

DESIGN OF MINIATURE WIND TURBINE POWER GENERATOR AS LEARNING MEDIA

Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik Sebagai Media Pembelajaran

Raya Langi¹, Corvis L. Rantererung², Disabella Dayera^{3✉}

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Papua, Kota Sorong, Papua Barat Daya, Indonesia

² Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Kota Makassar, Sulawesi Selatan

³ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Papua, Kota Sorong, Papua Barat Daya, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 10-04-2023

Direvisi : 08-07-2023

Diterima : 11-08-2023

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga angin mengkonversikan tenaga angin menjadi energi listrik dengan menggunakan kincir angin atau turbin angin. Cara kerjanya cukup sederhana yaitu putaran turbin yang disebabkan oleh angin diteruskan ke rotor generator dimana generator ini memiliki lilitan tembaga yang berfungsi sebagai stator sehingga terjadinya GGL (gaya gerak listrik). Salah satu jenis turbin angin adalah turbin angin sumbu horizontal. Perancangan miniature turbin angin sumbu horizontal dengan 4 sudu yang berbahan material berupa pipa plastik. Pengujian dengan pengoperasian dengan menggunakan variasi kecepatan angin yaitu 1,4 m/s, 1,9 m/s, 2,5 m/s, 2,9 m/s, 3,2 m/s and 3,4 m/s.

Hasil perhitungan dan Analisa data diperoleh bahwa besarnya tegangan generator pada kecepatan angin 1,4 m/s sebesar 30 V, kecepatan angin 1,9 m/s sebesar 41 V, kecepatan angin 2,5 m/s sebesar 45 V, kecepatan angin 2,9 m/s sebesar 53 V, kecepatan angin 3,2 m/s sebesar 66 V dan kecepatan angin 3,4 m/s sebesar 68 V. Maka, semakin besar kecepatan angin maka semakin besar nilai tegangan listrik yang dihasilkan. Sedangkan, hasil perhitungan dan analisa daya pada turbin angin yaitu pada kecepatan angin 1,4 m/s daya turbin sebesar 0,24 watt, kecepatan angin 1,9 m/s daya turbin sebesar 0,45 watt, kecepatan angin 2,5 m/s daya turbin sebesar 0,85 watt, kecepatan angin 2,9 m/s daya turbin sebesar 1,08 watt, dan untuk kecepatan angin 3,2 m/s daya turbin sebesar 1,52 watt. Hal ini memperlihatkan bahwa semakin besar kecepatan angin maka semakin besar daya turbin yang dihasilkan.

Kata Kunci:

Miniature turbin angin horizontal, Media pembelajaran

ABSTRACT

Wind power plants convert wind power into electrical energy by using windmills or wind turbines. The way it works is quite simple, namely the rotation of the turbine caused by the wind is passed to the generator rotor where this generator has a copper winding that functions as a stator so that GGL (electromotive force) occurs. One type of wind turbine is a horizontal axis wind turbine. The design of a horizontal axis wind

Keywords :

Miniature horizontal wind turbine, learning media

turbine miniature with 4 blades made of plastic pipes. The test was conducted using wind speed variations of 1,4 m/s, 1,9 m/s, 2,5 m/s, 2,9 m/s, 3,2 m/s and 3,4 m/s.

The results of the calculation and data analysis were obtained that the magnitude of the generator voltage at a wind speed of 1.4 m/s was 30 V, a wind speed of 1.9 m/s was 41 V, a wind speed of 2.5 m/s was 45 V, a wind speed of 2.9 m/s was 53 V, a wind speed of 3.2 m/s was 66 V and a wind speed of 3.4 m/s was 68 V. The greater the wind speed, the greater the value of the electrical voltage produced. Meanwhile, the results of the calculation and analysis of power in wind turbines are at a wind speed of 1.4 m/s turbine power of 0.24 watts, wind speed of 1.9 m/s turbine power of 0.45 watts, wind speed of 2.5 m/s turbine power of 0.85 watts, wind speed of 2.9 m/s turbine power of 1.08 watts, and for wind speed of 3.2 m/s turbine power of 1.52 watts. This shows that the greater the wind speed, the greater the turbine power produced.

Corresponding Author :

Disabella Dayera

Teknik Mesin, Teknik, Universitas Kristen Papua

Jl. F. Kalasuat, Malanu, Kota Sorong

Email: disabella.dayera@ukip.ac.id

PENDAHULUAN

Energi terbarukan menjadi topik yang semakin penting dalam berbagai aspek kehidupan, khususnya dalam konteks keberlanjutan lingkungan dan pemenuhan kebutuhan energi yang terus meningkat. Salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar namun belum sepenuhnya dimanfaatkan adalah energi angin. Turbin angin, sebagai alat konversi energi angin menjadi listrik, telah banyak dikembangkan di berbagai negara. Namun, pemahaman mengenai cara kerja turbin angin dan potensi penggunaannya dalam skala kecil, khususnya sebagai media pembelajaran di tingkat pendidikan, masih terbatas.

Pendidikan teknik dan rekayasa memerlukan pendekatan yang praktis untuk menghubungkan teori dengan aplikasi nyata. Dalam hal ini, penggunaan miniatur turbin angin sebagai alat peraga pembelajaran dapat menjadi solusi yang efektif. Miniatur turbin angin tidak hanya berfungsi sebagai media visual yang membantu siswa memahami prinsip kerja turbin angin, tetapi juga dapat digunakan untuk demonstrasi langsung mengenai konversi energi angin menjadi energi listrik. Dengan adanya media pembelajaran yang interaktif, diharapkan siswa dapat lebih memahami konsep-konsep dasar mengenai energi terbarukan, khususnya energi angin, serta mengapresiasi pentingnya pengembangan teknologi ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun miniatur turbin angin yang dapat digunakan sebagai pembangkit listrik dalam skala kecil, yang nantinya akan dimanfaatkan sebagai alat bantu pembelajaran di sekolah-sekolah maupun institusi pendidikan lainnya. Dalam proses rancang bangun ini, akan diperhatikan berbagai aspek, termasuk efisiensi turbin, kemudahan perakitan, serta keamanan penggunaan. Selain itu, penelitian ini juga akan menguji efektivitas penggunaan miniatur turbin angin ini dalam meningkatkan pemahaman siswa tentang energi terbarukan melalui metode pembelajaran berbasis praktik.

Dengan adanya media pembelajaran berupa miniatur turbin angin ini, diharapkan dapat mendorong minat siswa terhadap bidang teknik, khususnya dalam pengembangan energi terbarukan. Penelitian ini tidak hanya akan memberikan kontribusi terhadap peningkatan kualitas pendidikan, tetapi juga dapat menumbuhkan kesadaran generasi muda tentang pentingnya inovasi dalam pemanfaatan sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan lebih lanjut media pembelajaran berbasis teknologi yang aplikatif dan relevan dengan kebutuhan zaman.

A. Energi Angin

Angin merupakan udara yang bergerak karena putaran bumi dan adanya perbedaan temperature udara di sekitar. Angin bertiup dari tempat yang bertemperatur udara tinggi ke bertemperatur udara yang rendah.(Syarif et al., 2015) potensi energy angin di Indonesia per provinsi dapat dilihat pada [table 1](#) dibawah ini.

Tabel 1. Potensi angin perprovinsi (A.M.Hidayatullah Iqsyah, 2017)

No	Provinsi	Potensi (MW)	No	Provinsi	Potensi (MW)
1	Nusa tenggara timur	10,188	18	Kepulauan riau	922
2	Jawa timur	7,907	19	Sulawesi tengah	908
3	Jawa barat	7,036	20	Aceh	894
4	Jawa tengah	5,213	21	Kalimantan tengah	681
5	Sulawesi selatan	4,193	22	Kalimantan barat	554
6	Maluku	3,188	23	Sulawesi barat	414
7	Nusa tenggara barat	2,605	24	Maluku utara	504
8	Banten	1,753	25	Papua barat	437
9	Bangka Belitung	1.787	26	Sumatera barat	428
10	Bengkulu	1,513	27	Sumatera utara	356
11	Sulawesi tenggara	1,414	28	Sumatera selatan	301
12	Papua	1,411	29	Kalimantan timur	212
13	Sulawesi utara	1,214	30	Gorontalo	137
14	Lampung	1,137	31	Kalimantan utara	73
15	Di.yogyakarta	1,079	32	Jambi	37
16	Bali	1,019	33	Riau	22
17	Kalimantan selatan	1,006	34	DKI. Jakarta	4

Dari [table 1](#), potensi angin di atas beberapa lokasi memang memiliki potensi angin yang cukup besar yang telah dan sedang dikembangkan menjadi PLTB, seperti di Desa Mattirotasi dan Lainungan, Kecamatan Watangpulu, Kabupaten Sidrap Sulawesi Selatan. PLTB Sidrap adalah pembangkit listrik tenaga angin yang terbesar di Indonesia saat ini. Dengan jumlah kapasitas sebesar 75 MW, pembangkit listrik tenaga angin ini terdiri dari 30 turbin angin yang masing-masing berkapasitas sebesar 2,5 MW.(A.M.Hidayatullah Iqsyah, 2017)

Daya yang dihasilkan oleh angin adalah mengubah energi listrik yang dimiliki oleh angin menjadi energi kinetik poros. Besarnya daya yang dapat ditransfer ke rotor tergantung pada massa jenis udara, luas area dan kecepatan angin. Energi kinetik massa angin (m) yang bergerak dengan kecepatan (v) diubah menjadi energi gelombang.(Sumiati, 2013)

Proses pembangkit tenaga angin berlangsung melalui dua tahap konversi energi. Pertama, arus angin menggerakkan rotor (baling-baling), menyebabkannya berputar ke arah angin bertiup. Putaran rotor kemudian dihubungkan ke generator. Dan listrik dihasilkan dari generator ini.(Seftyan Harry Wahyuda Tama, 2018)

Untuk menggunakan daya angin menjadi daya listrik maka langkah awal yang kita dilakukan adalah dengan menghitung energy angin. (Muhammad Maulia Rafasandi, 2018)

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

Dimana, E = Energi kinetik angin (Joule), m = Massa udara (kg) dan v = Kecepatan angin (m/det).

Untuk menghitung massa udara dimisalkan suatu blok udara mempunyai penampang dengan luas A (m2), dan bergerak dengan kecepatan v (m/det) jadi massa udara yang melewati suatu tempat adalah :

$$m = A \cdot v \cdot \rho \dots\dots\dots (2)$$

Dimana, m = Massa udara (kg), A = Luas Penampang (m^2), v = Kecepatan angin (m/det), ρ = Kerapatan udara (kg/m^3).

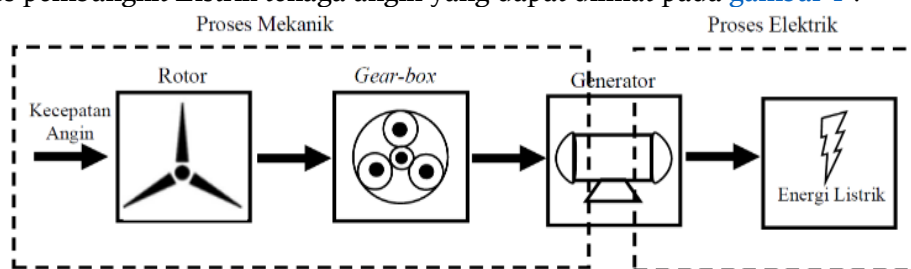
Dengan persamaan di atas bisa dihitung besarnya daya yang dihasilkan dari energi angin adalah :

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

Dimana, P = Daya angin (Watt), A = Luas Penampang (m^2), v = Kecepatan angin (m/det), ρ = Kerapatan udara (kg/m^3).

B. Turbin Angin

Turbin angin atau dalam bahasa sehari-hari disebut kincir angin adalah turbin yang digerakkan oleh energi angin. Angin merupakan udara yang bergerak diatas permukaan bumi. Kincir angin atau turbin angin adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah energi gerak (kinetik) angin menjadi energi mekanik pada poros turbin. Energi angin dikonversikan menjadi energi putar oleh rotor, dengan atau tanpa roda gigi. Putaran rotor tersebut yang akan digunakan untuk memutar generator yang nantinya akan menghasilkan energi listrik. (Muhammad, 2018) Berikut proses pembangkit Listrik tenaga angin yang dapat dilihat pada gambar 1 :



Gambar 1. Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Muhammad, 2018)

1. Jenis Turbin Angin

Adapun jenis jenis turbin angin antara lain:

- a. Turbin Angin Sumbu *Horizontal*
- b. Turbin Angin Sumbu Vertikal

2. Kinerja Turbin Angin

a. Putaran Poros Turbin

Bagian Poros adalah salah satu elemen mesin yang sangat penting peranannya dalam mekanisme suatu mesin, semua motor yang meneruskan daya putar ke elemen mesin yang lainnya harus melalui poros. Poros berfungsi untuk meneruskan gaya baik berupa puntir, torsi atau bending dari satu bagian ke bagian lainnya. (Parubahan, 2020)

b. Torsi Turbin Angin

Torsi dapat juga di sebut dengan gaya pada sumbu yang bisa menggerakkan benda berputar atau melingkar. Torsi mempunyai poros yang lengan gayanya bisa berputar searah dengan jarum jam dan bisa juga berlawanan dengan arah jarum jam. (Prasetyo et al., 2018) Torsi dapat di bagi menjadi dua jenis antara lain:

1) Torsi Dinamis

Torsi dinamis dapat di hitung dengan rumus:

$$T_d = F_d \cdot r_d \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

T_d =torsi yang di hasilkan dari putaran poros (N/m)

F_d =gaya pada poros akibat puntiran (N)

r_d =jarak lengan ke poros (m)

2) Torsi Statis

Torsi statis dapat di hitung dengan rumus:

$$T_s = F_s \cdot r_s \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan

F_s =Gaya pada poros akibat puntiran (Newton)

r_s =jarak lengan ke poros (meter)

3) Daya Turbin

Untuk perhitungan pada daya turbin angin dapat di tuliskan dengan rumus:

$$P_A = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

P_A =daya turbin angin

C_p = koefisien daya

ρ_a = kerapatan angin pada waktu tertentu (1,2 kg)

A = Luas daerah sapuan angin (m^2)

V = kecepatan angin (m/s)

c. Efisiensi Turbin Angin

Efisiensi turbin angin adalah perbandingan antara daya yang di hasilkan angin (P_{in}) dan daya yang di hasilkan generator (P_{gen})dengan rumus efisiensi:

$$\eta_{sis} = \frac{P_{gen}}{P_{in}} \cdot 100\% \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

η_{sis} =efisiensi sistem

P_{gen} =daya genertor (watt)

P_{in} =daya angin (watt)

C. Generator

Generator (*Dynamo*) adalah sebuah alat yang mengubah garis- garis gaya magnet yang memotong *coil* menjadi daya listrik. Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, akan tetapi generator tidak menciptakan listrik yang sudah ada di dalam kabel lilitannya. Hal ini bisa diumpamakan dengan sebuah pompa air, yang menciptakan aliran air tetapi tidak menciptakan air di dalamnya. (Parubahan, 2020)

Prinsip kerja generator berdasarkan hukum Faraday yang mengandung pengertian bahwa apabila sepotong kawat penghantar listrik berada dalam medan magnet berubah-ubah, maka di dalam kawat tersebut akan terbentuk dalam medan magnet, maka kawat penghantar tersebut juga terbentuk GGL induksi. (Jumnahdi, 2016) Konversi energi mekanik menjadi energi Listrik dapat dilihat pada gambar 2.

Daya keluaran generator dapat di hitung dengan rumus

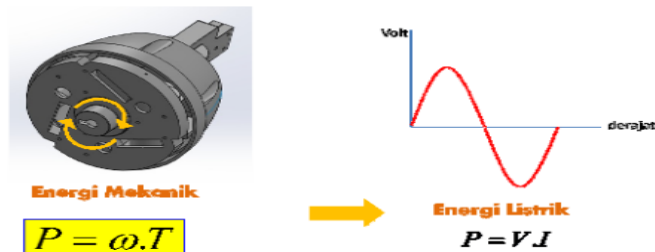
$$P = V \cdot I \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan:

P = Daya (watt)

V = Volt

I = Arus (Ampere)



Gambar 2. Skema Konversi Energi Mekanik Menjadi Energi Listrik. (Goffar & Mubarak, 2018)

Generator (*Dynamo*) adalah sebuah alat yang mengubah garis-garis gaya magnet yang memotong *coil* menjadi daya listrik. Generator mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, akan tetapi generator tidak menciptakan listrik yang sudah ada di dalam kabel lilitannya. Hal ini bisa diumpamakan dengan sebuah pompa air, yang menciptakan aliran air tetapi tidak menciptakan air di dalamnya. (Parubahan, 2020).

D. Beban

Beban yang akan peneliti gunakan dalam penelitian ini adalah beban berupa bola lampu *LED* (*Light Emitting Diode*). Lampu ini tersusun dari komponen listrik yang akan menghasilkan cahaya atau biasa juga di sebut dengan nama dioda. Lampu *LED* saat ini suda mulai bannyak digunakan dalam penerangan, bahkan lampu jenis ini sudah mulai menggantikan jenis lampu lainnya. (Vries et al., 2011)

E. Baterai / Aki

Alat penyimpan energi atau baterai digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh generator sebagai cadangan energi listrik. (Priyadi et al., 2018) Alat penyimpan energy memerlukan arus *DC* (*Direct Current*) untuk mengisi energi. Karena energy angin ketersediaanya terbatas (tidak sepanjang hari angin akan selalu ada) maka ketersediaan listrik pun tidak akan menentu. Oleh karena itu digunakan alat penyimpanan energi (*battery*) yang berguna sebagai cadangan energi listrik. (Sari et al., 2019) Jadi dalam pembuatan turbin angin sangat di butuhkan penyimpanan energy karna keterbatasannya energy angin yang seakan akan dapat berubah. (Kesdm et al., 2019)

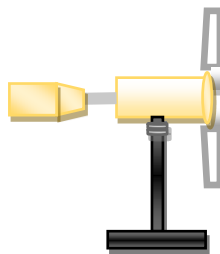
METODE PENELITIAN

A. Alat dan bahan

Adapun alat-alat yang di gunakan dalam penelitian ini adalah Gerinda Tangan, Meteran (Meter), Palu (*Hammer*), Kunci Pas, Kunci Ring, Tang, Amplas, Bor Tangan, Las Listrik (*Electric Welding*), Tachometer, dan Multimeter. Sedangkan untuk bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain: Generator Kipas Angin, Pipa Paralon Plastic, Besi Plat, Baut dan Mur, Bearing, Semen, Besi, Kabel, Lampu *LED*.

B. Tahapan perancangan turbin angin sumbu horizontal

Adapun tahap perancangan turbin angin sumbu horizontal, tipe multi blade, dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:

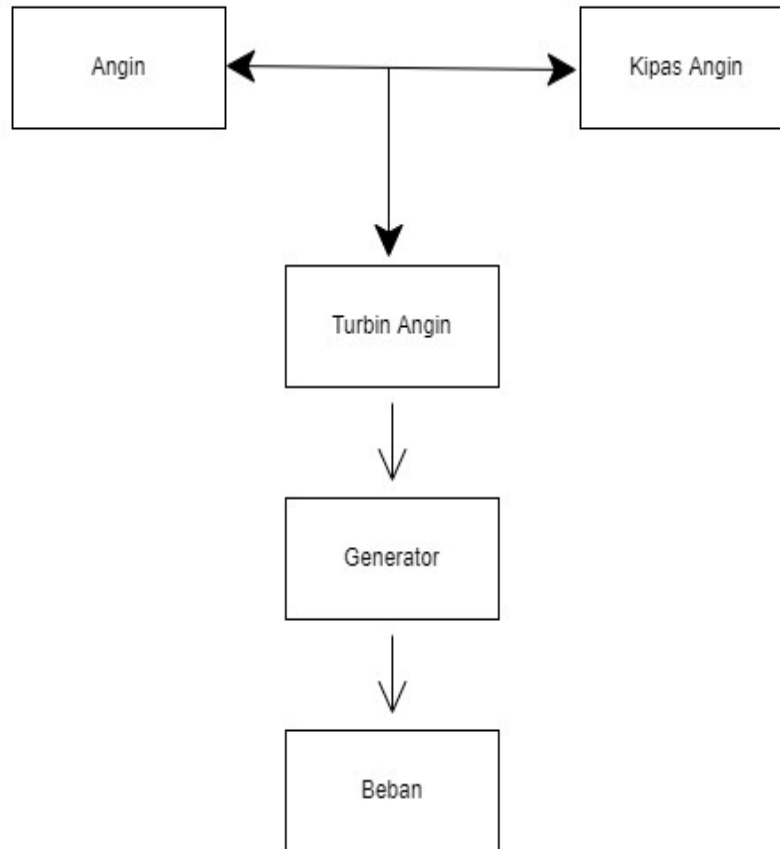


Gambar 3. Desain perancangan Turbin

1. Perancangan Mekanisme Yaw; Mekanisme yaw pada penelitian ini akan di buat dari bearing.mekanisme yaw.
2. Perancangan Sudu; Dalam pembuatan sudu turbin ini material yang di gunakan adalah pipa paralon yang tebalnya 0,2 cm. dalam pembuatan sudu juga sangat rumit dan teliti oleh karena itu kita perlu membuat cetakan masing-masing sudu agar sudu-sudu dapat seimbang dan sama besar.dalam desain perancangan turbin angin sumbu horizontal jumlah sudu yang akan di gunakan adalah empat buah (multi blade).
3. Perancangan Ekor Turbin

4. Perancangan Penyangga Turbin; Dalam penelitian pembuatan penyangga turbin akan di buat dari besi dan menggunakan landasan coran semen.dalam pembuatan landasan coran semen di gunakan agar bisa menahan tiang turbin supaya tidak jatuh.
5. Pemilihan Generator penghasil listrik; Dalam penelitian ini generator yang di gunakan adalah generator kipas angin AC (arus bolak balik) model *WFV*, daya 20 (watt), voltase 20 (volt).

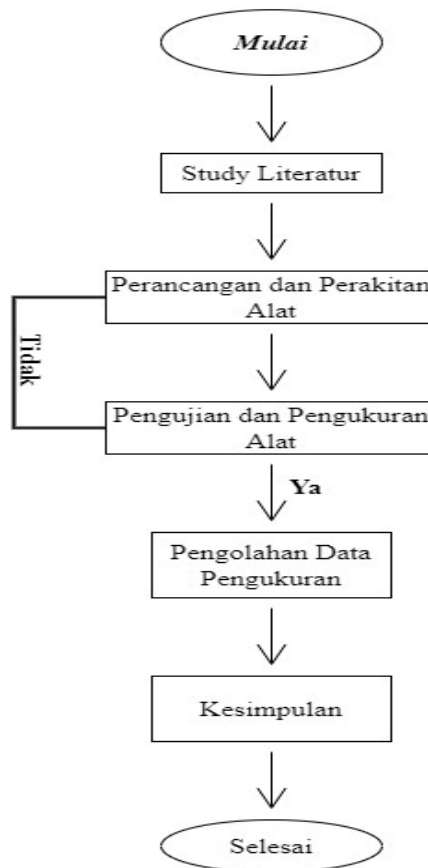
Adapun blog diagram pada penelitian ini dapat di lihat pada [gambar 4](#):



Gambar 2. Blok Diagram

C. Prosedur penelitian

Prosedur penelitian atau diagram alur yang menjelaskan tentang mekanisme atau prosedur penelitian, agar alur dari penelitian ini lebih mudah untuk di pahami, dapat dilihat pada [gambar 5](#):



Gambar 3. Diagram Alur Penelitian

D. Prosedur pengambilan data

Adapun prosedur dalam pengambilan data yaitu :

1. Persiapan;
Dalam persiapan ini peneliti menyiapkan alat ukur untuk pengambilan data.
2. Mengukur kecepatan angin;
3. Dalam penelitian ini kecepatan angin yang di ukur adalah angin yang bersumber dari kipas angin yang akan di gunakan sebagai media penghasil angin yang akan digunakan untuk pengujian pada turbin yang telah di rancang. Dalam media penghasil angin terdapat tiga level kecepatan angin di mana peneliti akan mengukur masing masing kecepatannya.
4. Pengukuran turbin angin
Dalam pengukuran turbin angin yaitu :
 - a. Perhitungan daya yang di hasilkan turbin angin menggunakan persamaan $P = V \cdot I$
 - b. Pengukuran tegangan yang di hasilkan turbin angin (volt).
 - c. Pengukuran arus pada rangkain turbin angin (ampere).
 - d. Mengukur luas sapuan angin pada baling-baling turbin angin.

Dalam pengukuran a sampai c di atas akan di ulangi sebanyak tiga kali dengan level kecepatan angin yang berbeda untuk memperoleh data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Perancangan

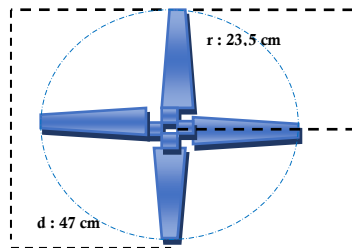
Hasil perancangan yang di dapat adalah hasil dari pembangkit listrik kincir angin dengan menggunakan empat sumbu horizontal yang mengubah energy mekanik menjadi energy listrik. Berikut hasil perancangan alat dapat dilihat pada [gambar 6](#):



Gambar 4. Hasil perancangan

B. Hasil Pengukuran

1. Luas sapuan angin



Gambar 5. Luas sapuan angin

Diameter baling baling yang digunakan dalam penelitian ini adalah 47 cm dengan jari-jari 23,5 cm, lihat gambar 7. Luas permukaan sapuan angin yang terdapat pada baling baling turbin tersebut menggunakan luas lingkaran, di karenakan bentuk sapuan angin pada turbin berbentuk lingkaran. Jadi luas sapuan angin dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$L = \pi r^2 \dots\dots\dots(12)$$

Diketahui :

$$r = 23,5 \text{ cm}$$

$$\pi = 3,14$$

Jadi :

$$L = 3,14 \cdot 23,5 \text{ cm}^2$$

$$L = 1734,06 \text{ cm}$$

Jadi luas sapuan angin pada baling baling turbin angin adalah 1734 ,06 cm.

2. Hasil Pengukuran Kecepatan Angin, Pada Kipas Angin

Table 1. Kecepatan angin

Kecepatan kipas angin	Kecepatan angin (m/s)	Jarak kipas angin dengan turbin angin (cm)
Rendah	1,4	40
Rendah	1,9	30
Sedang	2,5	40
Sedang	2,9	30
Tinggi	3,2	40
Tinggi	3,4	30

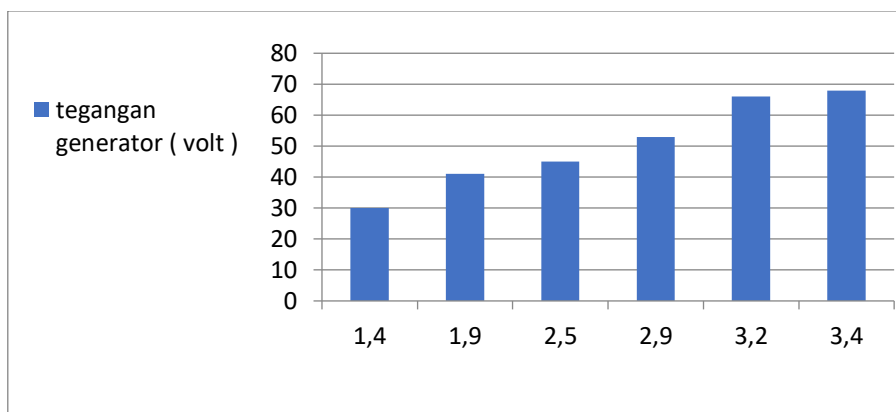
Berikut dokumentasi pengambilan data yang dilakukan, dapat dilihat pada [gambar 8](#) :



Gambar 8. Pengambilan Data Penelitian

3. Hasil Pengukuran Tegangan (V) Generator

Pada pengukuran tanpa beban adalah mengukur tegangan keluaran pada generator menggunakan multimeter. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui berapa besarnya tegangan (v) yang di keluarkan generator dengan kecepatan angin yang berbeda. Berikut hasil pengukuran tegangan generator yang ditampilkan pada [gambar 9](#):



Gambar 9. Grafik hasil pengukuran tegangan generator turbin angin

4. Hasil Pengukuran Turbin Angin

Hasil pengujian pada turbin angin, dengan mengukur tegangan (v), arus (I) dan menghitung daya (P) pada turbin, dapat dilihat pada [table 3](#):

Table 3. hasil pengukuran perancangan turbin

Kecepatan angin (m/s)	Daya lampu, P (watt)	Jumlah balon (buah)	Tegangan, V (Volt)	Arus, I (Ampere)	Daya listrik, P (watt)	Rpm	Jarak kipas angin dengan turbin (cm)
1,4	6	2	12	0,02	0,24	1403	40
1,9	6	2	15	0,03	0,45	1432	30
2,5	6	2	17	0,05	0,85	1806	40
2,9	6	2	18	0,06	1,08	1843	30
3,0	6	2	19	0,08	1,52	2404	40
3,4	6	2	20	0,10	2	2452	30

Pada kecepatan angin 1,4 m/s diperoleh hasil perhitungan daya menggunakan persamaan berikut:

$$P = V \cdot I$$

Dimana,

$$V = 12 \text{ volt}$$

$$I = 0,02 \text{ ampere}$$

$$\text{maka, } P = V \cdot I = 12 \text{ volt} \times 0,02 \text{ ampere} = 0,24 \text{ watt}$$

Berdasarkan hasil perhitungan pada table 3, dapat dilihat bahwa semakin besar kecepatan angin maka berbanding lurus dengan tegangan listrik yang dihasilkan,

KESIMPULAN

Turbin Angin sebagai Media Pembelajaran Dari hasil perancangan, tata letak dan pengujian miniatur pembangkit listrik, dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran telah dibuat untuk membantu siswa memahami konsep pembangkit listrik tenaga angin dan konversi energi. Dari hasil melakukan penelitian dan pengujian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisa tegangan generator dengan kecepatan angin 1,4 m/s tegangan generator 30 V, kecepatan angin 1,9 m/s tegangan generator 41 V, kecepatan angin 2,5 m/s tegangan generator 45 V, kecepatan angin 2,9 m/s tegangan generator 53 V, kecepatan angin 3,2 m/s tegangan generator 66 V dan kecepatan angin 3,4 m/s dengan tegangan generator 68 V.
2. Dari hasil analisa daya pada turbin angin dengan kecepatan angin 1,4 m/s daya turbin 0,24 watt, kecepatan angin 1,9 m/s daya turbin 0,45 watt, kecepatan angin 2,5 m/s daya turbin 0,85 watt, kecepatan angin 2,9 m/s daya turbin 1,08 watt, kecepatan angin 3,2 m/s daya turbin 1,52

REFERENSI

- a.M.Hidayatullah Iqsyah, R. (2017). Perancangan Pembangkit Listrik Kincir Angin Menggunakan Empat Sumbu Horizontal. *Population Headliners*, 2.
- Goffar, A., & Mubarok, A. L. (2018). *Rancang Bangun Sistem Pembangkit Listrik DC Tenaga Angin Berbasis Arduino Abdul*.
- Jumnahdi, M. (2016). Rancang Bangun Pembangkit Listrik. *Prosiding SNRT (Seminar Nasional Riset Terapan) Politeknik Negeri Banjarmasin, 9-10 Nopember, 5662, 9–10*.
- Kesdm, S. J., Febriani, A., Sari, C. P., & Ester, D. (2019). *buku 2 Panduan OM PLTB*.
- Muhammad, I. (2018). *Pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin berkapasitas 100 watt*.
- Muhammad Maulia Rafasandi. (2018). *Perancangan Mini Pembangkit Listrik Tenaga Angin Pada Sepeda Motor*.
- Parubahan, R. (2020). Rancang Bangun Dan Analisis Pembangkit Listrik Dengan Metode Umpan Balik. *Doctoral Dissertation, Universitas Medan Area*., 1–59.
- Prasetyo, A., Notosudjono, D., & Soebagja, H. (2018). *Studi Potensi Penerapan Dan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Di Indonesia*. 1–12.
- Priyadi, I., Surapati, A., Putra, V. T., Angin, A. E., & Belakang, A. L. (2018). Rancang Bangun Turbin Angin Horizontal Sebagai Salah Satu Pembangkit Daya Pada Mobil Hybrid. *ROTOR*, 147–158.
- Sari, I. K., Anisah, S., Pembangunan, U., Budi, P., Terbarukan, E., Angin, K., Program, D., & Teknik, S. (2019). Rancang Bangun Kincir Angin Pada Sumbu Horizontal Sebagai Media Pembelajaran Di Laboratorium Teknik Elektro Universitas Pembangunan Panca Budi MedAN. *Tekniki Elektro*, 1–68.

- Seftyan Harry Wahyuda Tama. (2018). *Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan Turbin Ventilator Sebagai Sumber Energi Alternatif*.
- Sumiati, R. (2013). Rancang bangun miniatur turbin angin pembangkit listrik untuk media pembelajaran. *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), 1–8.
- Syarif, A. A., Ardiansya, I., Studi, P., Listrik, T., Teknik, J., Fakultas, E., & Makassar, U. M. (2015). *Perancangan pembangkit listrik tenaga bayu skala kecil*. 1–64.
- Vries, P. de, Conners, M., & Jaliwala, R. (2011). buku 1 Energi Yang Terbarukan. In *Buku Panduan Energi Terbarukan*.