ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU TURBIN *DARRIEUS* TIPE-H SEBAGAI ALAT *CHARGING* BATERAI

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi

Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Mesin

Oleh :

MUH. RIZQI QORI RAMADHAN

NPM. 6422600109

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul "**ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU TURBIN DARRIEUS TIPE-H SEBAGAI ALAT *CHARGING* BATERAI**".

Nama Peneliti : Muh. Rizqi Qori Ramadhan

NPM : 6422600109

Telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk dipertahankan dihadapan dewan penguji skripsi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer :

Hari : Jum'at

Tanggal : 7 Februari 2025

Pembimbing 1	Pembimbing 2
Hadi Wibowo, ST., MT.	Royan Hidayat, ST., MT.
NIPY. 20651641971	NIPY. 2496441990

HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Dewan Penguji Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Hari : Rabu

Tanggal : 12 Februari 2025

Ketua Penguji	TTD
Rusnoto, ST., M.Eng. NIPY. 14054121974 **Penguji Utama**	.....
Mustaqim, ST., M.Eng NIPY. 9050751970 **Penguji I**	.....
Hadi Wibowo, ST., MT. NIPY. 20651641971 **Penguji II**	.....
Royan Hidayat, ST., MT. NIPY. 2496441990	.....

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

(Hadi Wibowo, ST. MT.)
NIPY. 126518101972

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini dengan judul **"Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Dengan Variasi Jumlah Sudu Turbin Darrieus Tipe-H Sebagai Alat *Charging* Baterai"** ini beseta isinya adalah benar – benar karya saya sendiri, dan saya tidak akan melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara – cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini saya siap apabila kemudian ada pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau ada klaim pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Yang bertanda tangan

Dibawah ini

Muh. Rizqi Qori Ramadhan

NPM. 6422600109

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Disetiap kesuksesanmu ada Ibu yang selalu mendoakan dan Ayah yang selalu bekerja lebih keras dari mu.
2. “Maka sesungguhnya bersama kesulitan pasti ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada tuhanmulah engkau berharap”. (QS. Al – Insyirah : 6-8)
3. “Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya”. (QS. Al – Baqarah : 286)

PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan kepada :

1. Allah SWT yang memberikan nikmat dan karuniannya.
2. Nabi Muhammad SAW yang selalu ditunggu syafaatnya dihari akhir nanti.
3. Orang tua saya, yang selalu bekerja keras, menasehati, mendidik, mendo’akan, mendukung saya dalam keadaan apapun sehingga membuat saya selalu semangat.
4. Kaka dan adik saya, yang tak kunjung bosan memberi semangat dan doa kepada saya.
5. Teman-teman Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer yang selalu menemani saya di kampus dan saat ada kegiatan.

PRAKATA

Dengan memanjatkan puji syukur atas kehadirat Allah SWT, yang sudah memberikan jalan kemudahan, kelancaran serta kesehatan yang tiada tara sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Analisa Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Dengan Variasi Jumlah Sudu Turbin Darrieus Tipe-H Sebagai Alat *Charging* Baterai". Penyususan skripsi ini dimaksud untuk memenuhi suatu syarat dalam rangka menyelesaikan Studi Strata 1 Program Studi Teknik Mesin.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini tidak luput dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST. M.T selaku dekan Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
2. Bapak Hadi Wibowo, ST., MT. selaku dosen pembimbing I.
3. Bapak Royan Hidayat, ST., M.T selaku dosen pembimbing II.
4. Segenap dosen dan Staf Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
5. Orang tua saya yang tak pernah lelah untuk mendoakan dan memberi semangat.
6. Terimakasih kepada teman-teman semua yang ada di Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
7. Serta semua pihak yang selalu membantu hingga laporan ini selesai, semoga mendapatkan balasan yang sesuai dan lebih dari Allah SWT.

Penulis telah membuat laporan ini sesempurna mungkin semampu kemampuan Penulis, namun demikian ada kekurangan yang tidak terlihat oleh penulis untuk itu dapat dimaklumi dan mohon memberi masukan untuk kebaikan Penulis dan memaafkannya. Harapan Penulis, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Brebes, 25 Februari 2025

Penulis

Muh. Rizqi Qori Ramadhan

NPM. 6422600109

ABSTRAK

MUH. RIZQI QORI RAMADHAN, 2025. "ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU TURBIN DARRIEUS TIPE-H SEBAGAI ALAT *CHARGING* BATERAI" Teknik Mesin Universitas Pancasakti Tegal.

Perkembangan dunia teknologi saat ini sangat pesat, termasuk di sektor kendaraan. Mobil dan sepeda motor kini banyak yang beralih menggunakan energi listrik. Namun, pemerintah masih belum sepenuhnya siap untuk mendukung peralihan ini, terutama di kota-kota kecil. Di daerah tersebut, konsumen yang menggunakan kendaraan listrik masih harus mengandalkan listrik PLN di rumah untuk mengisi daya baterai, sehingga jarak tempuh kendaraan terbatas. Di kota-kota besar, beberapa perusahaan seperti Pertamina dan PLN telah memfasilitasi kebutuhan ini dengan menyediakan stasiun pengisian daya, di mana pengguna kendaraan listrik dapat langsung mengganti baterai yang habis dengan baterai yang sudah terisi penuh.

Metode yang digunakan penulis dalam penulisan skripsi ini adalah metode eksperimen. Pengertian eksperimen dapat diartikan dalam beberapa hal, antara lain "Penelitian eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan cara memanipulasi subjek untuk mengetahui pengaruh penipuan terhadap perilaku subjek yang diamati". Sebaliknya, "Penelitian eksperimental pada prinsipnya dapat diartikan sebagai metode sistematis untuk membangun hubungan yang mengandung fenomena sebab-akibat". Pada penelitian ini memiliki proses utama untuk menguji keefektifan produk yang dihasilkan dengan cara memvariasikan sudu pada turbin angin vertikal darrieus tipe-h yang digunakan untuk mencharger baterai/akumulator.

Hasil penelitian menunjukan bahwa turbin angin darrieus dengan perbedaan variasi jumlah sudunya terus mengalami peningkatan dan jauh lebih baik. Hasil rata-rata tabel pemgujian pada variasi 2 sudu dengan kecepatan angin 6,07 m/s mendapatkan putaran poros 126,3 rpm, putaran generator 202,7 rpm, voltase 4,22 volt, arus 0,33 ampere. Untuk variasi 3 sudu dengan kecepatan 6,07 m/s mendapatkan putaran poros 128,1 rpm, putaran generator 209,2 rpm, voltase 4,26 volt, arus 0,35 ampere. Untuk variasi 4 sudu dengan kecepatan angin 6,07 m/s mendapatkan putaran poros 130,3 rpm, putaran generator 211,9 rpm, voltase 4,29 volt, arus 0,38 ampere. Jadi untuk variasi jumlah sudu turbin sangat berpengaruh dalam kinerja atau saat sudu berputar.

Berdasarkan hasil pengujian alat penelitian untuk efisiensi generator turbin angin darrieus tipe-h pada variasi 2 sudu dari yang terendah yaitu 14% sedangkan untuk yang tertinggi yaitu 28%, pada variasi 3 sudu dari yang terendah yaitu 16% sedangkan untuk yang tertinggi yaitu 32% dan untuk variasi 4 sudu dari yang terendah yaitu 17% sedangkan untuk yang tertinggi yaitu 33%.

Kata kunci : Energi baru terbarukan, akumulator , turbin angin vertikal.

ABSTRACT

MUH. RIZQI QORI RAMADHAN, 2025. "ANALISA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU DENGAN VARIASI JUMLAH SUDU TURBIN DARRIEUS TIPE-H SEBAGAI ALAT *CHARGING* BATERAI" Mechanical Engineering University of Pancasakti Tegal.

The development of the world of technology is currently very rapid, including in the vehicle sector. Many cars and motorbikes are now switching to using electric energy. However, the government is still not fully ready to support this transition, especially in small cities. In these areas, consumers who use electric vehicles still have to rely on PLN electricity at home to charge the battery, so the vehicle's range is limited. In big cities, several companies such as Pertamina and PLN have facilitated this need by providing charging stations, where electric vehicle users can immediately replace depleted batteries with fully charged batteries.

The method used by the author in writing this thesis is the experimental method. The definition of an experiment can be interpreted in several ways, including "Experimental research is research conducted by manipulating subjects to determine the effect of deception on the behavior of the observed subjects". Conversely, "Experimental research can in principle be interpreted as a systematic method for building relationships that contain cause-and-effect phenomena". This study has a main process for testing the effectiveness of the resulting product by varying the blades on the h-type darrieus vertical wind turbine used to charge the battery/accumulator.

The research results show that Darrieus wind turbines with different variations in the number of blades continue to improve and are much better. The average results of the testing table for the 2 blade variation with a wind speed of 6.07 m/s obtained a shaft rotation of 126.3 rpm, generator rotation of 202.7 rpm, voltage of 4.22 volts, current of 0.33 amperes. For the 3 blade variation with a speed of 6.07 m/s, you get a shaft rotation of 128.1 rpm, generator rotation of 209.2 rpm, voltage of 4.26 volts, current of 0.35 amperes. For the 4 blade variation with a wind speed of 6.07 m/s, you get a shaft rotation of 130.3 rpm, generator rotation of 211.9 rpm, voltage of 4.29 volts, current of 0.38 amperes. So variations in the number of turbine blades have a big influence on performance or when the blades rotate.

Based on the results of testing research tools for the efficiency of the H-type Darrieus wind turbine generator in the 2 blade variation from the lowest it is 14% while for the highest it is 28%, in the 3 blade variation from the lowest it is 16% while for the highest it is 32% and for the 4 blade variation from the lowest it is 17% while for the highest it is 33%.

Keywords: New renewable energy, accumulator, vertical wind turbine.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

LEMBAR PERSETUJUAN ii

HALAMAN PENGESAHAN iii

HALAMAN PERNYATAAN iv

MOTTO DAN PERSEMBAHAN v

PRAKATA vi

ABSTRAK viii

ABSTRACT ix

DAFTAR ISI x

DAFTAR GAMBAR xiii

DAFTAR TABEL xv

LAMBANG xvi

BAB I PENDAHULUAN 1

A. Latar Belakang Masalah 1

B. Batasan Masalah 3

C. Rumusan Masalah 4

D. Tujuan Penelitian 4

E. Manfaat Penelitian 4

F. Sistematika Penulisan 5

BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA 7

A. Landasan Teori 7

1. Bayu (Angin) 7

2. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin) 9

3. Jenis-jenis Turbin Angin 12

4. Kelebihan dan Kekurangan Turbin Angin 22

5. Akumulator (Aki) 26

6. Parameter Kinerja Turbin Angin 30

7. Komponen Turbin Angin 33

B. Tinjauan Pustaka 37

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 42

A. Metode Penelitian 42

B. Waktu dan Tempat Penelitian 42

C. Variabel Penelitian 43

D. Prosedur Penelitian 44

E. Teknik Analisis Data 45

F. Alat dan Bahan 47

G. Turbin Angin 49

H. Diagram Rangkaian Kelistrikan 50

I. Langkah Pengambilan Data 51

J. Diagram Alur Penelitian 55

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 56

A. Hasil Penelitian 56

B. Pembahasan 147

BAB V PENUTUP 153

A. Kesimpulan 153

B. Saran 154

DAFTAR PUSTAKA 155

LAMPIRAN 157

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Konversi Energi Angin Pada PLTB..... 10

Gambar 2.2. Gaya aerodinamis rotor turbin angin ketika dilalui aliran udara.. 14

Gambar 2.3. Komponen utama turbin angin sumbu horizontal..... 14

Gambar 2.4. Jenis turbin angin berdasarkan jumlah sudu 15

Gambar 2.5. Turbin angin jenis *upwind* dan *downwind*..... 16

Gambar 2.6. Turbin angin *Darrieus* 21

Gambar 2.7. Turbin angin *Darrieus* tipe-H 21

Gambar 2.8. *Baterai 12 Volt* 26

Gambar 2.9. Keadaan pada baterai (a). Ilustrasibaterai dalam keadaan terisi penuh (b). Ilustrasi baterai saat mengeluarkan arus (c). Ilustrasi baterai dalam keadaan tak terisi..... 26

Gambar 2.10. Ion-ion pada akumulator (aki) 27

Gambar 3.1. Anemometer..... 47

Gambar 3.2. Tachometer..... 48

Gambar 3.3. Multimeter..... 49

Gambar 3.4. Desain Turbin Angin..... 49

Gambar 3.5. Diagram Rangkaian Kelistrikan..... 50

Gambar 3.6. Cara Mengukur Tegangan 53

Gambar 3.7. Cara Mengukur Arus 54

Gambar 3.8. Diagram alur penelitian 55

Gambar 4.1 Grafik Daya Generator 147

Gambar 4.2 Grafik Efisiensi Generator Turbin Angin 148

Gambar 4.3 Grafik Daya Generator 149

Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Generator Turbin Angin 150

Gambar 4.5 Grafik Daya Generator 151

Gambar 4.6 Grafik Efisiensi Generator Turbin Angin 152

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Daftar Intensitas Angin 9

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian..... 43

Tabel 4.1 Data Pengujian Hari Pertama..... 57

Tabel 4.2 Data Pengujian Hari Kedua..... 87

Tabel 4.3 Data Pengujian Hari Ketiga 117

LAMBANG

%	: persen (per seratus)
Tfc	: trilion cubic feet
Cm	: centimeter
m	: meter
m/s	: meter per second
Kg	: kilo gram
J	: Joule
°	: drajat
ω	: omega
ρ	: rho
π	: pi
η	: eta
N	: Newton
Nm	: Newton meter
rad/s	: radian per second

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan dunia teknologi saat ini sangat pesat, termasuk di sektor kendaraan. Mobil dan sepeda motor kini banyak yang beralih menggunakan energi listrik. Namun, pemerintah masih belum sepenuhnya siap untuk mendukung peralihan ini, terutama di kota-kota kecil. Di daerah tersebut, konsumen yang menggunakan kendaraan listrik masih harus mengandalkan listrik PLN di rumah untuk mengisi daya baterai, sehingga jarak tempuh kendaraan terbatas. Di kota-kota besar, beberapa perusahaan seperti Pertamina dan PLN telah memfasilitasi kebutuhan ini dengan menyediakan stasiun pengisian daya, di mana pengguna kendaraan listrik dapat langsung mengganti baterai yang habis dengan baterai yang sudah terisi penuh.

Indonesia adalah negara dengan garis pantai sangat panjang dan memiliki potensi menyakinkan untuk mengembangkan pembangkit listrik tenaga angin, namun hal itu belum dapat dimanfaatkan secara maksimum. Salah satu cara pemanfaatan energi angin adalah menggunakan turbin. Sejak dulu turbin digunakan untuk membantu pekerjaan manusia, seiring berkembangnya tekniologi energi angin digunakan sebagai energi alternatif untuk menghasilkan listrik untuk memenuhi kebutuhan manusia yang semakin meningkat.

Menurut Aklis dkk (2016) Pemakaian energi angin di Indonesia masih belum optimal hanya 1,06 MW dari 28.658,36 MW kapasitas pembangkit PLN.

Di Indonesia kecepatan angin berkisar antara 2 m/s hingga 6 m/s yang cocok untuk pembangkit listrik skala kecil (10 kW) dan menengah (10-100 kW). aka dari itu diperlukan pembangkit tenaga listrik yang efisien dan sederhana sehingga ketergantungan energi fosil dapat perlahan berkurang. Pembangkit listrik tenaga angin yang banyak digunakan adalah turbin angin dengan sumbu vertikal. Turbin angin sumbu vertikal adalah turbin dengan sumbu rotasi tegak lurus pada permukaan tanah.

Prastiko (2016) menyebut turbin angin sumbu vertikal memiliki keunggulan tidak harus diubah posisinya jika angin berubah, tidak seperti turbin horisontal yang memerlukan mekanisme tambahan untuk menyesuaikan rotor turbin dengan arah angin. Dengan kondisi geografis Indonesia diperlukan sebuah pembangkit angin skala kecil atau menengah yang banyak dan dapat dioperasikan di daerah sehingga tercipta pemerataan energi ke seluruh negeri dan mengurangi krisis energi.

Prinsip kerja turbin angin untuk pembangkit listrik adalah mengubah energi kinetik dari angin menjadi energi mekanis pada kincir, sehingga dapat menggerakan poros yang memutar generator yang akan menghasilkan listrik. Salah satu jenis turbin angin adalah Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV). TASV mampu mendayagunakan angin dari berbagai arah TASV terdiri dari bebrapa jenis turbin angin, salah satunya yaitu turbin angin Darrieus Tipe-H.

Berdasarkan uraian tersebut, maka perlu dilakukan penelitian tentang seberapa besar pengaruh pada kinerja turbin angin poros vertikal tipe darrieus tipe-h dengan memvariasikan jumlah sudu.

B. Batasan Masalah

Berdasarkan dari pemaparan latar belakang diatas maka diperlukan batasan masalah dari penelitian ini agar lebih terarah pada tujuan sebelumnya, yaitu sebagai berikut :

1. Turbin angin yang dibuat yaitu turbin angin darrieus tipe-h.
2. Sudu turbin angin terbuat dari pvc dengan poros silinder baja.
3. Kinerja turbin angin darrieus tipe-h dalam penelitian ini meliputi daya generator, torsi, dan efisiensi.
4. Generator yang digunakan yaitu generator DC dengan kapasitas 500 watt.
5. Daya yang dihasilkan hanya digunakan untuk mencharger akumulator atau baterai.
6. Kapasitas baterai yang digunakan yaitu 12 volt.
7. Pengujian dilakukan selama 3 hari untuk mencari kecepatan angin terbaik atau yang bisa memutarkan sudu turbin.
8. Turbin angin darrieus tipe-h ini dibuat hanya untuk penelitian atau skala prototype.
9. Turbin angin bisa berputar dengan kecepatan minimal 4 m/s.
10. Pengujian menggunakan beban lampu 10 watt.

C. Rumusan Masalah

Dengan latar belakang diatas maka permasalahan dalam penelitian ini yang dapat di rumuskan adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana Pengaruh Variasi 2, 3, dan 4 Sudu terhadap Daya Turbin Angin Vertikal Darrieus Tipe-H?
2. Berapakah Efisiensi Generator Turbin Angin Vertikal Darrieus Tipe-H?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui pengaruh variasi jumlah sudu terhadap kinerja turbin angin darrieus tipe-h.
2. Menjadikan turbin angin sebagai alat untuk *mencharger* baterai.
3. Menjadikan sumber energi alternatif pengganti fosil yang ramah lingkungan.

E. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi beberapa pihak, adapun manfaat yang akan didapat dari penelitian skripsi ini sebagai berikut :

1. Manfaat Penulis

   Melalui penelitian ini penulis dapat mempelajari pengaruh jumlah sudu terhadap kinerja turbin angin darrieus tipe-h.
2. Manfaat secara umum
   a. Memberikan pengetahuan dasar tentang alat konversi energi angin yaitu Turbin Angin Sumbu Vertikal Darrieus Tipe-H.

b. Untuk mahasiswa ataupun masyarakat dapat mengetahui dan mengembangkan energi angin sebagai energi alternatif yang terbarukan atau ramah lingkungan.
c. Untuk media belajar bagi masyarakat dan pelajar.

F. Sistematika Penulisan Skripsi

Penulisan skripsi ini, penulis menggunakan sistematika sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan skripsi.

BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi penjelasan tentang teori-teori yang berkaitan dengan turbin angin darrieus tipe-h serta tinjauan pustaka yang menjadi bahan referensi penulis.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini berisi pembahasan tentang metodologi penelitian yang digunakan penulis, meliputi kerangka penulisan yang berisi : metode, teknik, waktu dan tempat penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi data-data yang telah dikumpulkan dalam penelitian yang akan digunakan dalam proses pengolahan data.

BAB V PENUTUP

Pada bab terakhir ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian tentang pengaruh variasi jumlah sudu terhadap kinerja turbin angin poros vertikal tipe darrieus tipe sudu-h.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Bayu (Angin)

Masa udara yang bergerak disebut angin. Menurut Yousef (1984), angin ditutunkan oleh pola tekanan yang luas dalam atmosfer yang berhubungan dengan sumber panas atau daerah panas dan dingin pada atmosfer. Angin bergerak secara horizontal atau vertikal dengan kecepatan yang berbeda dan berfluktuasi secara dinamis. Penyebab pergerakan massa udara adalah perbedaan tekanan udara antara satu tempat dengan tempat lainnya. Angin selalu bertiup dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Udara bergerak langsung dari udara bertekanan tinggi ke udara bertekanan rendah jika tidak ada gaya lain yang bekerja padanya. Namun, rotasi bumi menimbulkan gaya yang mempengaruhi arah gerak angin. Pengaruh rotasi bumi terhadap arah angin disebut efek *Coriolis*.

Efek ini menyebabkan angin bergerak searah jarum jam di daerah bertekanan rendah di belahan bumi dan berlawanan arah jarum jam di daerah bertekanan rendah di belahan bumi utara.

a. Proses Angin

Angin adalah gas, sehingga mudah untuk diseimbangkan. Keseimbangan ini disebabkan oleh pergerakan molekul udara. Gerakan berlanjut sampai tekanan menyamakan. Kesetimbangan tercapai pada titik tertentu. Ini terjadi karena pengaruh fisik terus berubah. Misalnya suhu udara, ada siang dan malam, ada belahan bumi utara dan selatan, serta kemiringan bumi relatif terhadap bidang orbitnya.

Jadi udara tinggi di satu area dan rendah di area lain, menciptakan energi angin. Hal ini menyebabkan perbedaan udara bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah.

b. Kekuatan Angin

Kekuatan angin ditentukan oleh kecepatannya, semakin cepat angin bertiup maka semakin tinggi kekuatannya. Pada tahun 1804, Laksamana Inggris Beaufort membuat daftar kekuatan dan kecepatan angin yang dia gunakan untuk bernavigasi. Untuk lebih jelasnya, perhatikan tabel dibawah ini.

Tabel 2.1 Daftar Intensitas Angin

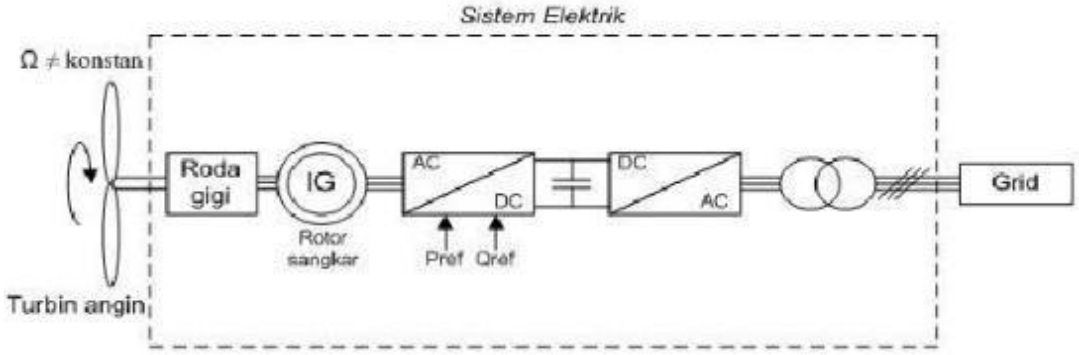
Sumber: Meteorologi Dan Klimatologi

Kekuatan angin	Kecepatan angin		Nama	Keterangan
Skala beaufort	m/dt	Km/jam		
0	0,0 - 0.5	0 – 1	Angin reda	Tiang asap tegak
1	0,6 – 1,7	2 – 6	Angin sepoi-sepoi	Tiang asap miring
2	1,8 – 3,3	7 – 12	Angin lemah	Daun-daun bergerak
3	3,4 – 5,2	13 – 18	Angin sedang	Ranting-ranting bergerak
4	5,3 – 7,4	19 – 26	Angin tegang	Dahan-dahan bergerak
5	7,5 – 9,8	27 – 35	Angin keras	Batang pohon bergerak
6	9,9 – 12,4	36 – 44	Angin keras sekali	Batang pohon besar bergerak

2. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (Angin)

Pembangkit listrik tenaga bayu (angin) adalah pembangkit listrik energi terbarukan yang menggunakan energi angin sebagai masukan bagi generator untuk memutar turbin kecil dan besar. Secara teknis PLTB berskala kecil lebih mudah dikembangkan, bukan hanya karena lebih mudah dibangun, tetapi juga karena lebih mudah perawatannya. Prinsip kerja PLTB berskala kecil adalah memanfaatkan kecepatan angin untuk memutar sudu-sudu yang dihubungkan dengan turbin untuk menghasilkan energi mekanik. Sebuah generator yang terhubung

dengan turbin berputar dan menghasilkan energi listrik berupa arus bolak-balik (*Alternating Current*). Arus bolak-balik yang dihasilkan oleh generator diubah menjadi arus searah (*Direct Current*) dan disimpan dalam unit penyimpan daya yang disebut baterai. Tenaga dari baterai yang masih DC diubah menjadi AC untuk didistribusikan dan digunakan oleh pelanggan atau konsumen. Proses konversi energi angin menjadi energi listrik pada pembangkit turbin angin (PLTB) dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1. Proses Konversi Energi Angin Pada PLTB

Sumber : Riziq, M.I.

PLTB membutuhkan hembusan angin yang terus menerus untuk menghasilkan listrik yang dapat memutar turbin angin dengan kecepatan yang relatif konstan. Jumlah energi atau daya yang dapat dihasilkan ketika kecepatan angin tertentu mengenai bilah di area tertentu dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1.

$$Pw = \frac{1}{2} . \rho a . A . v^3 \quad (2.1)$$

Keterangan :

P_w = Daya angin (Watt)

ρ_a = Kerapatan angin pada waktu tertentu (1,2 kg/m^3)

ν = Kecepatan angin pada waktu tertentu (m/s)

A = Luas daerah sapuan angin (m^2)

Luas daerah sapuan angin dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.2.

$$A = \pi . r^2 \quad (2.2)$$

Keterangan :

A = Luas daerah sapuan angin (m^2)

r = Jari-jari lingkaran turbin/panjang turbin (m)

Pada perancangan pembangkit listrik tenaga angin terdapat koefisien daya (*Cp*) yang dapat mempengaruhi besaran energi mekanik yang dihasilkan oleh turbin angin atau disebut daya turbin angin. Besarnya daya turbin angin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.3.

$$Pm = C_p \frac{1}{2} . \rho a . A . v^3 \quad (2.3)$$

Keterangan :

P_m = Daya turbin angin (Watt)

C_p = Koefisien daya

$$C_p = \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (2.4)$$

Keterangan

P_{out} = Daya keluaran (Watt)

P_{in} = Daya masuk (Watt)

$$Pout = V \times I \quad (2.5)$$

Keterangan :

Pout = Daya output generator (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

3. Jenis-jenis Turbin Angin

Turbin angin sebagai mesin konversi energi dapat diklasifikasikan berdasarkan prinsip aerodinamis yang digunakan oleh rotornya. Terkait prinsip aerodinamis, turbin angin dapat dibagi menjadi dua bagian.

a. Prinsip konversi energi menggunakan jenis hambatan (*drag*), yaitu perbedaan koefisien menarik.
b. Jenis-jenis daya apung (*lift*), yaitu prinsip konversi energi dengan menggunakan daya apung.

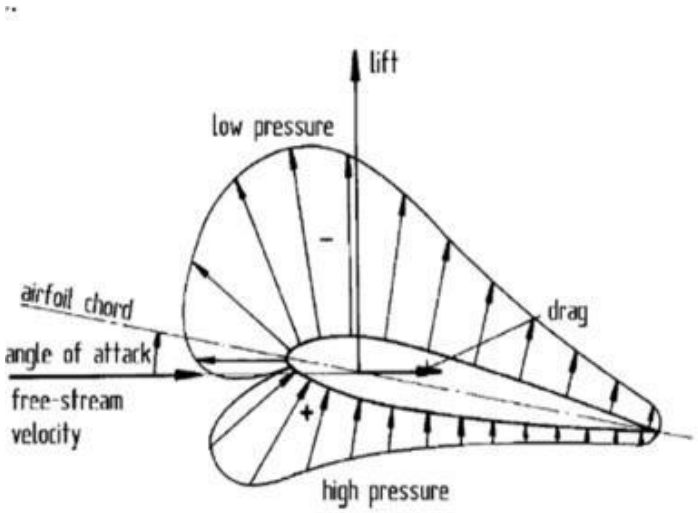
Pengelompokan turbin angin didasarkan pada prinsip aerodinamis dari rotor yang bersangkutan. Yaitu, baik rotor turbin angin mengekstraksi energi angin dari aliran udara yang melewati bilah rotor menggunakan hambatan, atau daya angkat yang dihasilkan oleh rotor angin mengekstraksi energi angin. Aliran udara melalui profil

aerodinamis blade. Kedua prinsip aerodinamis yang digunakan dalam turbin angin berbeda dalam putarannya pada rotor. Prinsip *drag* menghasilkan putaran rotor yang relatif kecil dibandingkan dengan turbin angin dimana rotor menggunakan prinsip *lift*. Dilihat dari arah sumbu putar rotor, turbin angin dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu :

1. Turbin Angin Sumbu Horizontal (TASH)

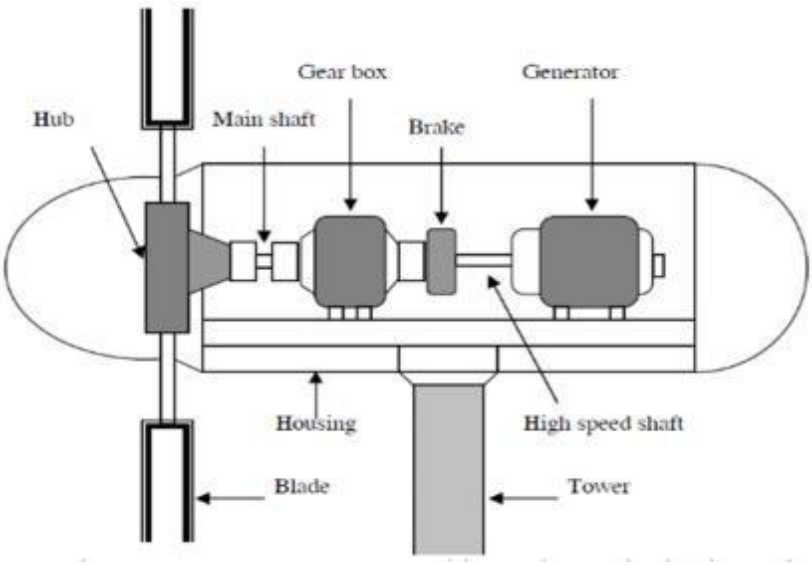
Turbin angin sumbu horizontal adalah turbin angin yang sumbu putar rotornya sejajar dengan tanah. Turbin angin sumbu horizontal memiliki poros rotor utama dan generator di bagian atas menara dan berorientasi melawan arah angin untuk memanfaatkan energi angin. Sementara rotor turbin angin kecil berorientasi dari angin dengan pengaturan baling-baling sederhana, turbin angin yang lebih besar biasanya menggunakan sensor angin dan motor untuk mengarahkan rotor turbin ke arah angin. Berdasarkan prinsip aerodinamika, rotor turbin angin sumbu horizontal mengalami gaya angkat dan tarikan, namun gaya angkatnya jauh lebih besar daripada gaya hambatnya.

Dengan demikian, rotor turbin sering dikenal sebagai rotor turbin terangkat, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2. Gaya aerodinamis rotor turbin angin ketika dilalui aliran udara.

Sumber : (http://energi angin PLTB.com)



Gambar 2.3. Komponen utama turbin angin sumbu horizontal

Sumber : (http://energi angin PLTB.com)

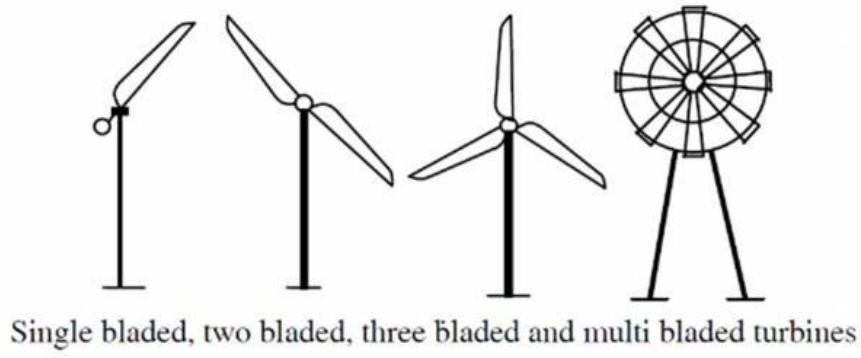
Dilihat dari jumlah sudu, turbin angin sumbu horizontal terbagi menjadi:

a) Turbin angin satu sudu (*single blade*)

b) Turbin angin dua sudu (*double blade*)

c) Turbin angin tiga sudu (*three blade*)

d) Turbin angin banyak sudu (*multi blade*)



Gambar 2.4. Jenis turbin angin berdasarkan jumlah sudu

Sumber : (http://energi angin PLTB.com)

Berdasarkan letak rotor terhadap arah angin, turbin angin sumbu horizontal dibedakan menjadi dua macam yaitu:

1. *Upwind*
2. *Downwind*

Turbin angin jenis *upwind* memiliki rotor yang menghadap arah datangnya angin sedangkan turbin angin jenis *downwind* memiliki rotor yang membelakangi/menurut jurusan arah angin.

Gambar 2.5. Turbin angin jenis *upwind* dan *downwind*

Sumber : (http://energi angin PLTB.com)

Rotor turbin upwind berada di depan turbin dan posisinya mirip dengan pesawat yang digerakkan oleh baling-baling. Mekanisme yaw, seperti ekor turbin, diperlukan untuk menjaga agar turbin tetap mengarah ke angin. Keuntungannya adalah bayangan menara berkurang. Karena udara mulai membelok di sekitar menara sebelum melewatinya, terjadi kehilangan daya akibat gangguan, dan angin yang berlawanan arah lebih sedikit daripada turbin. Kerugiannya adalah nacelle yang panjang diperlukan untuk menjaga rotor sejauh mungkin dari menara untuk menghindari benturan bilah. Bilah diperkuat untuk mencegahnya menekuk ke arah menara.

Turbin angin *downwind* memiliki rotor di punggungnya turbin. Bentuk nacelle dirancang untuk beradaptasi dengan arah angin, menghilangkan kebutuhan akan mekanisme yaw. Keuntungannya adalah bilah rotor bisa lebih fleksibel karena tidak ada risiko tabrakan dengan menara. Bilah fleksibel membengkokkan dan mendistribusikan beban angin langsung ke sudut daripada ke menara, yang memiliki keuntungan

mengurangi biaya pembuatan sudut dan mengurangi tekanan pada menara dalam kondisi angin berkecepatan tinggi. Blade fleksibel juga memiliki kelemahan yaitu pelenturan menyebabkan kelelahan blade. Angin di belakang turret Mesinnya mengalami masalah dan hal ini menyebabkan aliran turbulensi dan peningkatan kelelahan turbin.

Dibawah ini merupakan kelebihan dan kelemahan turbin angin sumbu horizontal, yaitu :

a. Kelebihan turbin angin sumbu horizontal (TASH)

1) Dasar menara yang tinggi membolehkan akses ke angin yang lebih kuat di tempat-tempat yang memiliki geseran angin (perbedaan antara laju dan arah angin) antara dua titik yang jaraknya relatif dekat di dalam atmosfir bumi. Di sejumlah lokasi geseran angin, setiap sepuluh meter ke atas, kecepatan angin meningkat sebesar 20%.

b. Kelemahan turbin angin sumbu horizontal (TASH)

1) Menara yang tinggi serta bilah yang panjang sulit diangkut dan juga memerlukan biaya besar untuk pemasangannya, bisa mencapai 20% dari seluruh biaya peralatan turbin angin.
2) TASH yang tinggi sulit dipasang, membutuhkan derek yang yang sangat tinggi dan mahal serta para operator yang tampil.
3) Konstruksi menara yang besar dibutuhkan untuk menyangga bilah-bilah yang berat, gearbox, dan generator.
4) TASH yang tinggi bisa memengaruhi radar airport.

5) Ukurannya yang tinggi merintangi jangkauan pandangan dan mengganggu penampilan landskape.
6) Berbagai varian downwind menderita kerusakan struktur yang disebabkan oleh turbulensi.

2. Turbin Angin Sumbu Vertikal (TASV)

Turbin angin sumbu vertikal adalah turbin angin yang sumbu putar rotornya tegak lurus terhadap tanah. Dari perspektif efisiensi turbin, turbin angin sumbu horizontal lebih efektif dalam mengekstraksi energi angin daripada turbin angin sumbu vertikal. Namun demikian, turbin angin vertikal memiliki kelebihan dan kelemahan, yaitu sebagai berikut :

a. Kelebihan turbin angin sumbu vertikal

1) Tidak membutuhkan struktur menara yang besar.
2) Bisa diletakkan lebih dekat ke tanah, membuat pemeliharaan bagian-bagiannya yang bergerak jadi lebih mudah.
3) Memiliki sudut airfoil (bentuk bilah sebuah baling-baling yang terlihat secara melintang) yang lebih tinggi, memberikan keaerodinamisan yang tinggi sembari mengurangi *drag* pada tekanan yang rendah dan tinggi.
4) Desain berbilah lurus dengan potongan melintang berbentuk kotak atau empat persegi panjang memiliki wilayah tiupan yang lebih besar untuk diameter tertentu daripada wilayah tiupan berbentuk lingkarannya TASH.

5) Memiliki kecepatan awal angin yang lebih rendah. Biasanya mulai menghasilkan listrik pada 10 km/jam (6 m.p.h.).
6) Memiliki tip speed ratio (perbandingan antara kecepatan putaran dari ujung sebuah bilah dengan laju sebenarnya angin) yang lebih rendah sehingga lebih kecil kemungkinannya rusak di saat angin berhembus sangat kencang.
7) Bisa didirikan pada lokasi-lokasi dimana struktur yang lebih tinggi dilarang dibangun.
8) Jika ditempatkan di dekat tanah bisa mengambil keuntungan dari berbagai lokasi yang menyalurkan angin serta meningkatkan laju angin (seperti gunung atau bukit yang puncaknya datar dan puncak bukit).
9) Tidak harus diubah posisinya jika arah angin berubah.
10) Kincir atau baling mudah dilihat dan dihindari burung.

b. Kelemahan turbin angin sumbu vertikal

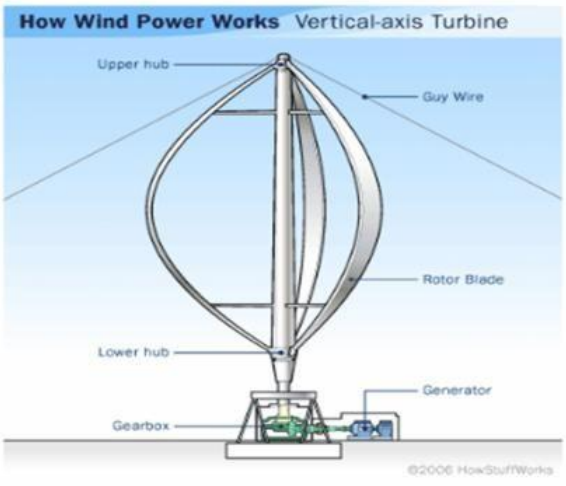
1) Kebanyakan TASV memproduksi energi hanya 50% dari efisiensi TASH karena drag tambahan yang dimilikinya saat kincir berputar.
2) TASV tidak mengambil keuntungan dari angin yang melaju lebih kencang di elevasi yang lebih tinggi.
3) Kebanyakan TASV mempunyai torsi awal yang rendah, dan membutuhkan energi untuk mulai berputar.
4) Sebuah TASV yang menggunakan kabel untuk menyanggahnya memberi tekanan pada bantalan dasar karena semua berat rotor

dibebankan pada bantalan. Kabel yang dikaitkan ke puncak bantalan meningkatkan daya dorong ke bawah saat angin bertiup.

Turbin angin sumbu vertikal dapat ditempatkan dekat dengan tanah, memungkinkan penempatan bagian mekanis dan Komponen elektronik yang mendukung operasi turbin. Karena prinsip aerodinamis dari rotor yang digunakan, turbin angin sumbu vertikal dibagi menjadi dua bagian.

a) Kincir Angin Darieus

Turbin angin Darrieus umumnya dikenal sebagai turbin pengocok telur. Turbin angin Darrieus pertama kali ditemukan oleh Georges Darrieus pada tahun 1931. Kincir angin Darrieus adalah kincir angin yang memanfaatkan prinsip aerodinamika dan mengekstraksi energi angin dengan menggunakan gaya angkat yang diterapkan pada penampang baling-baling. Dibandingkan dengan kincir Savonius, kincir angin Darrieus memiliki torsi rotor yang lebih rendah tetapi kecepatan putarannya lebih tinggi, sehingga lebih mengutamakan menghasilkan energi listrik. Namun, energi awal diperlukan untuk memutar turbin ini. Rotor turbin angin Darrieus umumnya memiliki jumlah sudu yang banyak, yaitu dua atau tiga sudu. Rotor turbin angin Darrieus yang dimodifikasi disebut turbin angin H.



Gambar 2.6. Turbin angin *Darrieus*

(Sumber : rapidshare.com)

Gambar 2.7. Turbin angin *Darrieus* tipe-H

(Sumber : rapidshared.com)

b) Kincir Angin Savonius

Turbin angin Savonius pertama kali diperkenalkan pada tahun 1922 oleh insinyur Finlandia Sigurd J. Savonius. Turbin angin sumbu vertikal terdiri dari dua bilah semi silinder (atau elips) yang disusun membentuk 'S' dengan satu setengah silinder cembung di satu sisi dan sisi lainnya

cembung. Permukaan cekung tempat angin mengalir. Berdasarkan prinsip aerodinamis, rotor turbin ini menggunakan drag dalam mengekstraksi energi angin dari angin yang mengalir melalui sudu-sudu turbin. Koefisien hambatan permukaan cekung lebih besar daripada permukaan cembung. Oleh karena itu, sisi cekung dari setengah silinder yang dilalui angin memberikan lebih banyak hambatan daripada sisi yang berlawanan, menyebabkan rotor berputar. Turbin angin yang memanfaatkan potensi angin dengan drag memiliki efisiensi yang terbatas karena kecepatan sudu tidak dapat melebihi kecepatan angin yang lewat.

4. Kelebihan dan Kekurangan Turbin Angin

Keuntungan utama menggunakan turbin angin adalah sifatnya yang terbarukan. Artinya, eksploitasi sumber energi ini tidak akan menyebabkan pengurangan sumber daya angin seperti penggunaan bahan bakar fosil. Oleh karena itu, tenaga angin dapat berkontribusi pada keamanan energi global di masa depan. Tenaga angin juga merupakan sumber energi yang ramah lingkungan jika penggunaannya tidak menimbulkan emisi gas buang atau pencemaran lingkungan yang signifikan.

Penentuan sumber daya angin dan persetujuan pengadaan ladang angin merupakan proses yang paling lama dalam pengembangan proyek energi angin. Untuk ladang angin besar yang membutuhkan penilaian dampak lingkungan yang ekstensif, ini bisa memakan waktu hingga empat tahun. Emisi CO_2 dari turbin angin ke lingkungan timbul dari

proses pembuatan komponen dan proses tenaga kerja di lokasi pembangunan turbin angin. Namun dalam prakteknya, ketika turbin angin ini digunakan untuk menghasilkan listrik, tidak ada emisi yang dihasilkan. Dibandingkan dengan pembangkit listrik batu bara, jejak karbon turbin angin hanya 100 kali lebih kecil. Karbon dioksida, selain tenaga angin.

Ini menghasilkan lebih sedikit sulfur dioksida, nitrogen oksida dan polutan udara dibandingkan dengan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara dan gas. Namun, turbin angin ini tidak sepenuhnya ramah lingkungan. Pemanfaatan sumber energi angin sebagai pembangkit listrik memiliki beberapa kendala, antara lain efek visual, kebisingan, beberapa masalah ekologi dan keindahan.

Dampak visual biasanya yang paling banyak dikritik. Menggunakan ladang angin untuk menghasilkan listrik membutuhkan area yang luas dan tidak dapat disembunyikan. Menempatkan ladang angin di lahan yang masih bisa digunakan untuk keperluan lain bisa menjadi masalah lain bagi warga setempat. Selain mengurangi jarak pandang dari pemasangan jalur transmisi tenaga angin, pemanfaatan lahan untuk turbin angin dapat mengurangi lahan pertanian dan pemukiman. Hal ini membatasi pembangkit listrik tenaga angin di darat. Beberapa peraturan ketinggian bangunan juga menghambat pembangunan turbin angin. Penggunaan tiang tinggi pada turbin angin juga dapat menghalangi sinar matahari masuk ke rumah penduduk. Rotasi bilah dapat menyebabkan

sinar matahari bersinar dan menghalangi pandangan penduduk setempat.

Dampak lain dari penggunaan turbin angin adalah timbulnya kebisingan frekuensi rendah. Rotasi konstan bilah turbin angin lebih merepotkan daripada angin yang mengalir deras melalui cabang. Selain kebisingan dari bilah turbin, penggunaan gearbox dan generator dapat menghasilkan kebisingan mekanik maupun listrik. Kebisingan mekanis yang terjadi disebabkan oleh gerakan mekanis elemen-elemen di dalam nacelle atau housing generator turbin angin. Turbin angin juga dapat menyebabkan interferensi elektromagnetik yang mengganggu penerimaan sinyal televisi dan transmisi komunikasi gelombang mikro.

Ketinggian turbin angin ditentukan dengan menganalisis data turbulensi angin dan kekuatan angin. Kebisingan aerodinamis adalah fungsi dari banyak faktor, termasuk desain bilah, kecepatan rotasi, kecepatan angin, dan turbulensi pemasukan udara. Kebisingan aerodinamis merupakan masalah lingkungan, sehingga kecepatan rotasi rotor harus dibatasi kurang dari 70 m/s. Beberapa ilmuwan berpendapat bahwa penggunaan tenaga angin dalam skala besar dapat mengubah iklim regional dan global karena tenaga angin memanfaatkan energi kinetik angin dan mengubah turbulensi di atmosfer.

Dampak ekologis dari penggunaan turbin angin mempengaruhi populasi burung dan kelelawar. Burung dan kelelawar dapat terluka atau

bahkan terbunuh dengan terbang di atas bilah yang berputar. Namun, dampak ini masih kecil dibandingkan kematian burung akibat kendaraan, kabel listrik bertegangan tinggi, dan aktivitas manusia lainnya yang membakar bahan bakar fosil. Beberapa penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa keberadaan kincir angin ini dapat mengganggu pergerakan populasi burung dan kelelawar. Membangun turbin angin di tanah yang buruk juga dapat merusak tanah di sekitarnya.

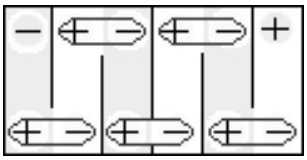
Turbin angin bukan tanpa masalah dan kecelakaan selama operasi. Banyak kecelakaan dan korban jiwa disebabkan oleh kerusakan bilah dan jatuhnya es akibat rotasi. Beberapa pasukan terjun payung dan pesawat ringan yang melewati turbin angin juga tewas. Terutama di daerah padat penduduk dan jalan raya, Anda harus mewaspadai benturan puing-puing besar yang mungkin terjadi. Kebakaran dapat terjadi pada turbin angin dan dibiarkan terbakar karena sangat sulit dipadamkan karena lokasinya yang tinggi. Ini dapat menyebarkan gas beracun dan memicu kebakaran berantai yang membakar ratusan hektar lahan pertanian. Kebocoran pelumas juga dapat terjadi, menyebabkan kontaminasi lokal dan mungkin mencemari air minum.

Sekalipun dampak lingkungan ini membahayakan pembangunan turbin angin, dampaknya masih jauh lebih rendah daripada penggunaan energi fosil. Selain itu, penggunaan energi angin untuk pembangkit listrik berkontribusi pada pengurangan gas buang.

5. Akumulator (Aki)

Akumulator atau aki adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian (*charge)* energi listrik diubah menjadi kimia dan saat pengeluaran (*discharge)* energi kimia diubah menjadi energi listrik. Aki ini sama fungsinya dengan Baterai.

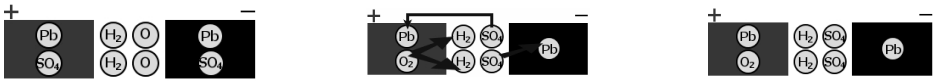
Baterai terdiri dari sel-sel dimana tiap sel memiliki tegangan sebesar 2 V, artinya aki mobil dan aki motor yang memiliki tegangan 12V terdiri dari 6 sel yang dipasang secara seri seperti pada gambar 2.8, sedangkan aki yang memiliki tegangan 6 V memiliki 3 sel yang dipasang secara seri seperti pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. *Baterai 12 Volt*

Sumber : Mulyono, S.D.

Proses kimia saat pemakaian pada akumulator (aki) terlihat pada gambar 2.9.

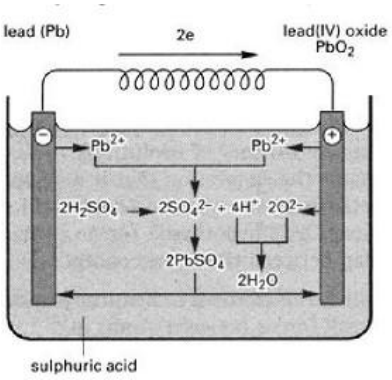


Gambar 2.9. Keadaan pada baterai (a). Ilustrasibaterai dalam keadaan terisi penuh (b). Ilustrasi baterai saat mengeluarkan arus (c). Ilustrasi baterai dalam keadaan tak terisi

Sumber : Mulyono, S.D.

Dari gambar 2.9 dapat diketahui bahwa ion SO_4 bereaksi saat pemakaian (*discharging*), terlepas dari molekul H dan bergabung dengan molekul Pb, dan saat pengisian terjadi sebaliknya, molekul SO_4 terlepas dari Pb dan kembali bereaksi dengan molekul H, dan terbentuk kembali molekul H_2SO_4.

Proses yang terjadi pada akumulator bisa juga diilustrasikan oleh gambar 2.10.



Gambar 2.10. Ion-ion pada akumulator (aki)

Sumber : Mulyono, S.D.

Ketika akumulator mengalami proses discharging, terjadi proses kimia yangmenghasilkan H_2O, sehingga setelah pemakaian aki massa jenisnya adalah sama dengan air (H_2O) karena proses kimia aki tersebut menghasilkan H_2O, dan tidak ada lagi beda potensial antara kutub anoda dan katodanya.

Aki yang sudah habis, massa jenisnya sama dengan air yaitu dengan massa jenis 1kg/dm^3 (1 kg per 1000 cm^3 atau 1 liter) dan asam sulfat memiliki massa jenis 1,285 kg/dm^3 pada suhu 20^oC.

Beberapa hal yang perlu diketahui tentang akumulator atau aki :

1) Proses penerimaan arus (charging)

Aki yang menerima arus adalah aki yang sedang disetrum atau dicas dengan cara dialirkan listrik tegangan searah (DC), dimana kutub positif Aki dihubungkan dengan arus listrik positif dan kutub negatif dihubungkan dengan arus listrik negatif.

Tegangan yang dialiri adalah sama dengan tegangan total yang dimiliki aki, artinya aki 12V dialiri tegangan 12 V DC, dan jika tegangan aki atau baterainya 6 V maka harus dialiri tegangan 6 V DC juga, dan dua aki 12 V yang dihubungkan secara seri sebanyak 2 unit maka harus dialiri tegangan 24 V DC (aki yang duhubungkan seri total tegangannya adalah jumlah dari masing-masing tegangan baterai ($Voltase_1 + Voltase_2 = Voltase_{total}$).

2) Cairan elektrolit

Pelat-pelat aki harus selalu terendam cairan elektrolit. Tinggi cairan elektrolit sesuai dengan standar dan takaran daripabrik produsen aki. Setiap aki sudah diberikan takaran berapa banyak minimum dan maksimum jumlah dari cairan elektrolit pada aki tersebut jadi kita bisa mengontrol keadaan larutan elektrolt aki.

Oleh karena itu kita harus memeriksa tinggi cairan elektrolit dalam aki setidaknya 1 bulan sekali karena senyawa dari cairan elektrolit bisa menguap terutama akibat panas yang terjadi pada proses pengisian (*charging*)

Jika cairan terlalu tinggi, hal ini akan memberikan dampak buruk karena cairan elektrolit bisa tumpah melalui lubang-lubang sel (misalnya pada saat terjadi pengisian) dan dapat merusak benda-benda yang ada disekitar aki akibat korosi, misalnya sepatu kabel, penyangga atau dudukan baterai, dan bisa menyebabkan korosi, selain itu proses pendinginan dari panasnya cairan elektrolit aki oleh udara yang ada dalam sel tidak efisien akibat kurangnya udara yang terdapat di dalam sel, dan juga asam sulfat akan berkurang karena tumpah keluar.

3) Kapasitas Aki

Kapasitas aki adalah jumlah Ampere- hours (Ah = kuat arus dalam satuan Ampere x waktu dalam satuan jam atau hours), misalnya kapasitas aki 10 Ah, artinya aki dapat memberikan atau menyuplai energi listrik sebesar 10 Ampere dalam satu jam, atau menyuplai

energi listrik 5 Ampere dalam 2 jam sesuai dengan hasil perkaliannya.

Makin besar ukuran pelat yang bersentuhan dengan cairan elektrolit makamakin besar kapasitasnya, makin banyak pelat yang bersentuhan dengan cairanelektrolit maka makin besar kapasitasnya. Jadi untuk mendapatkan kapasitas yang besar maka luas pelat dan banyaknya pelat haruslah ditingkatkan, dengan catatan bahwapelat haruslah terendam oleh cairan elektrolit.

4) Temperatur

Makin rendah suhu maka makin kecil kapasitas baterai saat digunakan karena proses reaksi kimia akan semakin lambat terjadi pada saat suhu semakin rendah. Kapasitas baterai lebih baik diukur pada suhu kamar atau suhu ruangan, yaitu suhu yang berkisar antara 20-25^{o} C.

6. Parameter Kinerja Turbin Angin

Kinerja adalah tingkat pencapaian atau hasil dari suatu tindakan, aktivitas, atau proses yang dilakukan dalam mencapai tujuan tertentu. Kinerja turbin angin merujuk pada sejauh mana turbin angin dapat menghasilkan energi listrik dari energi kinetik angin yang ada. Kinerja ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang meliputi efisiensi turbin dalam mengubah energi angin menjadi

energi mekanik dan listrik, serta faktor lingkungan seperti kecepatan angin, arah angin, dan kondisi cuaca.

Agar data-data hasil pengujian dapat dianalisa dan dipaparkan dalam bentuk grafik, perlu kiranya dijabarkan parameter kinerja turbin angin yaitu :

a. Daya Angin

   Daya Angin adalah energi per satuan waktu dari udara yang bergerak dengan kecepatan tertentu.

b. Daya Turbin Angin

   Daya Turbin Angin adalah energi per satuan waktu yang dapat diekstrak turbin dari udara yang bergerak dengan kecepatan tertentu.

c. Koefisien Kinerja Turbin Angin

   Koefisien Kinerja Turbin Angin adalah suatu nilai yang menunjukkan effisiensi turbin angin dalam mengkonversi potensi daya angin menjadi daya turbin angin

d. Efisiensi

   Efisiensi turbin angin mengacu pada sejauh mana efektivitas turbin angin dapat mengubah energi kinetik angin menjadi energi mekanik yang dapat digunakan, misalnya untuk menghasilkan energi listrik.

e. Tegangan

Tegangan turbin angin adalah tegangan listrik yang dihasilkan oleh generator turbin angin horizontal ketika bilah turbin menangkap energi angin dan mengubahnya menjadi energi mekanik yang kemudian diubah menjadi energi listrik. Tegangan ini dipengaruhi oleh kecepatan angin, desain generator, dan sistem pengaturan tegangan, dan dapat disalurkan ke jaringan listrik setelah disesuaikan dengan kebutuhan transmisi

f. Arus

Arus turbin angin adalah arus listrik yang dihasilkan oleh generator turbin angin horizontal, yang terjadi sebagai hasil dari konversi energi mekanik (yang diperoleh dari angin) menjadi energi listrik. Arus ini dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kecepatan angin, desain turbin, jenis generator, dan pengaturan sistem. Arus ini bisa langsung digunakan atau disalurkan ke jaringan listrik setelah dilakukan pengaturan dan transformasi yang diperlukan.

g. Torsi

Torsi turbin angin adalah gaya rotasi yang dihasilkan oleh putaran bilah turbin yang digerakkan oleh angin. Torsi ini diteruskan ke poros utama yang menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Besar torsi sangat dipengaruhi oleh

kecepatan angin, desain turbin, dan kondisi operasional lainnya. Torsi berperan penting dalam menghasilkan daya yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga angin dan berhubungan langsung dengan efisiensi serta kinerja keseluruhan turbin.

7. Komponen Turbin Angin

Turbin angin yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga bayu ini terdiri dari berbagai komponen, yaitu :

a. Rangka Turbin

Rangka turbin angin adalah struktur utama yang mendukung komponen-komponen turbin angin, seperti rotor (baling-baling), generator, dan sistem lainnya. Rangka ini sangat penting karena harus mampu menahan beban yang besar, terutama dari angin dan komponen turbin yang bergerak.

b. *Pillow block bearing*

Pillow block bearing adalah jenis bantalan atau bearing yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi mekanis, termasuk dalam turbin angin. Bantalan jenis ini memiliki bentuk yang menyerupai "blok" atau penyangga, yang digunakan untuk menahan dan mendukung poros atau sumbu berputar pada turbin angin, memungkinkan poros tersebut berputar dengan lancar. Pillow block bearing sering

kali digunakan dalam sistem turbin angin vertikal dan horizontal untuk mendukung sumbu turbin yang terhubung dengan rotor.

c. *Pulley*

Pulley adalah roda beralur yang terbuat dari bahan yang kuat (seperti logam atau plastik) dan berfungsi untuk mengalihkan daya atau gerakan rotasi dari satu poros ke poros lainnya. *Pulley* sering dipasang pada poros rotor turbin angin dan bekerja dengan *V-belt* untuk mentransfer energi mekanik

d. *V-Belt*

V-belt adalah jenis sabuk transmisi daya yang memiliki bentuk seperti huruf "V" di bagian tengahnya. *V-belt* terbuat dari bahan karet atau komposit yang dapat mentransfer daya mekanik antara *pulley* dengan efisiensi tinggi.

e. Poros Sudu Turbin

Poros sudu adalah bagian yang menghubungkan rotor (baling-baling/sudu) dengan poros utama turbin. Poros utama terpasang di bagian tengah dan berfungsi untuk memutar generator dan mengubah energi mekanik menjadi energi listrik

f. Sudu

Sudu atau baling-baling adalah komponen yang langsung berinteraksi dengan angin dan menangkap energi angin untuk menggerakkan rotor. Sudu biasanya terbuat dari bahan komposit yang ringan namun kuat, seperti fiberglass atau serat karbon. Pada alat pengujian kali ini sudu terbuat dari PVC.

g. Generator

Generator turbin angin adalah perangkat yang mengubah energi mekanik dari turbin angin horizontal menjadi energi listrik. Dalam sistem turbin angin horizontal, generator berfungsi untuk mengubah putaran poros turbin yang dihasilkan oleh angin menjadi daya listrik yang dapat digunakan.

h. Watt meter

Wattmeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur daya listrik dalam satuan watt. Wattmeter digunakan untuk mengetahui seberapa banyak daya yang digunakan atau diproduksi dalam suatu sistem kelistrikan, baik itu pada rangkaian AC (arus bolak-balik) atau DC (arus searah).

i. Solar charge controller

Solar charge controller adalah perangkat yang digunakan dalam sistem pembangkit listrik tenaga surya (solar power

system) untuk mengatur pengisian baterai dengan aman dan efisien. Fungsi utama dari solar charge controller adalah untuk mengontrol aliran daya dari panel surya menuju baterai, sehingga baterai tidak terisi berlebih (overcharging) atau kekurangan daya (deep discharge), yang bisa merusak baterai dan memperpendek umur pakainya. Pada penelitian kali ini solar charge controller juga bisa digunakan untuk turbin angin untuk mengetahui daya yang masuk ke baterai.

j. Solar power inverter

Solar power inverter adalah perangkat yang digunakan dalam sistem tenaga surya atau turbin angin untuk mengonversi arus searah (DC) yang dihasilkan oleh generator menjadi arus bolak-balik (AC), yang digunakan oleh sebagian besar perangkat listrik rumah tangga atau industri. Tanpa inverter, energi yang dihasilkan oleh turbin angin tidak dapat digunakan langsung oleh perangkat listrik, karena sebagian besar peralatan membutuhkan daya AC.

B. Tinjauan Pustaka

1. Arif Rochman Fachrudin (2018) melakukan penelitian dengan judul "Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Darrieus-H Naca 3412 Dengan Sudut Pitch 0^0". Hasil dari penelitian ini yaitu:

   Jumlah sudu pada turbin angin mempunyai terhadap daya listrik yang dihasilkan. Dari jumlah sudu 2 unit, 3 unit dan 4 unit yang digunakan, semakin banyak sudu semakin besar daya listrik yang dihasilkan . Daya listrik terbesar pada penelitian ini terdapat pada jumlah sudu 4 unit pada kecepatan angin 3,3 m/s yaitu 5,166 Watt dan daya listrik terendah pada jumlah sudu 2 unit yaitu 3,0173 Watt.

   Pada setiap unit sudu, variasi kecepatan agin kecepatan angin memberikan pengaruh yang berbeda beda. Pada sudu 2 unit dan 3 unit pada kecepatan angin 3,3 m/s; 3,5 m/s ; 3,7 m/s dan 3,9 m/s, daya listrik yang dihasilkan cenderung sama. Pada sudu 4 unit, variasi kecepatan angin (3,3 m/s; 3,5 m/s ; 3,7 m/s dan 3,9 m/s) menghasilkan daya listrik yang berbeda, daya listrik terbesar pada kecepatan 3,3 m/s, yaitu 5,165875 W dan daya terendah pada kecepatan 3,9 m/s yaitu 4,3559W.

2. Arya Dimas Priyambodo (2019) melakukan penelitian yang berjudul "*Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Generator DC di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya". Hasil dari penelitian ini yaitu perencanaan dan

implementasi prototype pembangkit listrik tenaga angin kinerja yang telah dibuat dengan kecepatan angin sebesar 9 m/s didapatkan kecepatan putaran turbin 96 rpm, dengan kecepatan putaran generator sebesar 1046 rpm turbin dapat memutar generator yang sebelumnya sudah dihubungkan menggunakan gearbox dan generator dapat menghasilkan tegangan sebesar 10,5 volt, arus pengisian baterai yang didapatkan tanpa beban lampu adalah 0,30 A.

3. Sugeng Dwi Mulyono dan Subuh Isnur Haryudo (2020) melakukan penelitian yang berjudul "Desain Prototipe Turbin *Darrieus* Tipe H Sebagai Alat *Charging* Baterai Untuk Memenuhi Kebutuhan Beban Penerangan". Hasil dari penelitian tersebut yaitu sistem kerja Prototipe Turbin Angin Darrieus Tipe-H bekerja menghasilkan Tegangan rata-rata 4,5 m/s. Pada kecepatan angin yang sama mampu charging Akumulator 6 Volt 4,5 Ah dengan Arus rata-rata 0,2295 A dengan waktu 15,68 jam. Waktu Penggunaan Akumulator didapatkan waktu selama 36 jam. Setelah dibandingkan waktu charging akumulator dan waktu penggunaan akumulator, Prototipe Turbin Angin Darrieus Tipe-H memiliki efisiensi sebesar 76%.
4. Imam Achmad Zein (2024) melakukan penelitian yang berjudul "Pemanfaatan Energi Angin Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Untuk Penerangan Lampu Jalan". Hasil dari penelitian ini yaitu :

Kecepatan angin berpengaruh langsung pada putaran poros turbin. Saat kecepatan angin meningkat dari 3,40 m/s pada Speed 1 menjadi 7,67 m/s pada Speed 3, terjadi peningkatan signifikan pada putaran poros turbin. Hal ini menunjukkan bahwa sistem turbin responsif terhadap perubahan kecepatan angin.

Putaran poros turbin meningkat seiring dengan peningkatan kecepatan angin dan pengaturan speed blower. Pada Speed 1, putaran poros berkisar antara 7 hingga 8 RPM, sementara pada Speed putaran poros meningkat menjadi 63 hingga 69 RPM. Pada Speed 3, putaran poros mencapai puncaknya di 191 RPM, sebelum menurun sedikit pada pengukuran berikutnya. Data ini menunjukkan bahwa kecepatan putaran poros sebanding dengan kecepatan angin dan pengaturan speed blower.

Pengisian daya baterai menunjukkan peningkatan bertahap seiring dengan peningkatan kecepatan angin dan putaran poros. Daya baterai yang diukur meningkat dari 10,8 Watt pada Speed 1 menjadi 12,2 Watt pada Speed 3. Hal ini menunjukkan bahwa lebih banyak energi yang disimpan dalam baterai saat kecepatan angin dan putaran poros turbin meningkat.

Daya keluaran baterai bervariasi dengan tegangan yang dihasilkan, meskipun arus listrik tetap konstan pada 0,2 Amper. Variasi daya baterai menunjukkan bahwa sistem secara konsisten

menghasilkan energi, namun efisiensinya dapat dipengaruhi oleh fluktuasi tegangan yang dihasilkan.

Daya input yang dihitung dari produk tegangan dan arus menunjukkan peningkatan yang konsisten dari 41,5 Watt pada Speed 1 hingga 44,12 Watt pada Speed 3. Ini mengindikasikan bahwa seiring dengan peningkatan kecepatan angin dan putaran poros, lebih banyak energi listrik yang dihasilkan oleh sistem untuk diumpankan ke baterai.

5. Mochamad Iftah Riziq (2024) melakukan penelitian yang berjudul "Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Sebagai Alternatif Energi Baru Terbarukan Untuk Menyalakan *Light Trap* Di Kabupaten Brebes". Hasil dari penelitian ini yaitu :

   Potensi angin yang berada di Desa Siandong Kecamatan Larangan Kabupaten Brebes cukup besar dengan bisa menghasilkan kecepatan maximal sampai 5,46 m/s. Kabupaten Brebes merupakan salah satu daerah yang mempunyai potensi angin sehingga dapat didirikan Pembangkit Listrik Tenaga Bayu pada daerah tersebut. Pembangkit Listrik Tenaga Bayu ini masih skala prototype atau hanya untuk menyalakan *light trap* di sawah atau pertanian masyarakat.

   Data Pengujian di Sawah (Area Pertanian) kecepatan angin terendah 4,29 m/s mendapatkan kecepatan putaran poros 67,3 rpm dan kecepatan putaran generator 106,1 rpm dan daya output

generator yang dapat dihasilkan yaitu 0,68 watt sedangkan untuk kecepatan angin tertinggi 5,46 m/s mendapatkan kecepatan putaran poros 87 rpm dan kecepatan putaran generator 142,3 rpm dan daya output generator yang dapat dihasilkan yaitu 1,50 watt.

Data Pengujian di Sawah (Area Pertanian) efisiensi generator turbin angin vertikal terendah yaitu 20% sedangkan untuk yang tertinggi yaitu 25%

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode yang digunakan penulis dalam penulisan skripsi ini adalah metode eksperimen. Pengertian eksperimen dapat diartikan dalam beberapa hal, antara lain “Penelitian eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan cara memanipulasi subjek untuk mengetahui pengaruh penipuan terhadap perilaku subjek yang diamati”. Sebaliknya, “Penelitian eksperimental pada prinsipnya dapat diartikan sebagai metode sistematis untuk membangun hubungan yang mengandung fenomena sebab-akibat”, menurut Sukardi (2011). Berdasarkan pengertian di atas, maka dapat dikatakan bahwa istilah eksperimen mengacu pada suatu penelitian yang mencoba memastikan perubahan-perubahan yang terjadi pada suatu variabel yang diteliti.

Pada penelitian ini memiliki proses utama untuk menguji keefektifan produk yang dihasilkan dengan cara memvariasikan sudu pada turbin angin vertikal darrieus tipe-h yang digunakan untuk mencharger baterai/akumulator.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

   Waktu penelitian ini dilaksanakan selama 6 bulan, dimulai dari bulan September 2024 sampai Maret 2025.

Tabel 3.1 Jadwal Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan ke-					
		1	2	3	4	5	6
1.	Pengajuan Judul	√					
2.	Penyusunan Proposal		√				
3.	Seminar Proposal			√			
4.	Perancangan Alat				√		
5.	Pengujian Alat				√		
6.	Pengumpulan Data					√	
7.	Pengolahan Data					√	
8.	Laporan Skripsi						√
9.	Ujian Skripsi						√

2. Tempat Pengujian

   Tempat pengujian alat di Pantai Alam Indah Kota Tegal dan proses pengambilan data di Laboratorium Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

C. Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini, terdapat dua jenis variabel yang diidentifikasi:

1. Variabel Bebas

   Variabel bebas adalah variabel yang dianggap sebagai penyebab atau faktor yang memengaruhi variabel lain dalam

penelitian. Dalam penelitian ini, variabel bebas adalah variasi jumlah sudu turbin angin.

2. Variabel Terikat

   Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Dalam penelitian ini, variabel terikat adalah variasi hasil dari daya angin, torsi, dan efisiensi generator turbin angin.

D. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi literatur

   Studi literatur dilakukan unutk mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga dapat menguatkan dalam pengambilan hipotesa serta memperjelas hasil penelitian.

2. Observasi Lapangan

   Observasi lapangan dilakukan untuk studi terhadap peralatan-peralatan yang diperlukan dalam penelitian.

3. Pembuatan alat

   Pembuatan alat dilakukan dengan mempersiapkan plat Alumunium untuk pembuatan sudu turbin dan silinder alumunium sebagai poros dari turbin.

4. Perancangan Instalasi

   Perancangan instalasi dimulai dengan membuat sudu dari pvc, pemasangan sudu di poros, dan penempatan turbin.

5. Pengujian dan pengambilan data

   Pengujian dilakukan pada instalasi wind tunnel dan pengambilan data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah tegangan, kuat arus listrik, putaran poros turbin, putaran generator dan pengujian torsi.

6. Analisa

   Analisa pengujian dilakukan dengan menghitung data-data menggunakan rumus kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik.

E. Teknik Analisis Data

Analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dengan perhitungan-perhitungan teknis untuk menggambarkan suatu keadaan yang berhubungan dengan pembangkit listrik tenaga bayu (angin) dengan menggunakan generator dengan kapasitas 500 watt.

Energi angin dilihat dari energi kecepatan aliran angin, dapat dituliskan dalam bentuk :

1. Perhitungan Pembangkit Listrik Tenaga Angin

a) Perhitungan energi kinetik angin

$$\mathrm{E} = \frac{1}{2} . m . v^2 \qquad (3.1)$$

Keterangan :

E = Energi kinetik (*Joule*)

m = Massa benda gerak (kg)

v = Kecepatan angin (m/s)

b) Perhitungan daya angin

$$P = \frac{1}{2} . \rho . A . v^3 \quad (3.2)$$

Keterangan :

P = Energi angin (watt)

ρ = Massa jenis udara (kg/m^3)

A = Area penagkapan angin (m^3)

c) Perhitungan daya turbin angin

Untuk memperoleh besarnya torsi, bisa digunakan dengan menyelesaikan persamaan berikut :

$$T = F.b \quad (3.3)$$

Keterangan :

T = Torsi (Nm)

F = Gaya (N)

b = Jarak benda ke pusat rotasi (m)

Maka dapat diperoleh daya yang dihasilkan oleh turbin dengan persamaan

$$P_{out} = T \times \omega \quad (3.4)$$

Keterangan :

P_{out} = Daya yang dihasilkan turbin angin (watt)

T = Torsi (Nm)

ω = Kecepatan sudut (rad/s)

d) Perhitungan efisiensi turbin angin

$$\eta_{gen} = \frac{P_{out}}{P_{in}} 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan :

η_{gen} = Efisiensi (%)

P_{gen} = Daya generator (watt)

P_{in} = Daya angin (watt)

F. Alat dan Bahan

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Anemometer

Anemometer adalah alat pengujian atau biasa disebut alat pengukur kecepatan angin yang biasanya digunakan dalam bidang Meteorologi dan Geofisika atau stasiun prakiraan cuaca.

Gambar 3.1. Anemometer

Sumber : www.google.com

2. Tachometer

Tachometer adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur perputaran mesin dalam satuan rpm (rotation per minute). Dalam hal ini tachometer digunakan untuk mengukur perputaran poros dan generator dari turbin angin vertikal.

Gambar 3.2. Tachometer

Sumber : www.google.com

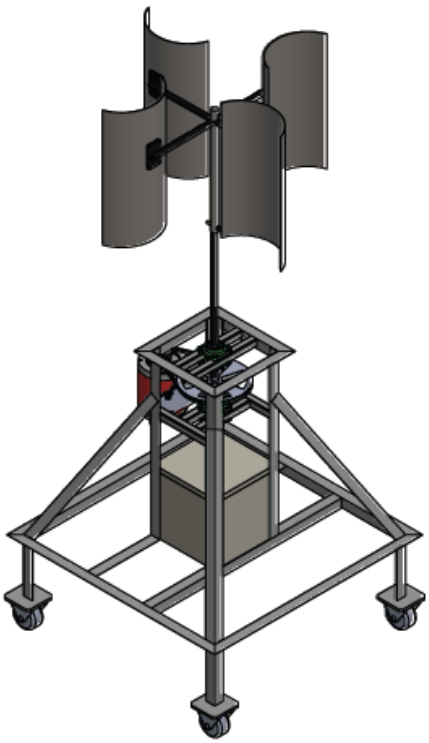
3. Multimeter

Multimeter adalah suatu alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur tiga jenis besaran listrik yaitu arus listrik, tegangan listrik, dan hambatan listrik.

Gambar 3.3. Multimeter

Sumber : www.google.com

G. Turbin Angin



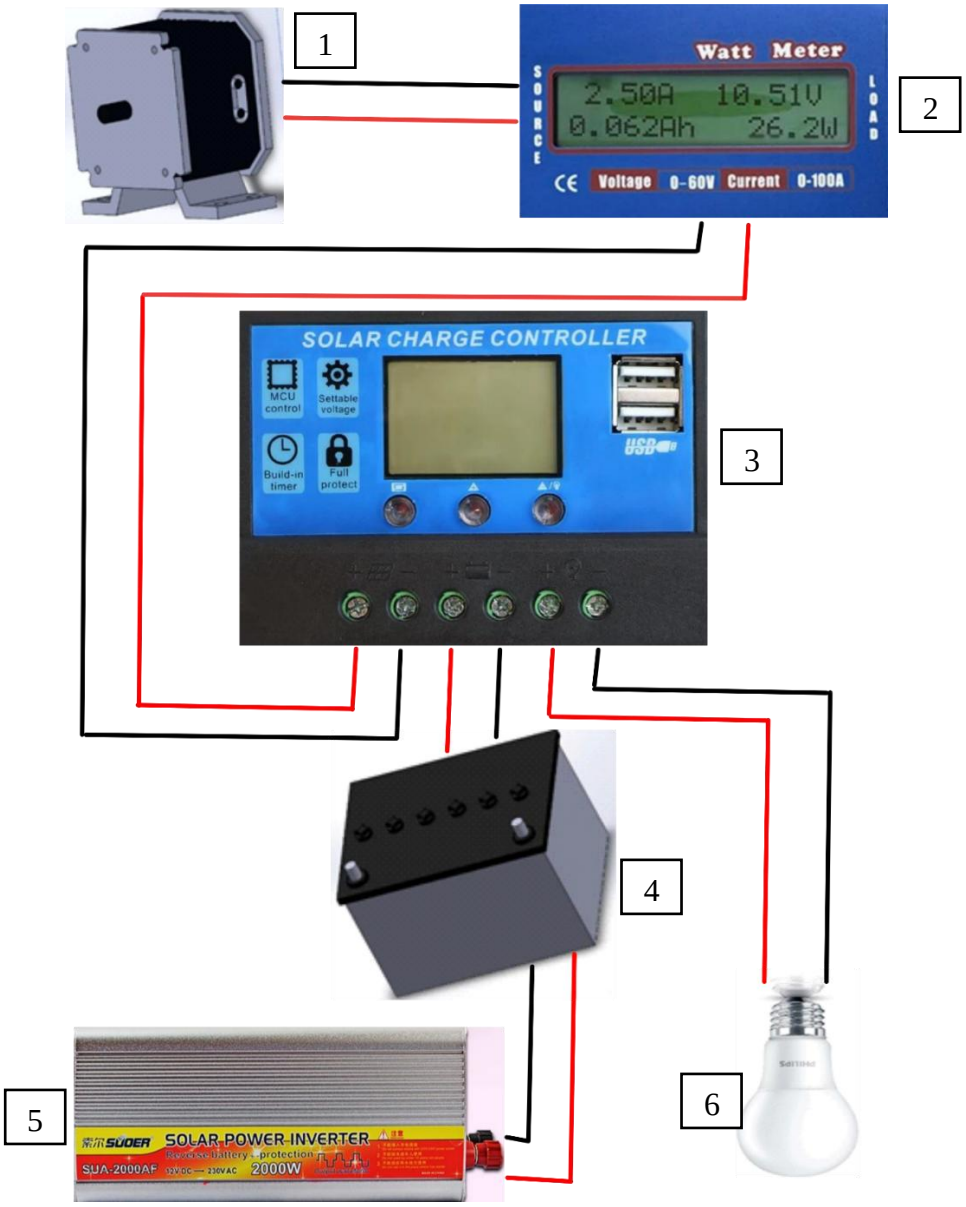
Gambar 3.4. Desain Turbin Angin

Sumber : Dokumentasi Pribadi

Keterangan :

1) Generator DC 12 volt dengan daya maximal 500 watt.
2) Tinggi sudu 50 cm dengan diameter 30 cm.

H. Skema Alur Rangkaian Kelistrikan



Gambar 3.5. Diagram Rangkaian Kelistrikan

Sumber : Riziq, M.I.

Keterangan Gambar 3.4

1) Generator turbin angin
2) Watt Meter
3) Solar Charge Controller
4) Akumulator/Baterai/Aki
5) Inverter
6) Lampu LED

Generator turbin angin berputar akibat dorongan angin yang mengenai sudu turbin. Putaran turbin ini menggerakkan generator, yang kemudian menghasilkan daya yang terbaca pada watt meter. Watt meter ini terhubung ke Solar Charge Controller, yang mengalirkan daya output ke akumulator. Karena akumulator menyimpan energi dalam bentuk DC, daya tersebut selanjutnya diteruskan ke inverter untuk menghasilkan arus AC, yang biasa digunakan oleh peralatan rumah tangga. Selain itu, output dari Solar Charge Controller juga bisa langsung digunakan untuk menyalakan lampu LED yang mempunyai arus DC.

I. Langkah Pengambilan Data

1) Pengambilan Data Kecepatan Angin
    a) Menyiapkan alat ukur anemometer
    b) Mengatur turbin angin agar dapat berputar ketika terkena tiupan angin
    c) Arahkan anemometer sejajar dengan sudu turbin angin

d) Catat hasil nilai tertinggi pada waktu setempat pada saat turbin angin berputar dalam satuan m/s.

2) Pengambilan Data Putaran Poros

a) Menyiapkan alat ukur tachometer.

b) Selanjutnya tachometer diarahkan kepada poros rotor yang sudah ditandai menggunakan cat / tipe x untuk mengidentifikasi perputaran dari poros rotor.

c) Tachometer mengeluarkan angka dari putaran poros rotor dalam satuan RPM.

d) Catat hasil nilai tertinggi dari putaran poros rotor dalam satuan RPM.

3) Pengambilan Data Putaran Generator

a) Menyiapkan alat ukur tachometer

b) Selanjutnya tachometer diarahkan kepada poros generator yang sudah ditandai menggunakan cat / tipe x untuk mengidentifikasi perputaran dari poros rotor.

c) Tachometer mengeluarkan angka dari putaran poros generator dalam satuan RPM.

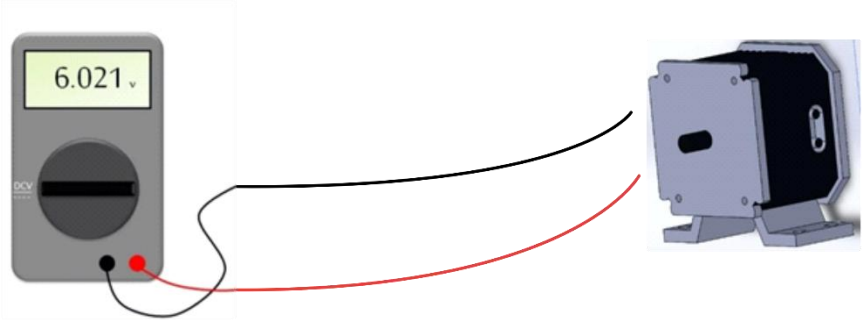
d) Catat hasil nilai tertinggi dari putaran poros generator dalam satuan RPM.

4) Cara Mengukur Tegangan (Volt)

a) Atur posisi saklar selektor ke DCV.

b) Pilih skala yang sesuai dengan perkiraan tegangan yang akan diukur.

c) Hubungkan probe ke terminal tegangan yang akan diukur. Probe merah pada terminal positif dan probe hitam pada terminal negatif.



Gambar 3.6. Cara Mengukur Tegangan

Sumber : Riziq, M.I.

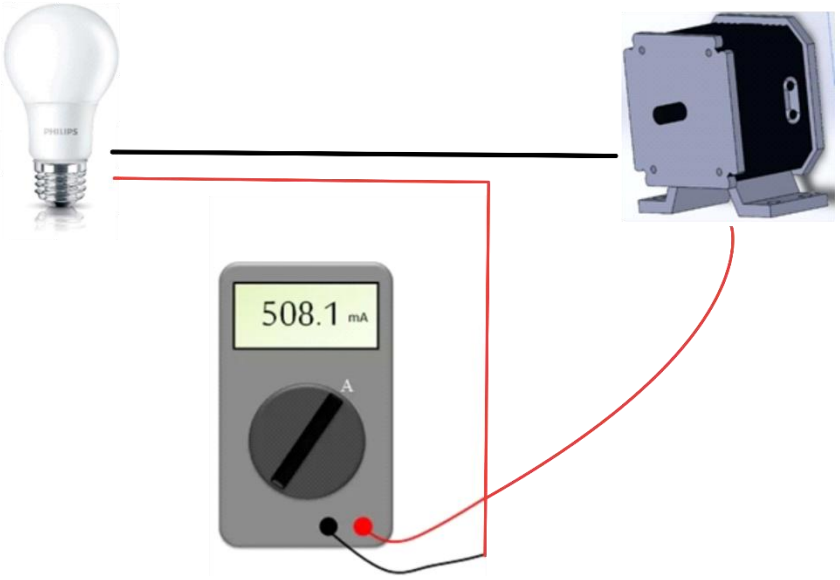
5) Cara Mengukur Arus (Ampere)

a) Atur posisi saklar selektor ke DCA.

b) Pilih skala yang sesuai dengan perkiraan arus yang akan diukur

c) Putuskan jalur catu daya (power supplay) yang terhubung ke beban.

d) Hubungkan probe multimeter pada terminal jalur yang memutuskan tadi. Probe merah ke output tegangan positif dan probe hitam pada input tegangan negatif beban atau rangkaian yang akan diukur.



Gambar 3.7. Cara Mengukur Arus

Sumber : Riziq, M.I.

6) Pengujian Torsi

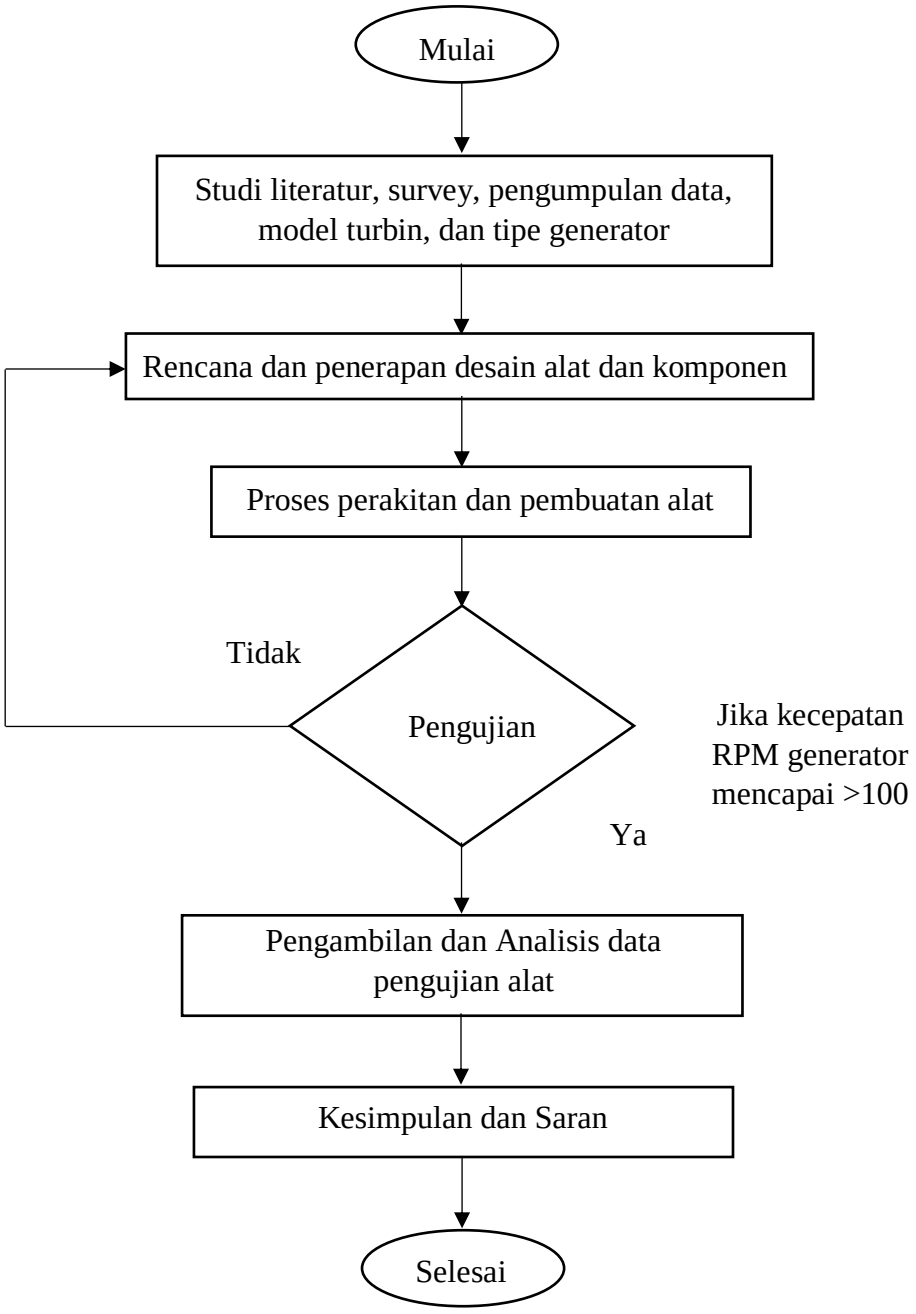
a) Turbin angin vertikal terkena angin maximal.

b) Sudu turbin berputar sesuai arah angin.

c) Pada saat sudu turbin berputar, poros as dikasih beban maximal atau sampai poros as dan sudu turbin berhenti.

d) Catat hasil beban maximal pada saat turbin berhenti dalam satuan kg.

J. Diagram Alur Penelitian



Keterangan :

Ya : Alat bisa beroperasi

Tidak : Alat tidak berfungsi dengan baik

Gambar 3.8. Diagram alur penelitian