan Data

Pada tahap pengambilan data penulis mengukur berapa tegangan yang dihasilkan oleh turbin angin, setelah itu mengukur berapa input dan output supaya dapat menyalakan beban.

## 3.4 Alat Dan Bahan Yang Digunakan Pada Sistem

### 3.4.1 Bahan Yang Digunakan Pada Sistem

**Tabel 3.1 Bahan yang digunakan pada sistem**

| NO | Nama Bahan                | Jumlah   |
|----|---------------------------|----------|
| 1  | Generator DC              | 1 buah   |
| 2  | Besi siku lubang          | 8 meter  |
| 3  | Plat 1 mm ukuran 15x15 cm | 1 lembar |
| 4  | Plat aluminium            | 2 meter  |
| 5  | Plat seng                 | 3 meter  |
| 6  | Lahar motor               | 3 buah   |

|    |  |          |
|----|--|----------|
| 7  | As roda motor win                      | 1 buah   |
| 8  | Fiting lampu                           | 2 buah   |
| 9  | Lampu 3 Watt                           | 1 buah   |
| 10 | Mika acrilir 20 x 30 cm                | 3 buah   |
| 11 | Inverter 220 watt                      | 1 buah   |
| 12 | Booster Step-Up Converter              | 1 buah   |
| 13 | Charger controller                     | 1 buah   |
| 14 | Kabel NYM merah hitam                  | 5 meter  |
| 15 | Timah                                  | 2 gulung |
| 16 | Lampu LED 10 watt                      | 1 buah   |
| 17 | Filox warna Putih/silver               | 2 buah   |
| 18 | Baut ukuran 10                         | 30 buah  |
| 19 | Baterai 12 Volt                        | 1 buah   |
| 20 | Alat ukur digital tegangan dan arus AC | 1 buah   |
| 21 | Alat ukur digital arus dan tegangan DC | 1 buah   |
| 22 | Baut cacing                            | 5 buah   |
| 23 | Lem bakar                              | 2 buah   |
| 24 | Gear besar sepeda                      | 1 buah   |
| 25 | Gear kecil sepeda                      | 1 buah   |
| 26 | Rantai sepeda                          | 1 buah   |
| 27 | Mata gerinda potong                    | 6 buah   |

### 3.4.2 Alat Yang Digunakan Pada Sistem

**Tabel 3.2 Alat yang digunakan pada sistem**

| No | Nama Alat            | Jumlah |
|----|----------------------|--------|
| 1  | Anemometer           | 1 buah |
| 2  | Gerinda              | 1 buah |
| 3  | Solder               | 1 buah |
| 4  | Mesin las            | 1 buah |
| 5  | Tachometer           | 1 buah |
| 5  | Kipas angin          | 1 buah |
| 6  | Kunci 10 & 12        | 1 buah |
| 7  | Cok sambung          | 1 buah |
| 8  | Mesin bor listrik    | 1 buah |
| 9  | Tang kombinasi       | 1 buah |
| 10 | Obeng plus dan minus | 1 buah |
| 11 | Tang kupas kabel     | 1 buah |
| 12 | Multimeter           | 1 buah |

|    |           |        |
|----|-----------|--------|
| 13 | Gunting   | 1 buah |
| 14 | Korek api | 1 buah |

### 3.5 Prosedur Pembuatan Sistem

Prosedur pembuatan sistem miniatur pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal adalah sebagai berikut:

#### 1. Pembuatan Turbin Angin

- Tahapan pertama yaitu pengukuran plat seng untuk dijadikan sumbu turbin,
- Selanjutnya pemotongan seng yang akan digunakan sebagai sumbu turbin,
- Pengukuran dan pemotongan aluminium yang akan digunakan sebagai penopang turbin angin,
- Pengelasan tumpuan dan lahar pada generator untuk tempat peletakan turbin angin,
- Penguncian setiap turbin angin dengan menggunakan baut pada tumpuan generator

#### 2. Pembuatan Tiang Turbin Angin

- Pengukuran dan pemotongan besi siku lubang sebagai tiang pengokong Turbin angin,
- Perakitan tiang dengan menggunakan baut untuk menyatukan besi
- Setelah tiang selesai kemudian, pasang generator dan tumpuan atau lahar turbin pada tiang pastikan agar generator aman dan tidak mudah jatuh.

#### 3. Pembuatan Pulley atau Roda Gigi

- Pengukuran As yang akan digunakan sebagai penopang roda gigi.
- Pengelasan as motor win dengan roda gigi, pastikan tidak terjadi kemiringan saat pengelasan.
- Pengelasan roda gigi kecin yang akan digunakan pada generator, dan pastikan juga tidak miring atau baling.

- Setelah selesai pasang as turbin pada tumpuan lahar dan pasang roda gigi pada generator, selanjutnya pasang rantai dan pastikan tidak terjadi kemiringan.
- Pastikan turbin berputar dan tidak berat.

#### **4. Pembuatan Panel**

- Setelah kincir angin dan tiang telah terpasang selanjutnya, membuat panel dari akrilik transparan dan tripleks.
- Ukur dan potong akrilik dan tripleks sesuai ukuran yang ditentukan
- Setelah dipotong rangkailah agar berbentuk seperti box gunakan baut atau baut cacing untuk menyatukannya

#### **5. Perangkaian Sistem Perkabelan dan komponen kelistrikan**

- Setelah box panel selesai kemudian rangkailah komponen kelistrikan seperti step up booster, charger controller, baterai, inverter, alat ukur dan lainnya hingga sampai ke lampu
- Gunakan solder dalam proses penyambungan kabel atau komponen yang dipakai dan gunakan isolatip hitam untuk membungkus penyambungan kabel
- Pastikan tidak ada yang terbalik atau salah penyambungan.

#### **6. Pengecatan**

- Setelah semua komponen dan alat telah terpasang kemudian rapikan dengan menggunakan amplas setiap siku yang tajam atau membahayakan
- Lakukan pengecatan agar alat terlihat rapi dan bersih

#### **7. Pengujian sistem**

- Setelah seluruh komponen telah dirangkai dan telah di cat kemudian lakukan pengujian alat untuk memastikan apakah alat berfungsi sesuai yang diinginkan atau tidak
- Jika komponen yang telah dirakit terjadi kesalahan sehingga tidak berfungsi segera lakukan pemeriksaan ulang dan perbaikan.

### 3.6 Perancangan Sistem

#### 3.6.1 Desain Awal Sistem



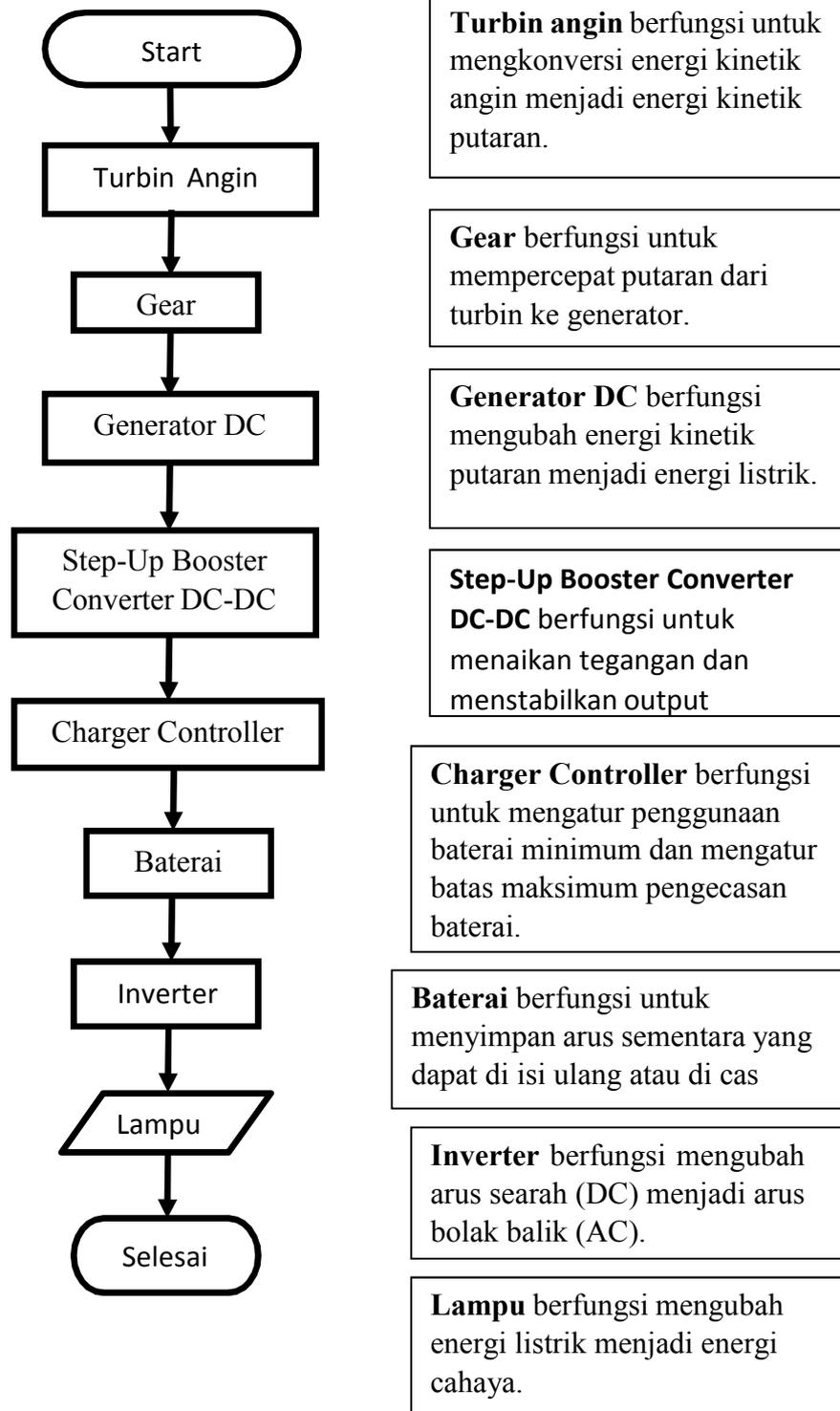
**Gambar 3.2** Desain awal sistem yang akan dibuat

**Tabel 3.3** Spesifikasi Sistem

|                            |                |
|----------------------------|----------------|
| Jenis Turbin Angin         | Sumbu Vertikal |
| Tegangan Output Diharapkan | 12 Volt        |
| Daya Generator             | 15 Watt        |
| Jumlah Sudu                | 4 buah         |
| Kecepatan Angin Standar    | 3 m/s          |
| Kecepatan Angin Maksimum   | 10 m/s         |

Tabel 3.3 diatas merupakan data spesifikasi dari sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal yang akan dibuat oleh penulis. Adapun jenis turbin angin yang digunakan adalah tipe sumbu vertikal dengan tegangan output yang diharapkan yaitu 12 volt dengan daya generator yaitu 15 watt, penulis menggunakan 4 buah sudu dengan spesifikasi yang akan dijelaskan pada tabel 3.4. kecepatan angin standar minimum yang diharapkan penulis adalah 3 m/s dan kecepatan maksimum yaitu 10 m/s agar tidak merusak komponen sistem jika kekuatan angin melebihi batas maksimum.

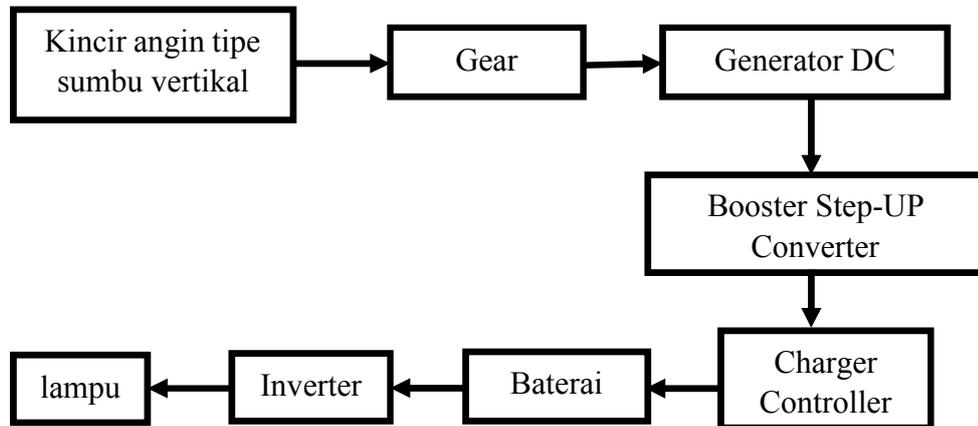
### 3.6.2 Flowchart Rancangan Sistem



**Gambar 3.3 Flowchart Sistem miniatur pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal**

### 3.6.3 Skema Perancangan Sistem

Skema perancangan atau wiring diagram secara keseluruhan dari sistem pembangkit listrik tenaga angin dengan sumbu turbin vertikal ditunjukkan pada gambar 3.4 di bawah ini.



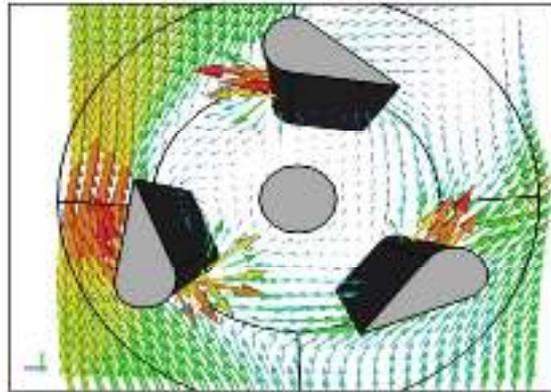
**Gambar 3.4 Skema Perancangan Sistem**

Bagan alir diatas merupakan skema perancangan sistem yaitu dimulai dari Kincir angin yang dikopel dengan generator DC menggunakan *pulley* atau *gear* untuk mempercepat putaran pada generator dan turbin angin akan berputar karena ada dorongan dari angin sehingga generator juga akan berputar dan menghasilkan tegangan. Tegangan yang dihasilkan dari generator tersebut kemudian dikirimkan ke *step up converter booster* supaya menaikkan dan menstabilkan tegangan untuk dikirimkan kepada charger controller supaya digunakan untuk mencarger baterai. Baterai tersebut berfungsi untuk menyimpan energi sementara yang kemudian digunakan sebagai sumber penerangan.

### 3.6.4 Perancangan Turbin

Turbin angin merupakan alat yang digunakan untuk menangkap angin sehingga angin tersebut mampu untuk menggerakkan atau memutar generator dan menghasilkan energi listrik. Pada penelitian ini penulis menggunakan turbin jenis *savonius type lenz2* dengan jumlah sudu sebanyak 4 buah. Penulis memilih turbin angin *type* ini karena turbin jenis *savonius type lenz2* memiliki efisiensi yang tinggi menangkap angin, dan lebih mudah dibentuk. Sudu

terbuat dari bahan plat aluminium seng, bahan aluminium seng dipilih karena ringan dan tahan lama. Berikut merupakan bentuk rancangan sudu.



**Gambar 3.5 Desain Turbin Angin**

(Sumber: Nakhoda, Y. I., & Saleh, C. 2017)

**Tabel 3.4 Spesifikasi Turbin Angin**

| No | Nama                    | Keterangan            |
|----|-------------------------|-----------------------|
| 1  | Tipe Sumbu Turbin angin | Vertikal              |
| 2  | Tipe Sudu               | <i>Savonius/Lenz2</i> |
| 3  | Lengkungan sudu         | 180 <sup>0</sup>      |
| 4  | Tinggi sudu             | 40 cm                 |
| 5  | Diameter sudu           | 10 cm                 |
| 6  | Jumlah sudu             | 4 buah                |

Tabel 3.3 diatas merupakan data spesifikasi dari turbin yang akan dibuat, yaitu dengan tipe sumbu turbin angin yaitu vertikal, tipe sudunya yaitu lenz2, dengan lengkungan sudu yaitu 180<sup>0</sup>, tinggi sudu 40 cm, diameter dari sudu 10 cm dan jumlah sudu sebanyak 4 buah.

#### **Perhitungan Daya Turbin Angin:**

$$P = (\rho \times A \times V^3) / 2$$

Dimana:

$$P = \text{Daya angin (watt)}$$

$$\rho = \text{Massa jenis udara /1,293 (kg/m}^3\text{)}$$

$$A = \text{Luas penampang sudu (m}^2\text{)}$$

$$V = \text{Kecepatan Angin (m/s)}$$

Untuk mencari A = luas penampang sudu adalah:

$$A = \pi \times r^2$$

$$A = 3,14 \times 5^2 \text{ cm}^2$$

$$A = 3,14 \times 25 = 78,75 \text{ cm}^2$$

$$A = 0,7875 \text{ meter}^2$$

Dimana:

$$A = \text{Luas daerah sapuan angin (m}^2\text{)}$$

$$r = \text{jari - jari lingkaran turbin / panjang turbin (m)}$$

Sehingga;

Misalkan daya angin = 4 m/s

$$P = (\rho \times A \times V^3) / 2$$

$$P = (1,293 \times 0,7875 \times 4^3) / 2$$

$$P = 65,1672 / 2$$

$$P = 32,5836 \text{ Watt}$$

Sehingga, daya kincir angin yang akan dirancang oleh penulis adalah dengan daya 32,5836 watt.

### 3.6.5 Generator

Generator merupakan alat yang digunakan untuk merubah energi kinetik seperti putaran dari turbin angin atau air menjadi energi listrik. Generator yang digunakan oleh penulis yaitu Generator DC, yang memiliki voltage 12 volt, 30 watt, dan speed 500 rpm. Generator DC yang digunakan ini memiliki ukuran diameter poros rotor sebesar 43,4 mm, diameter case generator yaitu 99,2 mm dan panjang 10 cm. generator ini memiliki 2 komponen utama, yaitu rotor dan stator. Generator ini memiliki kutub magnet sebanyak 2 buah.



**Gambar 3.6 Generator DC 30 watt**

### **3.6.6 Pulley/ Roda Gigi**

Pulley atau roda gigi merupakan penggerak mula dari generator dan memiliki fungsi untuk mengatur torsi, selain itu pulley atau roda gigi memiliki fungsi sebagai penyambung atau pengait antara turbin angin dengan generator. Untuk mendapatkan torsi yang besar dan putaran lebih cepat penggunaan pulley pada kincir angin dipilih ukuran atau jumlah roda gigi yang lebih besar dari pada pulley atau roda gigi pada generator dengan perbandingan 2:1 atau 3:1 dan seterusnya. Pulley atau roda gigi yang digunakan penulis yaitu dengan perbandingan roda gigi pada turbin angin sebanyak 45 dan roda gigi pada turbin sebanyak 16 atau 3:1.

### **3.6.7 Step Up Converter Booster DC-DC**

Step Up converter booster DC-DC merupakan suatu komponen kelistrikan yang digunakan untuk menaikkan tegangan dari generator dan berfungsi untuk menstabilkan tegangan output yang dihasilkan oleh generator supaya tidak merusak komponen lain jika kelebihan tegangan. Step Up Converter Booster DC-DC yang dipakai penulis adalah step up dengan type XL 6009, tegangan input mulai dari 3 volt sampai 32 volt, tegangan output 5 volt sampai 45 volt dengan output arus maksimal yaitu 4 Ampere, step up ini memiliki ukuran 43 x 30 x 12 mm.



**Gambar 3.7 Step Up Converter Booster DC-DC type XL 6009**

(Sumber: [www.google.com](http://www.google.com))

### 3.6.8 Charger Controller

Charger controller yang digunakan penulis adalah dengan type XH-604 dengan Module 6-60 V untuk kontroller cas baterai 12 V, 24 V dan 48 Volt. Kontroller ini memiliki ukuran panjang 81 mm, lebar 54 mm dan tinggi 18 mm. Kontroller ini juga dapat mengatur penggunaan baterai minimum dan pengaturan batas maksimum pengecasan daya baterai, sehingga menghindari baterai dari over charging atau kelebihan daya.



**Gambar 3.8 Charger controller type XH-604**

(Sumber: [www.google.com](http://www.google.com))

### 3.6.9 Accumulator

Baterai yang digunakan penulis adalah baterai aki kering dengan daya 12 volt dan current 5 AH dengan merek otobod. Baterai ini umumnya digunakan pada kendaraan bermotor untuk menyimpan arus sementara yang dapat di isi ulang atau di cas.



**Gambar 3.9 Baterai/aki 12 Volt 5 AH**

### **3.7 Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian yang akan dilakukan penulis adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan
2. Mendesain Sistem yang akan dibuat
3. Pembuatan sistem yang telah didesain
4. Mengamati kinerja sistem yang telah dibuat
5. Menulis data hasil pengamatan dan perhitungan

### **3.8 Pengambilan Data**

Pengambilan data akan dilaksanakan berdasarkan langkah-langkah percobaan. Setelah dilakukan pengujian dan penelitian, maka data yang dibutuhkan dapat diambil. Berikut data-data yang akan diambil:

1. Data pengujian generator tanpa beban
2. Data pengujian generator dengan beban
3. Data pengukuran angin pada lokasi penelitian
4. Putaran RPM Generator
5. Data pengecasan baterai
6. Data pengujian pembebanan baterai