

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka pada tugas akhir ini membahas tentang penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang digunakan sebagai acuan dan penambahan referensi dalam pengembangan metode yang ingin dirancang dalam tugas akhir yang akan dibuat.

Penelitian terkait dengan turbin angin sumbu vertikal sebelumnya telah dilakukan oleh Sulistianingsih Nur Fitri, dan Fatmawati Aziz pada tahun 2021 dengan judul “Rancang Bangun Turbin Vertikal axis pada PLTB” pada penelitian ini menggunakan jenis turbin angin sumbu vertikal dengan jumlah sudu 6, proses menghubungkan turbin angin dengan generator dihubungkan langsung melalui poros generator. Sistem pengambilan data meliputi hasil kecepatan angin, tegangan yang dihasilkan, dan putaran turbine(RPM) yang dihasilkan oleh turbin angin setiap 20 menit mulai dari jam 13.00 – 17.00[4].

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Moh Farouq, Efrita Arfah Zuliari, Trisna Wati pada tahun 2019 penelitiannya membahas mengenai “Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius Untuk Penerangan Perahu Nelayan” pada penelitian ini menggunakan jenis turbin angin sumbu vertikal 3 sudu dan, proses menghubungkan turbin angin dengan generator langsung dihubungkan ke poros generator, sistem pengambilan data meliputi kecepatan angin, putaran(RPM) generator, dan tegangan generator, tegangan resistor, arus yang dihasilkan oleh turbin angin setiap 30 menit mulai dari jam 13.00 – 16.30[5].

M.Iلمي Hidayat, dan Aditya Chandra Hermawan pada tahun 2024 telah melakukan sebuah penelitian “Rancang Bangun Prototipe PLTB Sumbu Vertikal Tipe Hybrid Savonius - Darrieus Untuk Pengisian Akumulator” pada penelitian ini menggunakan jenis turbin angin sumbu vertikal savonius 2 buah dan jenis turbin angin sumbu vertikal darrieus 4 buah, dan proses menghubungkan turbin angin dengan generator langsung dihubungkan ke poros generator. Sistem pengambilan data meliputi kecepatan angin, tegangan yang dihasilkan, dan arus yang dihasilkan oleh turbin angin setiap 1 jam dari mulai jam 09.00 – 16.00, selama 7 hari berturut-turut[6].

Adapun penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Hasan Basri, Djaman pada tahun 2019 penelitiannya membahas mengenai “Rancang Bangun Dan Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Model Savonius” pada penelitian ini menggunakan jenis turbin angin sumbu vertikal 3 sudu dan, proses menghubungkan turbin angin dengan generator langsung dihubungkan ke poros generator, sistem pengambilan data meliputi kecepatan angin, waktu, tegangan keluaran, arus yang dihasilkan oleh turbin angin[7].

Langgeng Saputra, dan Rika Wahyuni Arsianti pada tahun 2021 telah melakukan sebuah penelitian “Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Portable Berdaya Listrik Rendah” pada penelitian ini menggunakan jenis turbin angin sumbu vertikal savonius, dan proses menghubungkan turbin angin dengan generator langsung dihubungkan ke poros generator. Sistem pengambilan data meliputi kecepatan angin, kecepatan motor (RPM), tegangan yang dihasilkan, dan arus yang dihasilkan oleh turbin angin setiap 10 detik dilakukan selama 5 kali berturut-turut untuk memperoleh nilai rata-rata tegangan dan arus yang dihasilkan[8].

Dengan membaca penelitian yang sudah pernah dibuat dan latar belakang masalah yang ada, maka penulis membuat sebuah “Rancang Bangun Pltb Tipe Savonius Berdaya 750 W” Yang menjadi pembeda penelitian ini dengan penelitian terdahulu antara lain yaitu, dari segi mekanikal menggunakan desain tiang atau tower 3 buah tumpuan kaki yang berbentuk segitiga, kemudian dalam proses menghubungkan tenaga angin menuju generator menggunakan puley, untuk penggunaan puley dibagi menjadi dua yaitu puley generator menggunakan ukuran 3,8cm dan juga puley pada turbin angin menggunakan ukuran diameter 18cm dan juga vanbelt, untuk vanbelt sendiri menggunakan vanbelt costum atau modifikasi dari vanbelt bekas supaya bisa masuk ke dua buah puley tersebut. Dalam sistem monitoring kinerja turbin angin tipe vertikal savonius, data alat ini sudah dilengkapi dengan data tegangan, arus. dan RPM perputaran dari sebuah generator setiap 3 jam pagi, siang, sore, dengan range waktu 10 menit sekali, selama 3 hari, dan akan di implementasikan sebagai penerangan tengah sawah guna membantu memudahkan para petani dalam melakukan aktifitas pertanian pada malam hari di desa kalijaran dengan titik koordinat

- 7.622286413022674, 109.16419868542005.

Tabel 2. 1 Perbandingan Tinjauan Pustaka

Sumber	Tema Pembahasan	Teknologi yang digunakan dan luaran hasil
Sulistianingsih Nur Fitri, dan Fatmawati Aziz, 2021	Rancang Bangun Turbin Vertikal axis pada PLTB	Teknologi yang digunakan berupa anemometer(pengukuran kecepatan angin), tachometer digital(pengukuran RPM pada turbin), avometer(pengukuran tegangan output yang dihasilkan), pemanfaatannya digunakan sebagai beban AC 220v dengan daya 150-300w.
Moh Farouq, Efrita Arfah Zuliari, Trisna Wati, 2019	Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius Untuk Penerangan Perahu Nelayan	Teknologi yang digunakan berupa Anemometer(pengukuran kecepatan angin), Tachometer digital(pengukuran RPM pada turbin), avometer(pengukuran tegangan output dan arus output yang dihasilkan), pemanfaatannya digunakan sebagai sumber tenaga listrik pada penerangan perahu nelayan.
M.Ilmi Hidayat, dan Aditya Chandra Hermawan, 2024	Rancang Bangun Prototipe PLTB Sumbu Vertikal Tipe Hybrid Savonius - Darrieus Untuk Pengisian Akumulator	Teknologi yang digunakan berupa anemometer(pengukuran kecepatan angin), avometer(pengukuran tegangan output dan arus output yang dihasilkan), pemanfaatannya digunakan untuk mengisi ulang akumulator, kemudian dari akumulator nantinya bisa digunakan untuk beban berupa DC, bila ingin digunakan beban AC perlu adanya komponen inverter (pengubah tegangan DC menjadi AC, inverter DC to AC).

Muhammad Hasan Basri, Djaman, 2019	Rancang Bangun Dan Desain Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Model Savonius	Teknologi yang digunakan berupa avometer digital(pengukuran tegangan output dan arus output yang dihasilkan), anemometer(pengukuran kecepatan angin), pemanfaatannya yaitu digunakan beban resistor 2W, 15Ω.
Langgeng Saputra, dan Rika Wahyuni Arsianti, 2021	Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Portable Berdaya Listrik Rendah	Teknologi yang digunakan berupa tachometer digital(pengukuran RPM pada motor), Anemometer(pengukuran kecepatan angin), avometer(pengukuran tegangan output dan arus output yang dihasilkan), pemanfaatannya yaitu sebagai pengisian baterai dengan kapasitas 2200mAH
Wahyu Septi Aji, 2024	Rancang Bangun Pltb Tipe Savonius Berdaya 750 W	proses memonitoring data alat ini sudah dilengkapi dengan data display tegangan, arus. daya, dan RPM perputaran dari sebuah generator. Teknologi yang digunakan berupa Anemometer(pengukuran kecepatan angin), Tachometer digital(pengukuran RPM pada generator), Avometer(pengukuran tegangan output yang dihasilkan)pemanfaatannya yaitu untuk penerangan tengah sawah desa Kalijaran kecamatan Maos

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Energi Angin

Angin merupakan suatu kumpulan udara yang mengalami pergerakan dikarenakan adanya suatu perbedaan tekanan yang berada di permukaan bumi. Angin akan bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi menuju pada daerah yang bertekanan yang lebih rendah. Angin yang berhembus di bumi ini terjadi karena terdapat perbedaan penerima radiasi surya, sehingga menyebabkan adanya perbedaan dari suhu udara[9]. Potensi energi angin di Indonesia cukup besar, menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), potensi energi angin di Indonesia mencapai 200GW. Hal ini energi angin dapat menjadikan sumber energi alternatif yang potensial untuk memenuhi kebutuhan energi nasional. Kecepatan yang diperoleh dari pengambilan data kecepatan angin di BMKG Kab. Cilacap kecamatan Maos yaitu 3,6 m/s.

2.2.2 Konversi Energi Angin

Tujuan yang paling utama dalam pembangkit listrik energi angin ialah mengubah dari energi mekanik menjadi energi listrik, besarnya energi yang dapat dikirim ke rotor tergantung pada massa jenis udara, luas area penampang blade, dan kecepatan angin.

Menghitung energi kinetik pada poros dapat menggunakan rumus persamaan 2.1

$$E = \frac{1}{2}.m.v^2 \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

E = Energi kinetik (Joule)

m = Massa udara yang bergerak (kg)

v = Kecepatan angin (m/s)

Menghitung laju volume dapat menggunakan rumus persamaan 2.2

$$V = v.A \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

v = Kecepatan angin (m/s)

A = Luas penampang sapuan (m^2)

V = Laju volume (m^3/s)

Menghitung laju aliran massa dengan kecepatan udara p dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.3

$$m = p.A.v \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

v = Kecepatan angin (m/s)

A = Luas penampang sapuan (m^2)

m = Massa udara yang bergerak (kg)

p = Densitas udara (p rata-rata : $1,2 \text{ kg/m}^3$)

Persamaan 2.1-2.3 menunjukkan energi kinetik dan aliran massa yang melewati suatu penampang melintang A sebagai energi P yang ditunjukkan dengan mensubstitusinya pada persamaan 2.4

$$P = \frac{1}{2} \cdot p \cdot A \cdot v^3 \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

P = Daya mekanik (W)

V = Kecepatan angin (m/s)

p = Densitas udara (p rata-rata : $1,2 \text{ kg/m}^3$)

A = Luas penampang sapuan (m^2)

Menghitung daya angin supaya memutarakan sudu dapat menggunakan rumus pada persamaan 2.5[10]

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

Keterangan:

PA = Daya angin (W)

V = Kecepatan angin (m/s)

p = Densitas udara (p rata-rata : $1,2 \text{ kg/m}^3$)

A = Luas penampang sapuan (m^2)

2.2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Bayu

2.2.3.1 Gaya pada PLTB

Terdapat dua macam gaya untuk menggerakkan sebuah rotor pada turbin angin, yaitu gaya *lift* dan gaya *drag*. Gaya *lift* yaitu pergerakan fluida yang mengenai benda berpenampang *airfoil*, airfoil sendiri merupakan elemen penting dalam proses konfersi energi angin. Sedangkan gaya *drag* merupakan perlawanan antara gaya hambat dengan arah gerak pada benda[11].

2.2.3.2 Turbin Angin

Dalam perkembangannya turbin angin sendiri dibagi menjadi dua jenis yaitu turbin angin vertikal dan turbin angin horizontal. Kedua turbin angin sendiri memiliki karakteristik yang berbeda-beda, untuk turbin angin vertikal di desain dengan poros rotor tegak lurus, sedangkan turbin

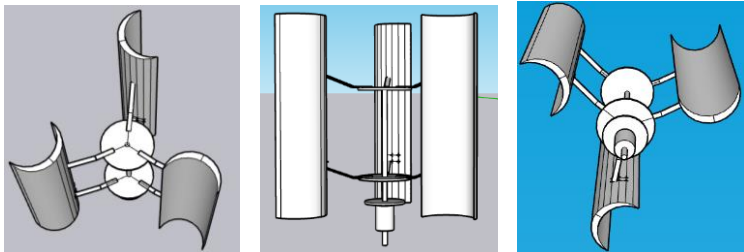
angin tipe horizontal sendiri dipasang harus searah dengan arah datangnya angin.

2.2.3.3 Turbin Angin Sumbu Vertikal

Turbin angin sumbu vertikal (TASV) adalah turbin angin dengan poros atau sumbu rotor yang dipasang dengan tegak lurus, sumbu vertikal pada rotor utama lebih memungkinkan turbin sumbu dapat menerima dan menangkap angin dari segala penjuru arah angin. Kelebihan sumbu vertikal akan berguna pada wilayah yang memiliki keadaan angin yang berganti-ganti atau bervariasi sehingga lebih efisien dalam memanfaatkan energi angin dan sangat cocok untuk konstruksi pembangkit listrik pada daerah pesisir pantai[12]. Pada turbin angin jenis ini lebih dominan mengandalkan gaya *drag* dari pada gaya *lift*.

Keuntungan turbin angin Savonius dibandingkan dengan jenis turbin angin lain, seperti:

- Desain sederhana: Turbin angin Savonius mudah dibuat dan dirawat.
- Efisiensi tinggi pada kecepatan angin rendah: Turbin angin Savonius dapat menghasilkan energi listrik yang cukup bahkan pada kecepatan angin yang rendah.
- Ketahanan tinggi terhadap turbulensi angin: Turbin angin Savonius tidak mudah rusak oleh turbulensi angin.



Gambar 2. 1 Desain turbin vertikal
(Sumber: Dok.Pribadi, 2024)

2.2.3.4 Turbine Angin Sumbu Horizontal

Turbine angin sumbu horizontal (TASH) adalah jenis turbin angin dengan tipe propeller, jenis turbin ini sama persis seperti baling-baling pada pesawat terbang. Generator dan poros turbin angin horizontal berada di bagian atas menara dan harus diarahkan pada arah tiupan angin [13]. Pada

urbin angin jenis ini kebalikannya gaya dari turbin angin jenis vertikal yaitu lebih mengandalkan gaya *lift* dari pada gaya *drag*.

Keuntungan turbin angin Savonius dibandingkan dengan jenis turbin angin lain, seperti:

- Efisiensi tinggi: Konfersi energi angin yang lebih optimal.
- Teknologi matang: Pengembangan berkelanjutan, handal dan sudah standarisasi industri.

2.2.4 Wind Turbin Controller

Wind Turbine Controller merupakan perangkat elektronika yang berperan penting dalam sistem pembangkit listrik tenaga angin, berfungsi untuk mengawasi dan mengontrol operasi turbin angin agar berjalan dengan efisien dan handal, fungsi lainnya yaitu mengubah tegangan yang dihasilkan generator 3 kabel fasa tegangan AC, menjadi tegangan DC positif dan negatif. Untuk jumlah pin dari *wind turbine controller* ini mempunyai 5 buah pin, diantaranya 3 pin kabel warna hijau untuk masukan dari sebuah generator, kemudian 2 pin kabel warna hitam dan merah sebagai output dari *wind controll* menuju ke baterai.



Gambar 2. 2 *Wind Turbine Controller*
(Sumber: Dok.Pribadi, 2024)

2.2.5 Generator

Generator merupakan perangkat yang mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik ini dapat berasal dari berbagai sumber, seperti air, angin, panas, dan bahan bakar fosil. Pada mesin generator menggunakan magnet untuk mengubah energi mekanis menjadi energi listrik, prinsip dari generator sendiri yaitu bahwa tegangan

diinduksikan pada konduktor apabila konduktor tersebut bergerak pada medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya[14]. Spesifikasi dari generator yaitu daya yang bisa dihasilkan 750W, dengan RPM 3350, generator jenis AC 3 kabel fasa, generator ini merupakan bekas mesin jahit merek Juki, generator ini merupakan generator dengan jenis putaran atau rpm tinggi, dan torsi yang dihasilkan rendah.



Gambar 2. 3 Generator
(Sumber: Dok.Pribadi, 2024)

2.2.6 SCC (*Solar Charge Controller*)

Perangkat elektronik yang berfungsi mengatur aliran listrik dari panel surya menuju baterai, fungsi utama sebagai pengontrol charging baterai dengan mengontrol arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya yang akan digunakan sebagai sumber daya tenaga listrik untuk kebutuhan charging baterai, sehingga baterai tidak mengalami kondisi *over charging* dan *under charging*, perangkat ini tidak hanya digunakan untuk panel surya saja namun bisa digunakan pada sistem tenaga angin untuk mengetahui dan mengatur aliran listrik baik tegangan maupun arus dari *wind controller* menuju baterai, tegangan yang dihasilkan dari generator menuju baterai 12v 100a minimal 8,5v dengan RPM motor 190 dan dengan kecepatan angin 3,5m/s untuk proses charging ke baterai. Pada SCC sendiri memiliki 6 buah pin terminal, 2 pin sebelah kiri untuk memasukan sumber yang dihasilkan baik dari panel surya maupun tenaga angin, 2 pin bagian tengah digunakan untuk jalur baterai, 2 pin sebelah kanan digunakan untuk langsung menuju beban dengan sumber DC.



Gambar 2. 4 *Solar Charge Controller*
(Sumber: Dok.Pribadi, 2024)

2.2.7 Sensor RPM (*Rotations Per Minute*)

Peralatan elektronik yang berfungsi untuk mengukur kecepatan putaran/rotasi suatu objek dalam satu menit, sensor ini biasa disebut sensor tachometer, untuk penggunaan sensor ini biasanya diletakan di dekat poros motor, selain itu fungsi lainnya yaitu monitoring kondisi mesin biasanya bisa di lihat dari perubahan pada kecepatan putaran mesin[15], pengendalian kecepatan digunakan untuk mengontrol kecepatan suatu sistem, dan keamanan digunakan sebagai fitur keamanan untuk memastikan mesin secara otomatis jika kecepatan putaran melebihi batas aman, untuk penggunaan sensor ini diletakan dibagian atas tiang dekat dengan generator untuk mengukur rotasi per menit, untuk indikator “LLLL” seperti pada gambar di bawah menunjukkan bahwa pembacaan sensor terhadap poros motor tidak terbaca atau motor masih dalam keadaan diam, kemudian bisa jadi penempatan posisi medan magnet yang terbalik arah kutubnya pada bagian poros motor.



Gambar 2. 5 Sensor RPM
(Sumber: Dok.Pribadi, 2024)

2.2.8 Display Tegangan dan arus

Suatu perangkat atau sistem yang berfungsi sebagai menampilkan informasi mengenai besarnya tegangan listrik dan arus listrik pada suatu rangkaian listrik, untuk penggunaan display ini, digunakan sebagai indikator tegangan pada baterai, dan untuk indikator arus digunakan untuk arus pada beban yang digunakan yaitu lampu LED.



Gambar 2. 6 Display tegangan dan arus
(Sumber: Dok.Pribadi, 2024)

2.2.9 Puley

Sebuah komponen berbentuk roda yang berfungsi untuk mentransmisikan daya melalui sabuk atau rantai[16], pada sistem PLTB berfungsi untuk mentransmisikan tenaga yang dihasilkan oleh turbin angin kemudian ditransmisikan melalui puley dan sabuk atau *vanbelt* menuju ke generator supaya bisa berputar dan menghasilkan energi listrik. Untuk ukuran puley yang digunakan yaitu 18cm untuk puley pada turbin angin, dan 2,54cm untuk puley pada generator.



Gambar 2. 7 Puley
(Sumber: Dok.Pribadi, 2024)

2.2.10 Vanbelt

Komponen penting dalam sistem transmisi, bentuknya seperti sabuk dengan penampang berbentuk V yang berfungsi untuk mentransfer daya dari mesin ke komponen lain seperti pompa air, kompresor AC, dsb. Jenis *vanbelt* yang digunakan pada sistem PLTB menggunakan vanbelt ukuran 95x864



Gambar 2. 8 Vanbelt
(Sumber: Dok.Pribadi, 2024)

2.2.11 Terminal blok

Komponen listrik yang berfungsi untuk menghubungkan dan menyambungkan beberapa kabel listrik dalam satu titik guna untuk memudahkan pada saat proses instalasi, keamanan, efisiensi, dan fleksibilitas[17].



Gambar 2. 9 Terminal blok
(Sumber: Dok.Pribadi, 2024)

2.2.12 Accumulator

Accumulator atau *Storage Battery* adalah sebuah alat yang dapat menyimpan energi (umumnya energi listrik) dalam bentuk energi kimia. Akumulator ini diberikan tenaga listrik berasal dari generator turbin angin. Di dalam *Accumulator* tenaga (energi listrik) ini mengerjakan proses kimia, sehingga dapat dikatakan bahwa tenaga listrik dari luar diubah menjadi tenaga kimia di dalam akumulator dan kemudian tersimpan di dalamnya[18]



Gambar 2. 10 Accumulator
(Sumber: Dok.Pribadi, 2024)

2.2.13 Lampu LED DC 10W

Jenis lampu yang dirancang khusus untuk beroperasi dengan sumber daya listrik arus searah atau DC, lampu LED DC bekerja secara lebih efisien dan memiliki umur yang jauh lebih Panjang. Lampu LED merupakan terobosan baru pada sistem penerangan dan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan lampu

LHE neon, seperti daya rendah, intensitas cahaya lebih terang dan masa pakai lebih lama dan harga yang tidak jauh berbeda dengan lampu lainnya[19].



Gambar 2. 11 Lampu LED DC 10W
(Sumber: Dok.Pribadi, 2024)