

**PROTOTIPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DENGAN  
TURBIN SUMBU HORIZONTAL DAN ANALISIS EFEK PEMBEBANAN  
RLC**

**SKRIPSI**

untuk memenuhi salah satu persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S1



**Disusun oleh:**

**Muhammad Fikri Haikal**

**15524038**

**Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Yogyakarta  
2021**

**SKRIPSI**

**PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DENGAN  
TURBIN SUMBU HORIZONTAL DAN ANALISIS EFEK PEMBEBANAN  
RLC**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

**Muhammad Fikri Haikal**

**15524038**

Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada tanggal: 10 Februari 2021

Susunan dewan penguji

Ketua Penguji : Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng,

Anggota Penguji 1: Husein Mubarak, S.T., M.Eng,

Anggota Penguji 2: Medila Kusriyanto, S.T., M.Eng,

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana

Tanggal: 10 Februari 2021

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Yusuf Aziz Amriyanti, S.T., M.Sc., Ph.D

**045240101**

## LEMBAR PENGESAHAN

# PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN DENGAN TURBIN SUMBU HORIZONTAL DAN ANALISIS EFEK PEMBEBANAN RLC

### TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi  
Teknik Elektro Fakultas  
Teknologi Industri  
Universitas Islam  
Indonesia

Disusun oleh:


Muhammad Fikri Haikal

15524038

Yogyakarta,

Menyetujui,

Pembimbing

22 

Almira Budivanto, S.Si., M.Eng.  
NIK 155240103

## PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini tidak mengandung karya yang diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak mengandung karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.
2. Informasi dan materi skripsi yang terkait hak milik, hak intelektual, dan paten merupakan milik bersama antara tiga pihak yaitu penulis, dosen pembimbing, dan Universitas Islam Indonesia. Dalam hal penggunaan informasi dan materi skripsi terkait paten maka akan didiskusikan lebih lanjut untuk mendapatkan persetujuan dari ketiga pihak tersebut diatas.

Yogyakarta, 10 Februari 2021



Muhammad Fikri Haikal

جامعة البامبغلة الإسلامية  
بغداد

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh*

*Alhamdulillahirabbil'alamin*, segala puji dan syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, tidak lupa juga shalawat serta salam kami panjatkan pada Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya menjadi lebih baik. Berkat pemberian rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Turbin sumbu *Horizontal* dan Analisis Efek Pembebanan RLC” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa selama proses penelitian hingga laporan tugas akhir ini mendapatkan banyak dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu ucapan terimakasih serta doa penulis sampaikan kepada:

1. Ibu Almira Budiyanto, S.Si., M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan serta ilmu selama proses penelitian dan laporan tugas akhir.
2. Bapak Yusuf Aziz Amrullah S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia.
3. Seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Elektro UII atas segala ilmu yang diajarkan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan laporan tugas akhir.
4. Orang tua dan keluarga yang memberikan doa, semangat, nasihat, dan dukungan selama proses penelitian dan laporan tugas akhir.
5. Saudara-saudara Teknik Elektro angkatan 2015 dan Katombo yang telah banyak membantu dan memberikan kontribusi dalam penelitian dan laporan tugas akhir.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua orang maupun bagi penulis sendiri,  
*Amin ya rabbal'alamin.*

*Wassalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 10 Februari 2021

Muhammad Fikri Haikal

## ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

PLTB	Pembangkit Listrik Tenaga Angin (Bayu)
V	Tegangan
I	Arus
P	Daya
F	Frekuensi
Hz	Hertz
V	Kecepatan Angin
Ek	Energi Kinetik
m/s	Meter per Detik
M	Massa Udara
X <sub>C</sub>	Reaktansi Kapasitif
X <sub>L</sub>	Reaktansi Induktif
RPM	Revolutions Per Minute
AC	Alternatic Current
RLC	Resistif, Induktif, Kapasitif
TASH	Turbin Angin Sumbu Horizontal
EBT	Energi Baru Terbarukan

## ABSTRAK

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang masih banyak memiliki potensi energi alam yang dapat diubah menjadi energi terbarukan seperti angin dan cahaya matahari. Energi terbarukan yang dihasilkan nantinya akan dapat mengurangi penggunaan energi batubara yang saat ini sudah semakin menipis. Pemerintah mulai mempercepat dalam pengembangan energi terbarukan yang nantinya sumber energi alternatif tersebut dapat digunakan untuk mengontrol dan menyuplai konsumsi energi listrik yang terus meningkat, salah satu energi yang alternatif yang sumbernya sangat tidak terbatas yaitu angin. Penelitian ini menggunakan metode yaitu *sail wing turbin* dimana turbin sumbu didesain dalam bentuk sumbu horizontal dan motor parut merk Bison dengan tipe B-200 yang nantinya motor tersebut digunakan sebagai generator. Turbin sumbu angin dengan sumbu horizontal yang digunakan memiliki 4 *blade* yang terbuat dari plat besi dengan panjang 43 cm dan lebar 6 cm, pemilihan *blade* yang berjumlah 4 buah bertujuan untuk nantinya dapat dibandingkan dengan prototipe pembangkit listrik tenaga angin yang memiliki jumlah sudu yang berbeda. Hasil data dan analisis yang didapatkan dalam pembuatan prototipe ini adalah daya output generator yang didapatkan sebesar 5,63 watt pada frekuensi 50 Hz dengan tegangan 3,42 volt dan arus sebesar 0,3 A dengan efisiensi generator didapat melalui perhitungan sebesar 87,89%. Untuk daya yang didapatkan dengan cara perhitungan manual adalah sebesar 8,3watt.

Kata kunci: Pembangkit Listrik Tenaga Angin, Turbin sumbu Horizontal, Energi Baru Terbarukan.

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN.....	v
ABSTRAK .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	x
BAB 1 PENDAHULUAN .....	11
1.1 Latar Belakang Masalah .....	11
1.2 Rumusan Masalah.....	12
1.3 Batasan Masalah .....	12
1.4 Tujuan Penelitian .....	12
1.5 Manfaat Penelitian .....	12
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	13
2.1 Studi Literatur.....	13
2.2 Tinjauan Teori.....	14
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Angin .....	14
2.2.2 Energi Angin .....	15
2.2.3 Turbin sumbu Angin .....	15
2.2.4 Energi Kinetik .....	17
BAB 3 METODOLOGI.....	18
3.1 Alur Penelitian .....	18
3.2 Perancangan Sistem .....	18
3.3 Alat dan Bahan.....	19
3.4 Instalasi PLTB ( Angin ).....	19

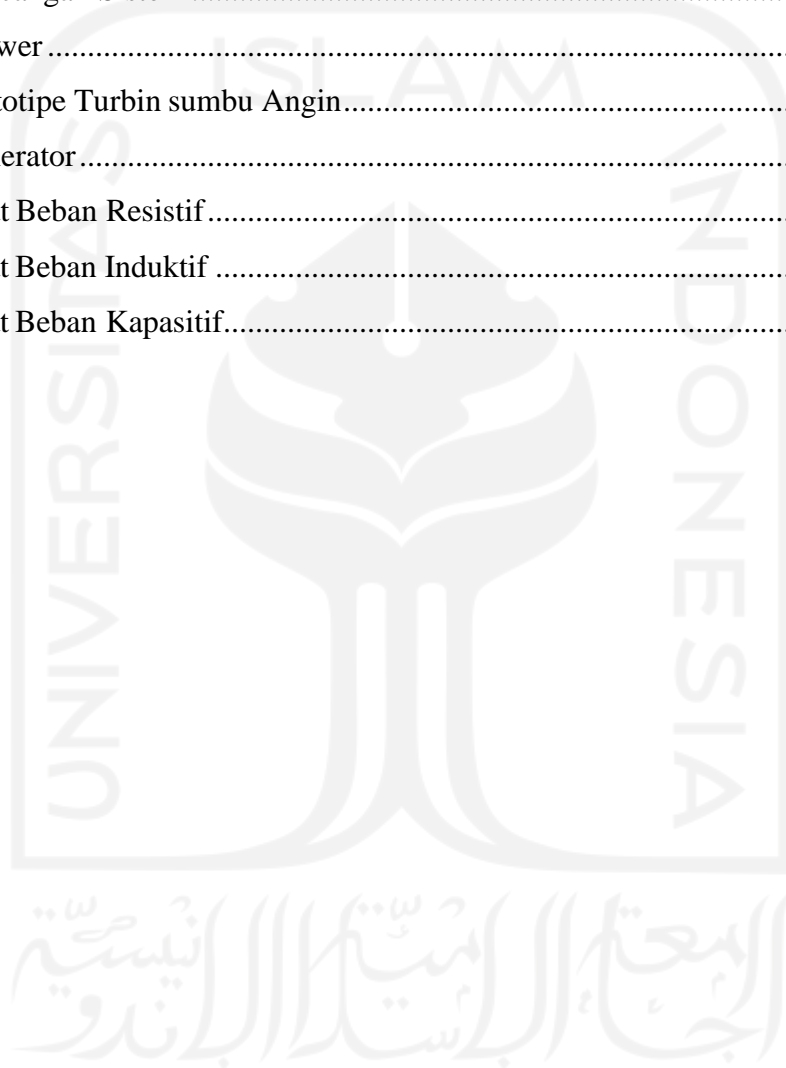


A. Pengambilan Data Variasi Angin pada <i>Blower</i> .....	25
B. Pengujian Pengaruh Beban Resistif, Kapasitif, dan Induktif Pada Tegangan, Arus, dan Frekuensi .....	26
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>27</b>
4.1 Pengambilan Data Variasi Angin pada <i>Blower</i> .....	27
4.2 Pengujian Pengaruh Beban Resistif Pada Tegangan, Arus Dan Frekuensi .....	29
4.3 Pengujian Pengaruh Beban Induktif Pada Tegangan, Arus Dan Frekuensi.....	31
4.4 Pengujian Pengaruh Beban Kapasitif Pada Tegangan, Arus Dan Frekuensi.....	33
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>35</b>
5.1 Kesimpulan .....	35
5.2 Saran .....	35



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 Proses Konversi Energi Angin Menjadi Energi Listrik.....	14
Gambar 2-2 Turbin sumbu Angin Sumbu Horizontal .....	16
Gambar 2-3 Turbin sumbu Angin Sumbu Vertikal .....	16
Gambar 3-1 Alur Penelitian.....	18
Gambar 3-2 Alur Perancangan Sistem .....	18
Gambar 3-3 Rancangan Sistem .....	19
Gambar 3-4 Blower .....	20
Gambar 3-5 Prototipe Turbin sumbu Angin.....	21
Gambar 3-6 Generator .....	22
Gambar 3-7 Sifat Beban Resistif.....	23
Gambar 3-8 Sifat Beban Induktif .....	24
Gambar 3-9 Sifat Beban Kapasitif.....	25



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Data Variasi Angin Pada Blower .....	27
Tabel 4.2 Data Pengujian Beban Resistif .....	29
Tabel 4.3 Data Pengujian Beban Induktif .....	31
Tabel 4.4 Data Pengujian Beban Kapasitif .....	33



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang masih banyak memiliki potensi energi alam yang dapat diubah menjadi energi terbarukan seperti angin dan cahaya matahari. Energi terbarukan yang dihasilkan nantinya akan dapat mengurangi penggunaan energi batubara yang saat ini sudah semakin menipis. Pemerintah mulai mempercepat dalam pengembangan energi terbarukan yang nantinya sumber energi alternatif tersebut dapat digunakan untuk mengontrol dan menyuplai konsumsi energi listrik yang terus meningkat.

Konsep energi terbarukan sudah mulai dikenalkan pada tahun 1970-an, sebagai salah satu upaya untuk mengimbangi pengembangan energi berbahan nuklir dan fosil. Energi Baru Terbarukan (EBT) berasal dari proses alam yang berkelanjutan dan energinya tersebut dapat kembali dipulihkan seiring berjalannya waktu. Salah satu energi terbarukan yang potensinya masih sangat melimpah di Indonesia adalah sumber energi angin. Dikarenakan Indonesia banyak memiliki pegunungan dan pantai-pantai yang dapat menghasilkan energi angin yang sangat banyak. Angin merupakan udara yang bergerak karena adanya tekanan dari permukaan bumi, angin akan bergerak dari daerah yang memiliki tekanan tinggi ke daerah yang memiliki tekanan rendah. Tekanan udara tersebut menghasilkan hembusan angin yang dapat dimanfaatkan menjadi energi alternatif sebagai penggerak mula rotor turbin sumbu untuk menghasilkan listrik [1].

Ketersediaan energi angin yang ada di Indonesia masih sangat banyak, karena Indonesia memiliki dataran yang tinggi seperti perbukitan dan lainnya, sedangkan untuk dataran rendahnya Indonesia memiliki banyak pantai yang mempunyai sumber angin sangat besar sehingga bisa digunakan sebagai sumber energi alternatif. Untuk mengurangi penggunaan bahan bakar batubara yang sumbernya semakin menipis, maka dapat dimanfaatkan sumber angin yang sangat melimpah untuk dijadikan pembangkit listrik tenaga angin.

Maka dalam penelitian ini dilakukan pembuatan prototipe pembangkit listrik dengan tenaga angin yang bertujuan untuk dapat memanfaatkan sumber energi alam yaitu angin untuk bisa dijadikan pembangkit listrik sehingga dapat mengurangi penggunaan bahan bakar batubara yang sekarang sumbernya sudah mulai menipis.

Dalam penelitian ini juga dilakukan efek pembebanan pada prototipe turbin sumbu horizontal untuk dapat melihat seberapa besar generator dapat menerima beban yang diberikan, beban yang diberikan berasal dari RLC Load yang nilai pembebanannya dapat diatur secara manual yang

nantinya dapat dihitung dan di analisis berapa tegangan dan yang dapat diterima oleh generator turbin sumbu tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh beban RLC terhadap beban putaran generator?
2. Apakah pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin sumbu sumbu horizontal di Indonesia dapat diterapkan?

## 1.3 Batasan Masalah

1. Sumber energi angin menggunakan *blower*,
2. Output keluaran generator diatur mengikuti *blower* untuk dapat menghasilkan frekuensi yang berbeda-beda,
3. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah *sail wing turbin* .

## 1.4 Tujuan Penelitian

1. Membuat prototipe pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin sumbu horizontal,
2. Mengetahui pengaruh beban RLC terhadap keluaran tegangan dan frekuensi,
3. Mengetahui seberapa besar kemungkinan pembangkit listrik tenaga angin dapat diterapkan di Indonesia.

## 1.5 Manfaat Penelitian

1. Memahami cara pembuatan prototipe pembangkit listrik tenaga angin,
2. Mengerti prinsip kerja pada prototipe pembangkit listrik tenaga angin,

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Penelitian dengan judul "Pemilihan Bahan Sudu untuk Perancangan dan Pembuatan Prototipe Turbin sumbu Angin Sumbu Horizontal" yang dilakukan oleh M.Yonggi Puriza dan Melda Latief pada tahun 2018 penelitian tersebut bertujuan untuk menemukan bahan sudu yang dapat berputar dengan kecepatan angin di Indonesia yang hanya berlisar 5 m/s maka dipilih lah bahan akrilik yang mempunyai keunggulan ringan, tipis dan kekuatan yang cukup [2].

Pada tahun 2012, Hasyim A, Aris Budiman dan Wahyu Setiyawan melakukan pembuatan "Desain Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin sumbu Horizontal dan Generator Magnet Permanen Tipe Axial Kecepatan Rendah " yang bertujuan untuk memanfaatkan potensi alam yang masih sangat melimpah untuk di jadikan pembangkit listrik salah satu nya potensi yang masih sangat banyak yang ada di Indonesia adalah angin [3].

Pada tahun 2016, Ahmad S dan Novi C , melakukan "Perancangan dan Pembuatan Kincir Angin Tipe *Horizontal Axis Wind Turbin sumbue* (HAWT) untuk Daerah Pantai Selatan Jawa" Hasil perancangan yaitu kincir angin tipe horisontal *Horizontal Axis Wind Turbin sumbue* (HAWT) dengan jumlah sudu 3 buah, jenis sudu yang digunakan adalah sudu airfoil tipe *Clark-Y* dengan permukaan bawah datar (*Flat Bottom*). Dari perhitungan didapat nilai swept area 7,068 m<sup>2</sup>, nilai TSR 7, rotor solidity 0,57 dan daya output sebesar 165,924 watt. Material yang digunakan untuk membuat blade (sudu) adalah balok kayu pinus dengan ukuran awal 1250mm x 135mm x 30mm [4].

Perancangan Prototipe Pembangkit Listrik Turbin sumbu Angin Empat Blade Tipe Savonius yang dilakukan oleh Noppi E, Rozeff P, dan Eko P. Perangkat turbin sumbu angin ini menggunakan 4 buah *blade* berbentuk vertical. Penelitian ini dilakukan pengujian dipagi dan malam hari. Hasil yang didapat adalah pada saat pagi kecepatan angin yang paling cepat terjadi pada pukul 10.30 dengan hasil 6,3 m/s, tegangan output 13,3 VDC dan arus 1,20 A dan hari kedua adalah pada pukul 15.30 dengan hasil 6,4 m/s, tegangan output 14,66 VDC dan arus 2,05 A. Perangkat ini mampu menghidupkan 4 buah LED dengan total daya adalah 20 watt [5].

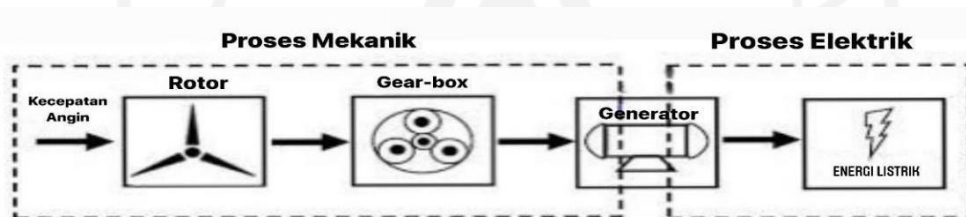
Perancangan *blades* bertujuan untuk menyesuaikan dengan kecepatan angin yang terdapat di Thailand, perancangan tersebut dilakukan oleh Paramet Phathike, Thanad Katpradit pada tahun 2013 yang berjudul “A New Design of Blade for Small Horizontal Axis Wind Turbin sumbue with Low Wind Speed Operation”, pada pembuatan dan pengujian blades ditemukan bahwa kecepatan angin yang dirancang memiliki efisiensi bilah turbin sumbu angin yang baru sebesar 27% sedangkan bilah turbin sumbu yang biasa dipakai memiliki efisiensi sebesar 16% [6].

M Khudri, Muhammad Azim A Jalil melakukan penelitian yang berjudul “*Comparison of Horizontal Axis Wind Turbin sumbue (HAWT) and Vertical Axis Wind Turbin sumbue (VAWT)*”. perancangan alat pembangkit energi listrik tenaga angin *Horizontal Axis Wind Turbin sumbue (HAWT)* dan *Vertical Axis Wind Turbin sumbue (VAWT)* bertujuan untuk membangun turbin sumbu angin yang fungsional dan membandingkan kinerja dari dua jenis desain turbin sumbu angin dengan kecepatan dan perilaku yang berbeda, (HAWT) Horizontal Axis Wind Turbin sumbue dapat menghasilkan tegangan yang lebih tinggi yaitu sebesar 8,99 V pada satu titik dan turun kembali ke 0 V pada saat sudut angin berubah [7].

## 2.2 Tinjauan Teori

### 2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit listrik tenaga angin adalah pembangkit Energi Baru Terbarukan (EBT) yang dapat menghasilkan listrik melalui proses energi kinetik yang dihasilkan dari kecepatan angin yang kemudian dikonversikan untuk memutar turbin sumbu yang kemudian putaran tersebut diteruskan untuk dapat menggerakkan generator untuk menghasilkan energi listrik.



Gambar 2-1 Proses Konversi Energi Angin Menjadi Energi Listrik [8]

Energi angin yang dapat dikonversikan menjadi energi listrik harus memiliki kecepatan angin rata-rata  $\geq 3\text{m/s}$  sehingga beberapa daerah di Indonesia memiliki potensi angin yang baik. karakteristik tersebut dapat ditemukan pada daerah dataran tinggi dan pesisir laut, mengingat geografis di Indonesia yang beragam karakteristik angin seperti itu bukan hal sulit untuk ditemukan [9].

## 2.2.2 Energi Angin

Angin merupakan suatu udara yang bergerak dari wilayah yang memiliki suhu tinggi ke wilayah dengan suhu lebih rendah, atau juga wilayah dengan tekanan udara yang tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Angin tercipta karena suatu proses atau siklus yang disebabkan dari perbedaan tekanan udara antara suatu wilayah dengan wilayah lainnya sehingga angin tercipta dan disebut dengan energi angin.

Sederhananya energi potensial pada angin inilah yang dapat dimanfaatkan sebagai penggerak turbin sumbu pada sistem pembangkit listrik tenaga angin. Model turbin sumbu yang umum digunakan sebagai pembangkit berprinsip pada teori dasar dari momentum, angin dengan kecepatan tertentu menggerakkan rotor yang memiliki *propeller*, kemudian turbin sumbu yang bergerak terhubung langsung pada poros kemudian poros akan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik.

## 2.2.3 Turbin sumbu Angin

Turbin sumbu angin adalah komponen yang sangat penting pada pembangkit listrik tenaga angin karena turbin sumbu angin berfungsi untuk menangkap angin yang akan dikonversikan menjadi energi listrik, bentuk turbin sumbu angin saat ini terus mengalami perkembangan dan telah banyak diteliti dengan tujuan untuk mendapatkan tingkat efisiensi yang lebih baik lagi, berikut adalah beberapa jenis turbin sumbu angin:

1. *Horizontal Axis Wind Turbin sumbu* (HAWT)

Turbin sumbu angin sumbu horizontal merupakan turbin sumbu angin yang paling banyak digunakan saat ini, pada turbin sumbu tipe ini memiliki sumbu horizontal yang terhubung pada rotor dan generator pada puncak menara. Turbin sumbu sumbu horizontal akan berputar saat angin menabrak turbin sumbu dari arah depan dan turbin sumbu ini dilengkapi dengan ekor turbin sumbu yang berfungsi untuk membantu generator bergerak menyesuaikan arah angin yang berhembus dengan kecepatan yang paling tinggi. Turbin sumbu sumbu horizontal memerlukan menara yang tinggi untuk mendapatkan kecepatan angin yang maksimal.





Gambar 2-2 Turbin sumbu Angin Sumbu Horizontal [10]

## 2. *Vertical Axis Wind Turbin sumbue (VAWT)*

Turbin sumbu angin sumbu vertikal adalah turbin sumbu angin dengan poros atau sumbu rotor yang dipasang dengan tegak lurus, sumbu vertikal pada rotor utama lebih memungkinkan turbin sumbu dapat menerima dan menangkap angin dari segala penjuru arah angin. Kelebihan turbin sumbu sumbu vertikal akan berguna pada wilayah yang memiliki keadaan angin yang sering berganti-ganti atau bervariasi sehingga lebih efisien dalam memanfaatkan energi angin dan sangat cocok untuk konstruksi pembangkit listrik pada daerah pesisir pantai. Pada turbin sumbu sumbu vertikal konstruksi menara tidak diperlukan karena generator dapat di tempatkan lebih dekat dari permukaan tanah dan lebih memudahkan dalam segi perawatan.



Gambar 2-3 Turbin sumbu Angin Sumbu Vertikal [11]

## 2.2.4 Energi Kinetik

Angin merupakan energi yang dihasilkan dari perbedaan tekanan udara yang disebabkan oleh matahari, hal ini yang menjadikan acuan bahwa udara akan bergerak dari daerah yang memiliki tekanan udara tinggi menuju wilayah dengan tekanan udara yang lebih rendah. Berkaitan dengan massa udara yang bergerak maka udara merupakan suatu energi yang menghasilkan energi kinetik, dimana energi kinetik inilah yang akan diubah menjadi energi listrik pada sistem pembangkit. Energi kinetik pada massa udara  $m$  yang bergerak dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Ek = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2.1)$$

Keterangan:

$Ek$  = Energi Kinetik (Joule)  
 $m$  = Massa (kg)  
 $v$  = Kecepatan Angin (m/s)

dengan persamaan laju aliran massa:

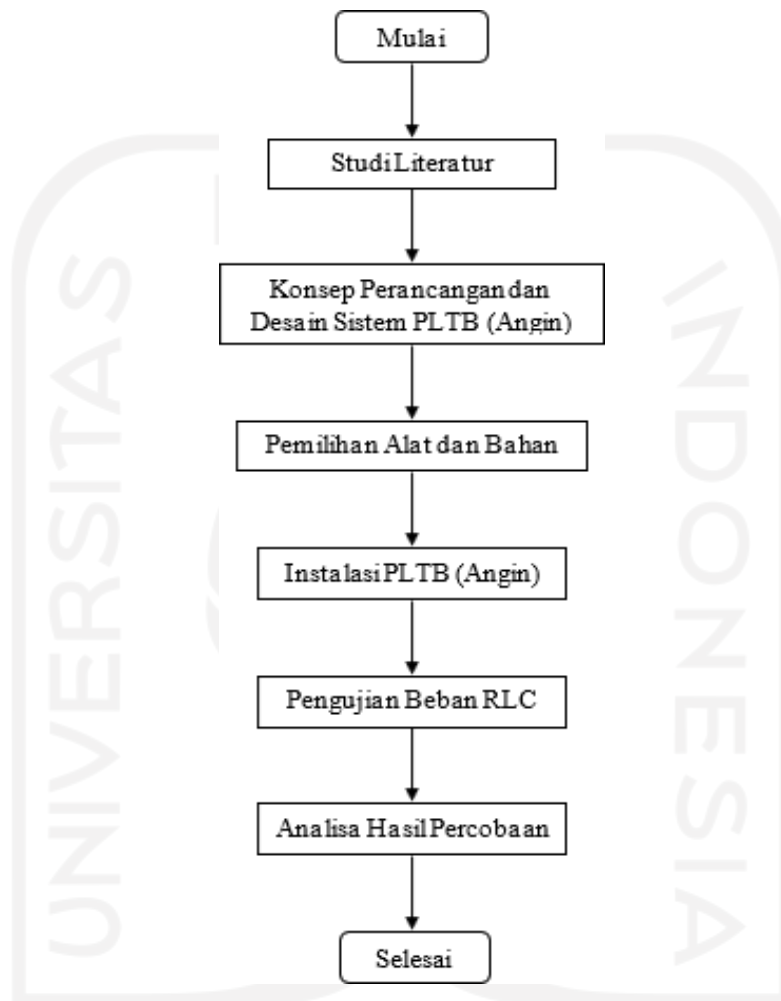
$$m = \rho Av \quad (2.2)$$

Keterangan:

$\rho$  = massa jenis angin (kg/m<sup>3</sup>) (ketepatan  $\rho = 1,225\text{kg/m}^3$ )  
 $A$  = luas penampang turbin sumbu (m<sup>2</sup>) ( $A = \pi r^2$ ).

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Alur Penelitian



Gambar 3-1 Alur Penelitian

### 3.2 Perancangan Sistem



Gambar 3-2 Alur Perancangan Sistem



Gambar 3-3 Rancangan Sistem

Dalam alur perancangan sistem ini dilakukan pembuatan prototipe pembangkit listrik dengan turbin sumbu horizontal dimana turbin sumbu dibuat menggunakan plat besi dengan tebal 5 mm yang dipotong dengan panjang 43 cm, lebar 6 cm dan memiliki 4 *blade*. Motor yang digunakan sebagai generator yaitu motor parut merk Bison dengan tipe B-200. Pengujian prototipe pembangkit listrik menggunakan blower sebagai sumber angin yang nantinya berguna untuk menggerakkan turbin sumbu pada prototipe pembangkit listrik, kemudian tegangan dan arus prototipe dapat dihitung dengan menghubungkan keluaran generator ke multimeter dan menghitung pembebanan pada generator menggunakan alat RLC yang bebannya diatur secara manual, sehingga hasil yang diperoleh dapat dianalisis dan menghasilkan data yang akurat.

### 3.3 Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan pada proses pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Angin Turbin sumbu Horizontal adalah sebagai berikut:

- a. *Blades* dibuat menggunakan plat besi dengan panjang 43 cm, lebar 5 inch, dan tebal 5 mm
- b. Motor parut merk Bison dengan tipe B-200 yang digunakan sebagai generator
- c. Pipa paralon dengan panjang 120 cm dan diameter 5 cm
- d. Batangan besi yang digunakan sebagai dudukan pipa paralon

### 3.4 Instalasi PLTB ( Angin )

#### 1. *Blower* atau Energi Angin

*Blower* atau energi angin pada sistem prototipe (PLTB) berguna sebagai penghasil energi angin atau energi yang digunakan untuk menggerakkan turbin sumbu angin, dipilihnya blower sebagai penghasil energi angin karena blower memiliki banyak variasi kecepatan angin dengan skala 0%-100% dan memiliki kecepatan angin yang konstan. Hal ini dimaksudkan agar hasil

output dan pengujian beban nantinya akan lebih mudah dianalisis pengaruhnya. Sebagai pengaturan kecepatan angin pada *blower* menggunakan variasi 50% dimana kecepatan angin yang dihasilkan *blower* sebesar 8,8 m/s.



Gambar 3-4 Blower

## 2. Turbin sumbu Angin

Turbin sumbu angin berguna sebagai penangkap angin yang dihasilkan dari *blower* yang nantinya akan dikonversikan ke energi gerak, jenis turbin sumbu yang digunakan pada sistem prototipe ini adalah Turbin sumbu Angin Sumbu Horizontal (TASH) dengan bentuk turbin sumbu *sail wing turbin sumbue*. Turbin sumbu pada prototipe ini menggunakan bahan plat besi dengan Panjang 43 cm serta lebar 6 cm dan memiliki jumlah *blades* 4 buah. Pemilihan *blades* yang berjumlah 4 buah bertujuan untuk nantinya dapat dibandingkan dengan prototipe yang memiliki jumlah *blades* yang berbeda. Sehingga dengan spesifik tersebut besar daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin sumbu dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_t = \frac{P_g}{\text{Betz Limit}} \quad (3.1)$$

Keterangan:

- $P_t$  = Daya turbin sumbu (W),  
 $P_g$  = Daya Generator (W),  
*Betz Limit* = Efisiensi maksimal turbin (*Betz Limit* = 0,59).  
 sumbu angin



Gambar 3-5 Prototipe Turbin sumbu Angin

### 3. Generator

Generator yang dipakai dalam pembuatan prototipe yaitu menggunakan motor pada mesin parut yang nantinya akan diubah, sehingga motor tersebut dapat menghasilkan listrik dari perputaran baling-baling turbin sumbu, baling-baling dapat berputar dengan memanfaatkan tenaga angin yang dikeluarkan oleh *blower* yang nanti dapat diukur keluaran tegangan dan arus menggunakan multimeter dengan menghubungkan keluaran motor dengan multimeter sehingga dapat mengetahui seberapa besar tegangan dan arus yang dihasilkan dari perputaran motor tersebut.

$$P_g = V_g \cdot I_g \quad (3.2)$$

Keterangan:

- $P_g$  = Daya Generator (W),  
 $V_g$  = Tegangan Generator (V),  
 $I_g$  = Arus Generator (A).



Gambar 3-6 Generator

#### 4. Beban RLC

Beban yang di uji pada penelitian ini menggunakan beban RLC, dimana pengujian beban RLC tersebut berfungsi untuk mengetahui pengaruh beban *Resistif*, *Induktif* dan *Kapasitif* terhadap keluaran tegangan, arus, dan frekuensi pada prototipe pembangkit listrik tenaga angin. Beban RLC yang digunakan yaitu RLC Load yang terdapat di Laboratorium Sistem Ketenagaan Universitas Islam Indonesia. Dimana beban RLC memiliki sifat beban yang berbeda-beda pada sumberlistrik AC, sifat-sifat beban RLC yaitu:



Gambar 3.7 RLC Load

##### A. Resistif

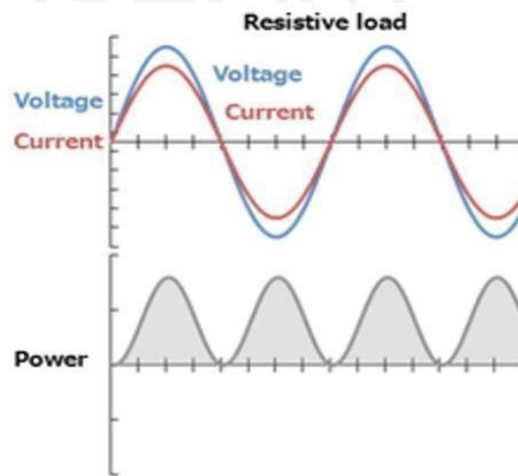
Resistif adalah beban dengan resistor murni dimana komponennya terdiri dari resistan (Ohm) dan bekerja menggunakan prinsip resistansi. Pada beban ini hanya menyerap daya aktif, dan tidak menyebabkan perubahan nilai faktor daya, Contohnya Lampu pijar, Setrika, Heater. Perumusan beban resistif [12]:



$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (3.2)$$

Keterangan:

- P = Daya Aktif (watt)  
 V = Tegangan (volt)  
 I = Arus (ampere)



Gambar 3-7 Sifat Beban Resistif [13]

### B. Induktif

Induktif adalah beban yang berupa lilitan kawat penghantar pada suatu kumparan inti yang bekerja berdasarkan prinsip induksi. Beban induktif menyerap daya aktif dan reaktif, kumparan pada beban induktif menyebabkan terhambatnya laju arus sehingga terjadi pergeseran posisi gelombang arus menjadi tertinggal dari gelombang tegangan (*Lagging*). Contoh: Transformator, Motor Listrik dan Induktor. Karena sifat beban induktif yang dapat mempengaruhi nilai faktor daya (*Cosphi*) turun menjadi lebih kecil dari 1,00, maka rumus daya beban induktif listrik 1 phasa adalah [12]:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (3.3)$$

Keterangan:

- P = Daya aktif (watt)  
 V = Tegangan (volt)



$I$  = Arus (A)

$\Phi$  = Sudut antara arus dan tegangan

Untuk menghitung besarnya reaktansi kapatif ( $X_L$ ), dapat menggunakan:

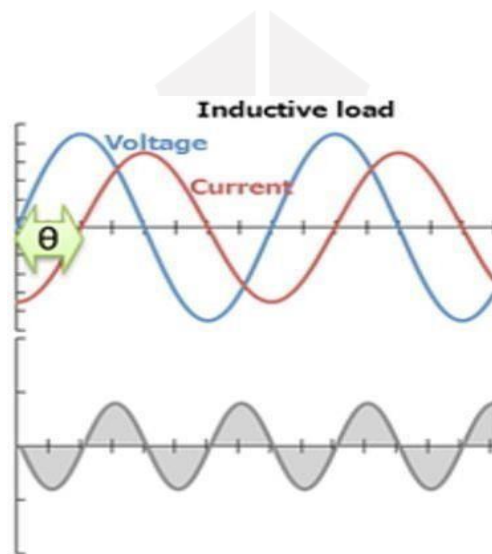
$$X_L = 2\pi f.L \quad (3.4)$$

Keterangan:

$X_L$  = Reaktansi induktif

$F$  = Frekuensi

$L$  = Induktansi (Henry)



Gambar 3-8 Sifat Beban Induktif [13]

### C. Kapasitif

Kapasitif adalah beban yang memiliki sifat kapasitansi atau sifat yang dapat menyerap dan menyimpan listrik dalam waktu sesaat. Beban kapasitif mengkonsumsi daya aktif dan menghasilkan daya reaktif sehingga beban kapasitif dapat juga digunakan untuk memperbaiki faktor daya.

Sifat beban kapasitif adalah *Leading* atau gelombang arus yang mendahului gelombang tegangan. Jenis beban induktif dapat mengakibatkan penurunan nilai factor daya ( $\cos\phi$ ) lebih kecil dari 1,00. Maka rumus daya beban kapasitif 1 phasa adalah [12]:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (3.5)$$

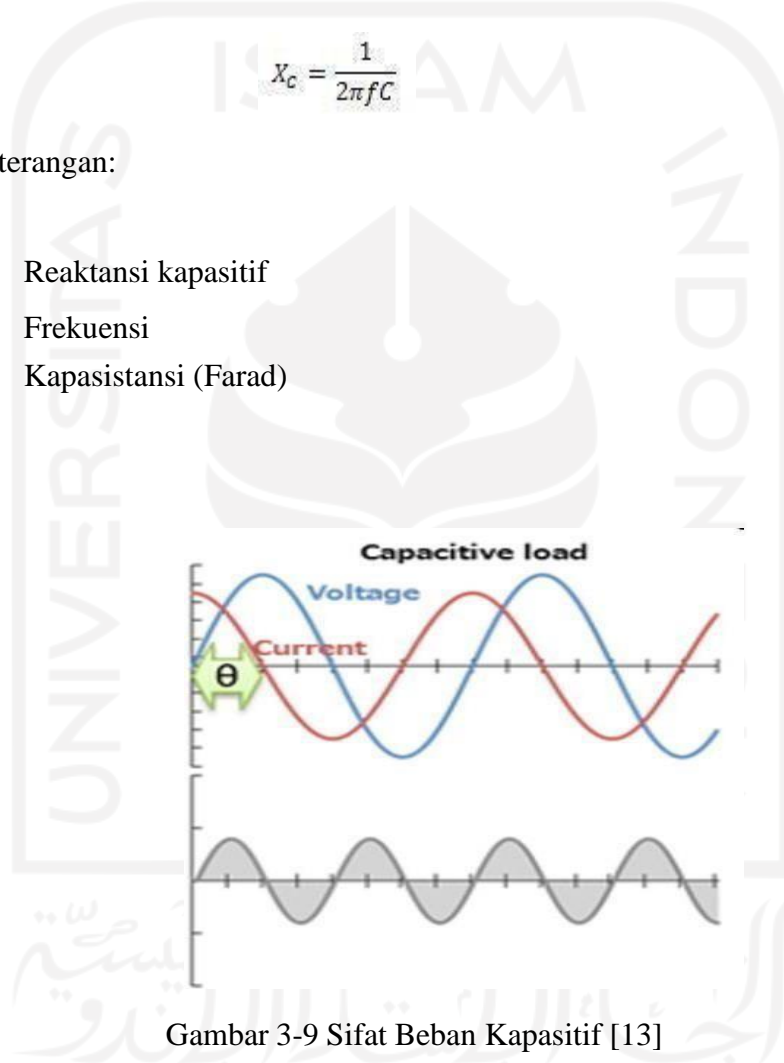
- P = Daya aktif (watt)  
 V = Tegangan (volt)  
 I = Arus (A)  
 $\Phi$  = Sudut antara arus dan tegangan

Untuk menghitung besarnya reaktansi kapasitif ( $X_C$ ), dapat menggunakan:

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (3.6)$$

Keterangan:

- $X_C$  = Reaktansi kapasitif  
 F = Frekuensi  
 C = Kapasistansi (Farad)



Gambar 3-9 Sifat Beban Kapasitif [13]

## 5. Cara Pengambilan Data *Blower* dan Beban RLC

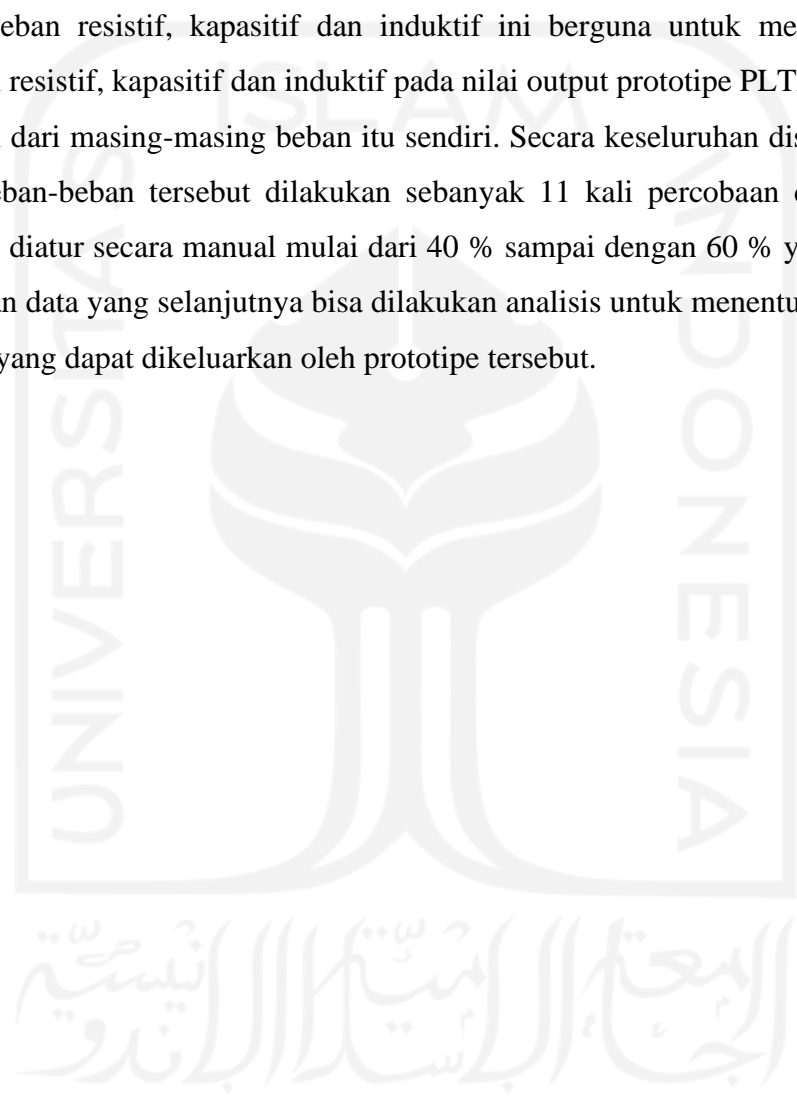
### A. Pengambilan Data Variasi Angin pada *Blower*

Pengambilan beberapa data variasi angin pada *blower* berguna untuk mendapatkan kecepatan angin yang sesuai dengan keluaran frekuensi sebesar 50 Hz. Pemilihan nilai frekuensi 50 Hz berguna untuk menyesuaikan ketentuan nilai frekuensi PLN pada beban listrik rumahan. Hal

ini dilakukan agar menjadi gambaran hasil output prototipe (PLTB) dapat dijadikan suplai beban rumahan.

### **B. Pengujian Pengaruh Beban Resistif, Kapasitif, dan Induktif Pada Tegangan, Arus, dan Frekuensi**

Pengambilan data pengujian beban resistif, kapasitif, dan induktif menggunakan alat RLC *Load* yang tersedia di Laboratorium Sistem Ketenagaan Universitas Islam Indonesia. Pengujian beban resistif, kapasitif dan induktif ini berguna untuk mengetahui pengaruh pembebanan resistif, kapasitif dan induktif pada nilai output prototipe PLTB tersebut dan sifat pembebanan dari masing-masing beban itu sendiri. Secara keseluruhan disetiap pengambilan data dari beban-beban tersebut dilakukan sebanyak 11 kali percobaan dengan pengaturan *blower* yang diatur secara manual mulai dari 40 % sampai dengan 60 % yang nantinya dapat menghasilkan data yang selanjutnya bisa dilakukan analisis untuk menentukan seberapa besar nilai output yang dapat dikeluarkan oleh prototipe tersebut.



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

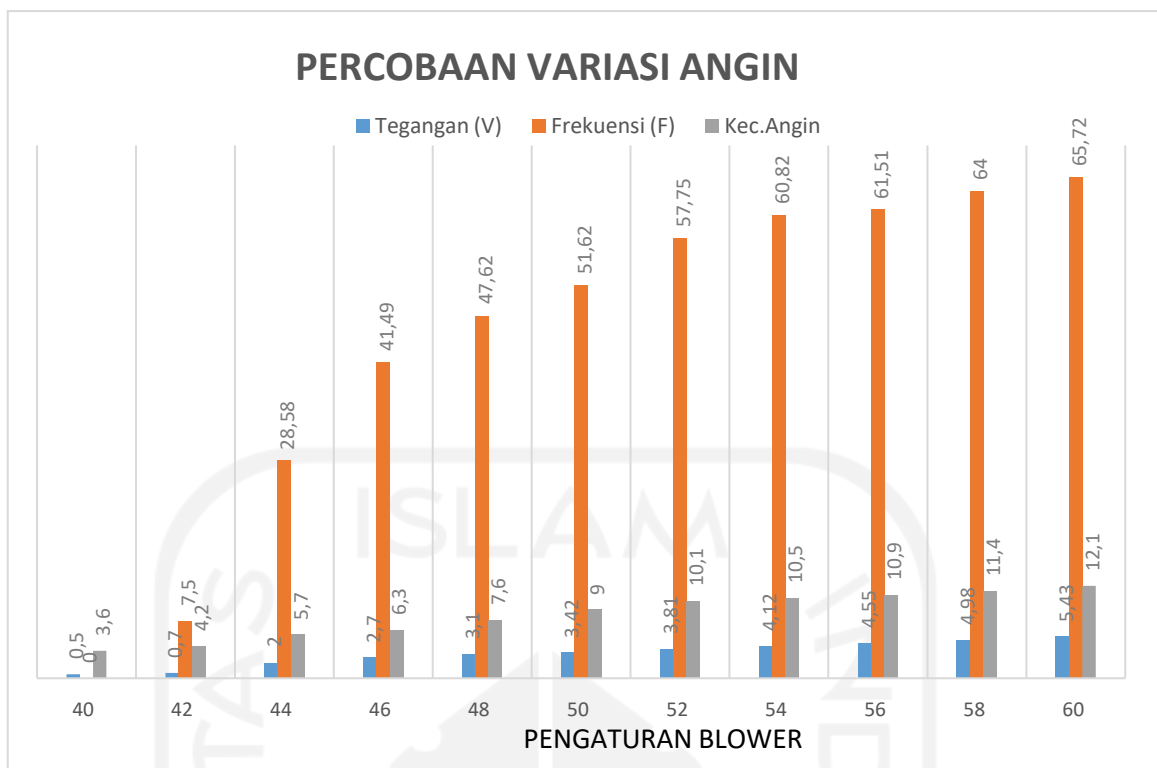
#### 4.1 Pengambilan Data Variasi Angin pada *Blower*

Pengambilan data variasi kecepatan angin dari *blower* dilakukan secara manual sebanyak 11 kali percobaan. Hasil dari 11 kali percobaan variasi kecepatan angin dengan pengaturan pada *blower* yaitu 40% sampai 60% didapatkan pengaturan pada *blower* yang tepat adalah sebesar 50% dengan kecepatan angin sebesar 9 m/s pada frekuensi 51,64 Hz, karena lebih mendekati frekuensi 50 Hz dari pengaturan *blower* lainnya. Berikut Tabel 4.1 dan Grafik 4.1 hasil data percobaan variasi kecepatan angin pada *blower*.

Tabel 4.1 Data Variasi Angin *Blower* pada Prototipe Pembangkit Listrik

Pengaturan <i>Blower</i>	Kecepatan Angin (m/s)	F(Hz)	V(Volt AC)
40	3,6	0	0,5
42	4,2	7,52	0,7
44	5,7	28,58	2
46	6,3	41,49	2,7
48	7,6	47,62	3,1
50	9	51,64	3,42
52	10,1	57,75	3,81
54	10,5	60,82	4,12
56	10,9	61,51	4,55
58	11,4	64,01	4,98
60	12,1	65,72	5,43

Pada Tabel 4.1 percobaan dapat dilihat bahwa pengaturan pada *blower* sebesar 40% dengan kecepatan angin 3,6 m/s, sehingga mendapatkan kecepatan paling minimal untuk energi angin yang dapat memutar prototipe PLTB dengan output tegangan 0,5 Volt dan frekuensi 0 Hz. Nilai tengah percobaan yang diambil adalah 50% pengaturan *blower* dikarenakan output frekuensi yang paling mendekati 50 Hz. Untuk pengaturan tertinggi *blower* adalah 60% dengan kecepatan angin sebesar 12,1 m/s mendapatkan hasil kecepatan tertinggi, hasil tersebut sangat sulit untuk ditemukan.



Gambar 4.1 Grafik Percobaan Variasi Angin

Dilihat dari hasil Gambar 4.1 dapat ditunjukkan hasil kecepatan angin berbanding lurus dengan keluaran frekuensi (Hz) dan tegangan (V). Semakin besar kecepatan angin yang diterima turbin sumbu maka semakin cepat generator berputar sehingga menyebabkan tegangan dan frekuensi semakin besar. Tegangan terkecil pada pengaturan 40% sebesar 0,5 Volt dan frekuensi sebesar 0 Hz karena kecepatan angin belum dapat memutar generator prototipe PLTB, sedangkan nilai output tertinggi sebesar 5,43 Volt dengan frekuensi sebesar 67,72 Hz pada pengaturan *blower* 60%.

Dari data yang didapatkan dapat dihitung daya output generator adalah sebesar 5,63 watt pada frekuensi 50 Hz dengan tegangan 3,42 volt dan arus sebesar 0,3 dengan efisiensi generator di dapat melalui perhitungan sebesar 87,89%. Untuk daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin sumbu jika dihitung secara manual adalah 8,3 watt. Terdapat perbedaan antara daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin sumbu dan daya yang dikeluarkan generator saat pengujian, hal ini dapat terjadi karena adanya rugi pada bahan material prototipe yang digunakan dan juga kondisi magnet pada generator yang seras sehingga menghambat putaran generator. Sehingga didapatkan efisiensi sistem sebesar 57%.



Gambar 4.2 Sinyal gelombang keluaran generator

#### 4.2 Pengujian Pengaruh Beban Resistif Pada Tegangan, Arus Dan Frekuensi

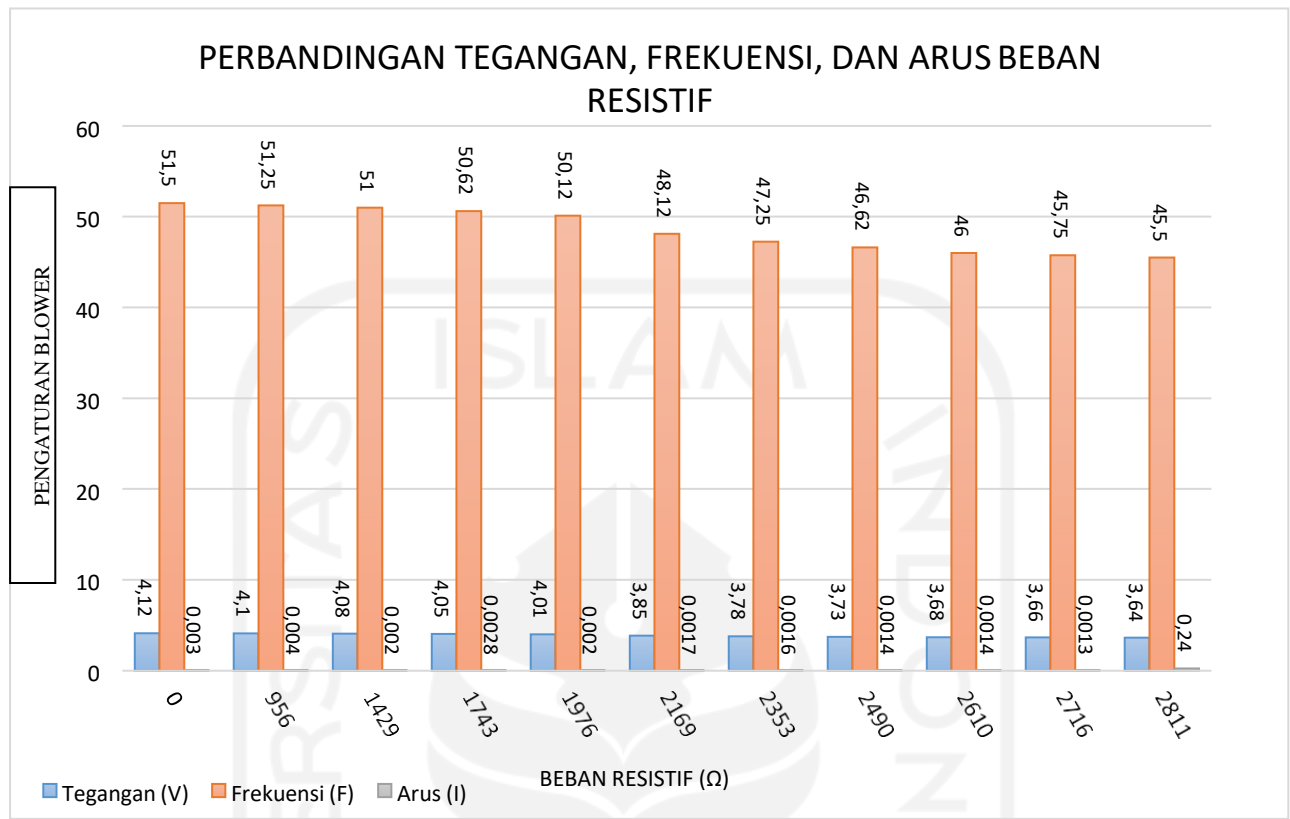
Beban resistif dilakukan sebanyak 10 kali dengan nilai beban yang berbeda, dimulai dari beban resistif terkecil sebesar  $956 \Omega$  hingga beban terbesarnya  $2811 \Omega$ . Berikut hasil pengujian beban resistif dalam bentuk Tabel 4.2 dan Grafik 4.2.

Tabel 4.2 Data Pengujian Beban Resistif (Pengaturan Blower pada kecepatan 51%)

Load ( $\Omega$ )	Tegangan (V)	Arus (A)	Frekuensi(Hz)	Kecepatan Angin (m/s)	Pengaturan Blower
-	3,70	-	51,5	9,2	51
956	3,68	0,004	51,25	9,2	51
1429	3,64	0,002	51	9,2	51
1743	3,62	0,0028	50,62	9,2	51
1976	3,59	0,0020	50,12	9,2	51
2169	3,56	0,0017	48,12	9,2	51
2353	3,53	0,0016	47,25	9,2	51
2490	3,51	0,0014	46,62	9,2	51
2610	3,47	0,0014	46	9,2	51
2716	3,43	0,0013	45,75	9,2	51
2811	3,39	0,0012	45,5	9,2	51

Pada Tabel 4.2 beban resistif dapat dilihat bahwa pembebanan resistif berpengaruh pada nilai frekuensi. Semakin besar nilai beban menyebabkan frekuensi semakin turun. Pada percobaan pembebanan resistansi sebesar  $956 \Omega$  frekuensi turun menjadi 51,25 Hz. Sehingga pada pembebanan kedua sebesar  $1429 \Omega$  kecepatan angin 9,2 m/s dan pengaturan *blower* tetap pada nilai 51% untuk melihat perbedaan pada nilai frekuensi, pada pengujian beban resistif maksimal

sebesar 2811  $\Omega$  kecepatan angin tetap pada 9,2 m/s untuk pengaruh terhadap tegangan, frekuensi, dan arus lebih jelas di tampilan pada Grafik 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Tegangan, Frekuensi, dan Arus Beban Resistif

Pada pengujian pembebanan resistif sebanyak 10 kali pembebanan, dengan hasil saat beban resistif pertama (terkecil) sebesar 956  $\Omega$ , output tegangan sebesar 3,68 volt, frekuensi 51,25 Hz dan arus sebesar 0,004 A. Sedangkan untuk beban maksimal sebesar 2811  $\Omega$  didapatkan output tegangan 3,39 volt, frekuensi 45,5 Hz dan arus sebesar 0,0012 A. Dilihat dari respon grafik pembebanan resistif bahwa beban resistif dengan karakteristik pembebanan resistansi atau hambatan mempengaruhi nilai output frekuensi dan tegangan yang semakin besar nilai hambatannya maka semakin kecil nilai tegangan dan frekuensi nya.

### 4.3 Pengujian Pengaruh Beban Induktif Pada Tegangan, Arus Dan Frekuensi

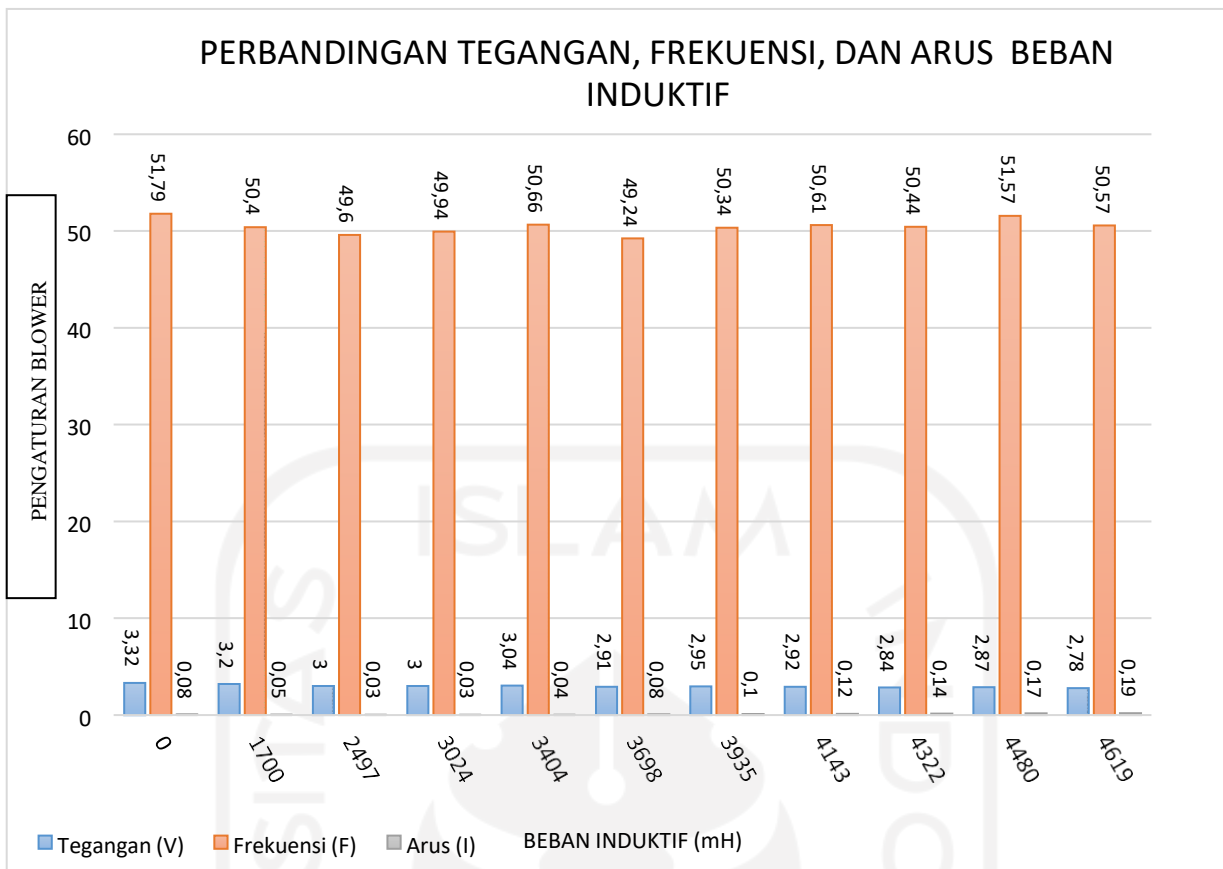
Pengambilan beban induksi menggunakan RLC Load dilakukan sebanyak 10 kali pembebanan dengan beban terkecil mulai dari 1700 mH. Berikut hasil dari pengujian beban induktif ditampilkan melalui Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Pengujian Beban Induktif (Pengaturan Blower pada kecepatan 51%)

Load (mH)	Tegangan (V)	Arus (A)	Frekuensi(Hz)	Kecepatan Angin (m/s)	Pengaturan Blower
-	3,70	-	51,5	9,2	51
1700	3,68	0,0067	51,32	9,2	51
2497	3,65	0,0045	51,20	9,2	51
3024	3,61	0,0037	51,17	9,2	51
3404	3,57	0,0032	50,68	9,2	51
3698	3,52	0,0029	51,20	9,2	51
3935	3,48	0,0027	50,34	9,2	51
4143	3,45	0,0026	50,28	9,2	51
4322	3,39	0,0024	50,34	9,2	51
4480	3,34	0,0023	50,57	9,2	51
4619	3,29	0,0022	50,62	9,2	51

Pada Tabel 4.3 dapat dilihat pengaruh beban induktif pada tegangan dan arus generator, dimana semakin besar beban induktif maka tegangan dan arus generator menjadi lebih kecil, tetapi pengaruh dari 10 kali percobaan pembebanan induktif pada tegangan dan arus generator tidak sebesar pengaruhnya jika dibandingkan saat pembebanan resistif dimana pada percobaan induktansi sebesar 1700 mH hingga 3024 mH, frekuensi generator masih berada pada 50 Hz dan masih menggunakan kecepatan angin 9,2 m/s.





Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Tegangan, Frekuensi, dan Arus Beban Induktif

Pada pengujian pembebanan induktif dilakukan sebanyak 10 kali pembebanan, beban induktif pertama (terkecil) sebesar 1700 mH, output tegangan sebesar 3,68 volt, frekuensi 51,32 Hz dan arus sebesar 0,0067 A. Sedangkan untuk beban induktif maksimal sebesar 4619 mH, output tegangan sebesar 3,29 volt, frekuensi 50,62 Hz dan arus sebesar 0,0022 A. Dilihat dari tabel data induktif dari 10 percobaan pengujian frekuensi dan tegangan tidak mengalami penurunan yang sangat jauh.

Dilihat dari pergerakan Grafik 4.4 bahwa saat nilai beban induktif semakin besar maka arus bergerak naik namun mengalami penurunan pada beban-beban awal. Kondisi tersebut disebabkan oleh beban induktif yang mempunyai sifat *lagging* atau arus tertinggal dengan tegangan. Hal ini disebabkan oleh energi yang tersimpan berupa medan magnetis sehingga mengakibatkan fasa arus bergeser menjadi tertinggal terhadap tegangan.

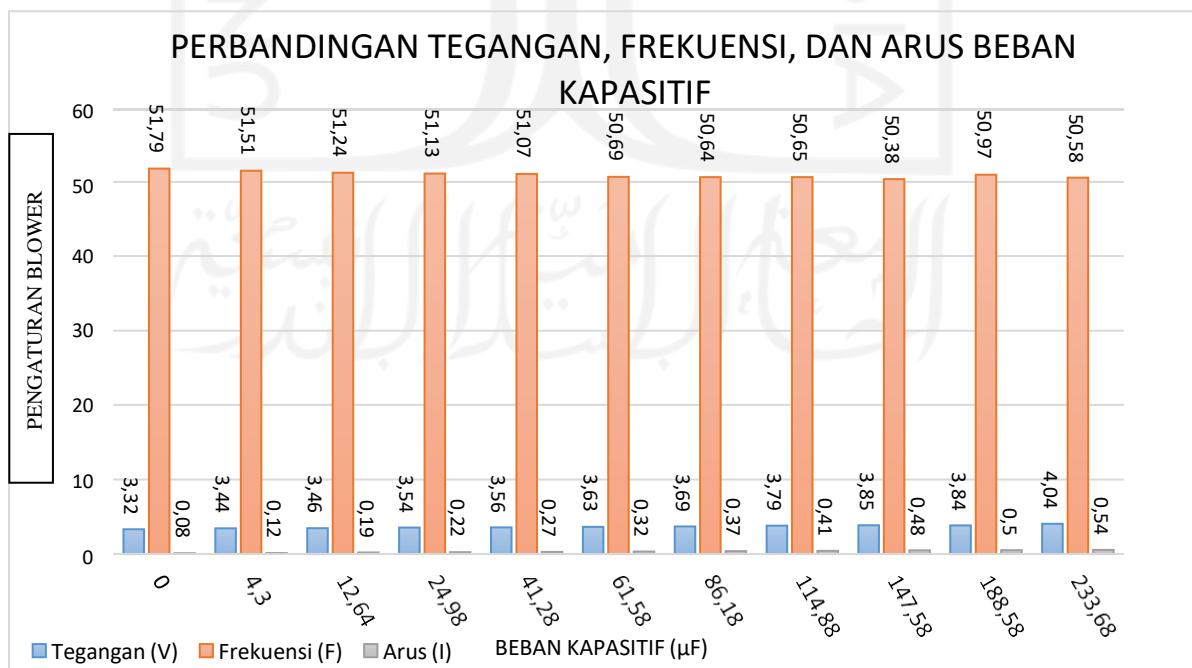
#### 4.4 Pengujian Pengaruh Beban Kapasitif Pada Tegangan, Arus Dan Frekuensi

Pengambilan beban kapasitif menggunakan RLC Load dilakukan sebanyak 10 kali pembebanan dengan beban terkecil mulai dari 4,3  $\mu\text{F}$  sampai 233,68  $\mu\text{F}$ . Berikut hasil dari pengujian beban kapasitif di tampilkan melalui Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Pengujian Beban Kapasitif (Pengaturan Blower pada kecepatan 51%)

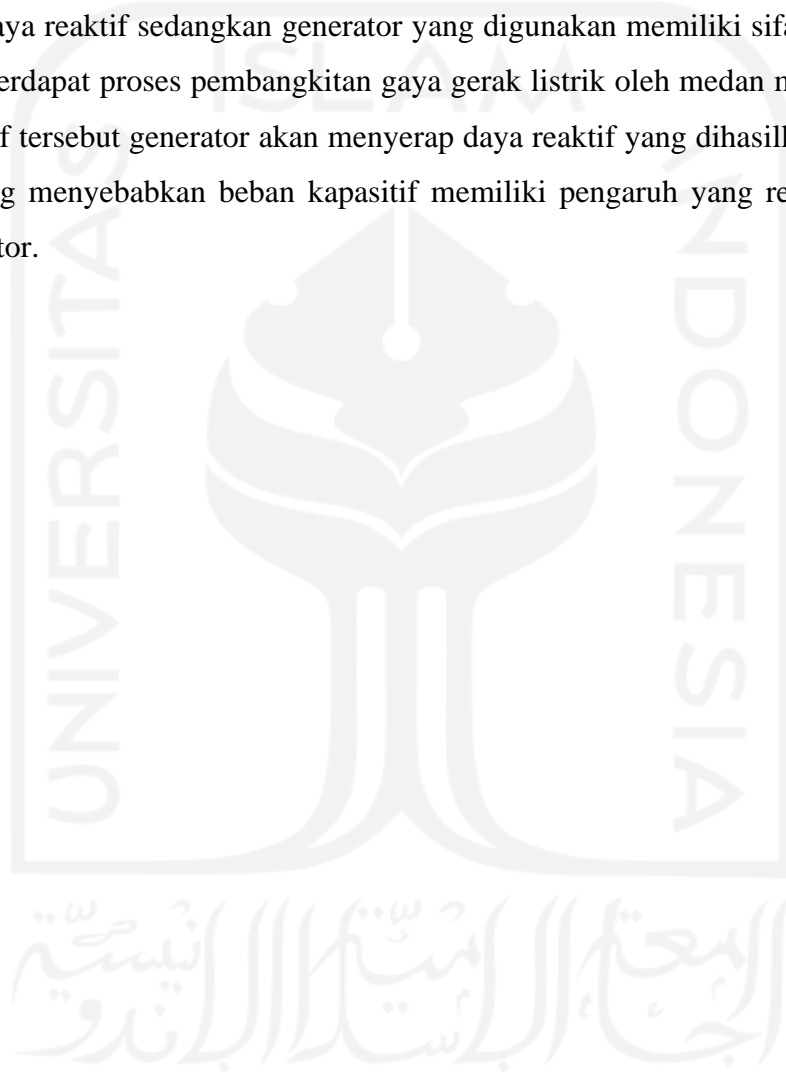
Load ( $\mu\text{F}$ )	Tegangan (V)	Arus (A)	Frekuensi(Hz)	Kecepatan Angin (m/s)	Pengaturan Blower
-	3,70	-	51,5	9,2	51
4,3	3,73	0,0012	51,48	9,2	51
12,64	3,79	0,0038	51,24	10,3	51
24,98	3,82	0,007	51,13	10,5	51
41,28	3,85	0,012	51,07	10,5	51
61,58	3,89	0,019	50,69	10,7	51
86,18	3,92	0,026	50,64	10,7	51
114,88	3,98	0,036	50,61	10,7	51
147,58	4,13	0,048	50,58	11,4	51
188,58	4,18	0,062	50,47	11,7	51
233,68	4,23	0,077	50,38	12,1	51

Tabel 4.4 adalah hasil dari 10 kali pengujian dengan beban kapasitif. Pada pengujian pertama dengan beban kapasitif terkecil 4,3  $\mu\text{F}$  didapatkan hasil output tegangan 3,73volt, frekuensi 51,48 Hz dan arus 0,0012 A. Sedangkan beban maksimal kapasitif adalah 233,68  $\mu\text{F}$  dengan hasil output adalah tegangan 4,23 volt, frekuensi 50,38 Hz dan arus 0,077 A. Untuk pengaruh beban kapasitif terhadap tegangan, frekuensi, dan arus lebih jelas ditampilkan pada Grafik 4.5.



Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Tegangan, Frekuensi, dan Arus Beban Kapasitif

Pada pengujian beban kapasitif dapat dilihat bahwa pengaruh beban kapasitif berdampak pada signifikan nya kenaikan nilai arus. Besarnya nilai arus hingga 0,077 A dimana arus pada pengujian kapasitif ini adalah nilai arus terbesar dibandingkan nilai arus pada pengujian beban resistif ataupun induktif, sedangkan pada nilai tegangan selalu mengalami kenaikan. Menurut teori hal ini dikarenakan sifat beban kapasitif yang *leading* atau arus mendahului tegangan, sehingga respon arus menjadi lebih besar dibandingkan respon tegangan pada beban kapasitif. Beban kapasitif yang memiliki pengaruh pada tegangan menjadi naik dikarenakan beban kapasitif adalah beban yang menghasilkan daya reaktif sedangkan generator yang digunakan memiliki sifat induktif sehingga pada generator terdapat proses pembangkitan gaya gerak listrik oleh medan magnet, dengan kata lain sifat induktif tersebut generator akan menyerap daya reaktif yang dihasilkan beban kapasitif. hal tersebut yang menyebabkan beban kapasitif memiliki pengaruh yang relatif kecil terhadap tegangan generator.



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

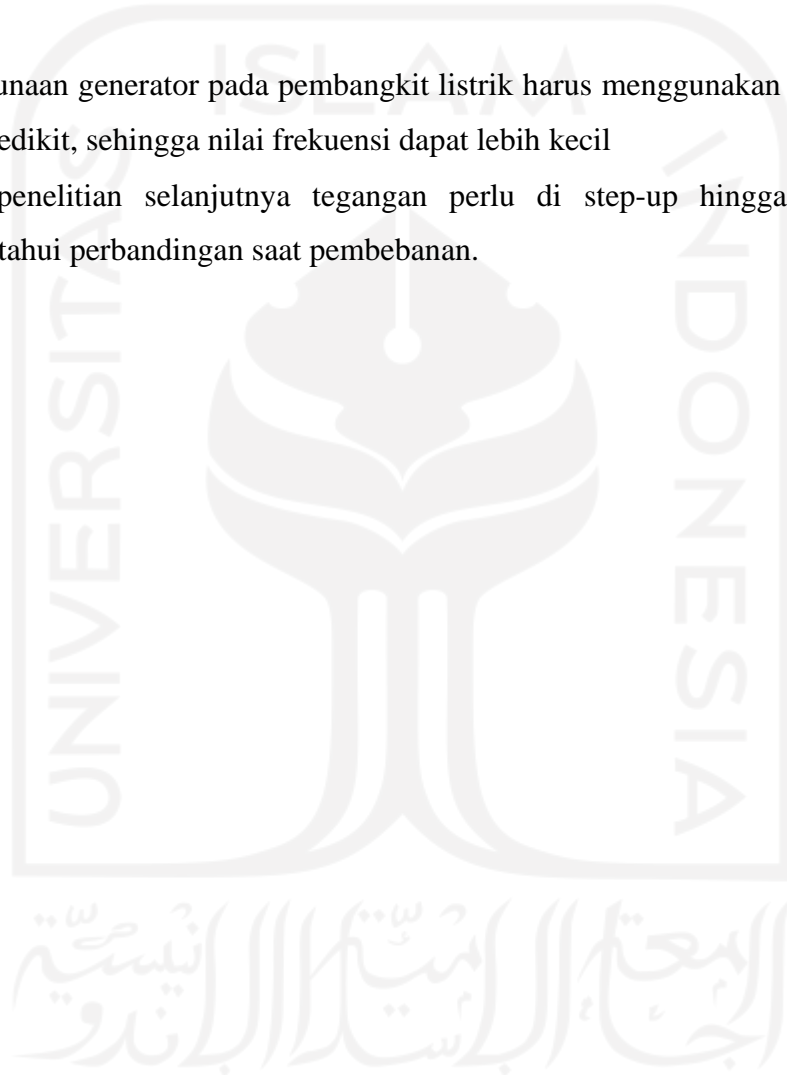
Berdasarkan hasil uji pada penelitian yang berjudul “Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dengan Turbin sumbu Horizontal dan Analisis Efek Pembebanan RLC” dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Prototipe “Pembangkit Listrik Tenaga Angin dengan Turbin sumbu Sumbu Horizontal” dapat mengeluarkan hasil output tegangan hingga 3,42 volt, frekuensi 65,72 Hz dengan kecepatan angin sebesar 12,1 m/s. Daya output generator sebesar 5,63 watt dengan efisiensi generator 87,89% dan daya yang dapat dibangkitkan oleh turbin sumbu sebesar 8,3 watt, dengan efisiensi sistem sebesar 59%.
2. Pengaruh beban pada tegangan dan frekuensi terbesar kedua adalah beban induktif dengan beban maksimal output tegangan menjadi 3,29 volt dan frekuensi 50,62 Hz pada kecepatan angin 9,2 m/s. Dan beban kapasitif paling kecil pengaruhnya terhadap tegangan dan frekuensi jika dibandingkan beban resistif dan induktif yaitu pada pembebanan maksimal kapasitif tegangan menjadi 4,23 volt, frekuensi 50,38 Hz pada kecepatan angin sebesar 9,2 m/s.
3. Pengaruh beban terbesar pada output tegangan dan frekuensi generator adalah beban resistif, yaitu saat beban maksimal resistif output generator adalah 3,39 volt dan 45,5 Hz pada kecepatan angin 9,2 m/s.
4. Pembuatan pembangkit listrik tenaga angin dengan turbin sumbu horizontal untuk dijadikan pembangkit listrik di Indonesia dapat diterapkan dengan beberapa faktor yang dipertimbangkan karena dapat mempengaruhi kecepatan angin, faktornya di antara lain yaitu wilayah dan musim.

#### **5.2 Saran**

1. Ketika ingin membuat sebuah prototipe alat perlu disesuaikan berdasarkan standarisasi alat dengan peralatan yang ada dilapangan dikarenakan akan berpengaruh pada ketahanan alat itu sendiri jika menggunakan alat yang tidak standar bisa mempengaruhi performa prototipe tersebut.

2. Kecepatan angin yang digunakan dalam simulasi sebaiknya mendekati kecepatan angin rata rata yang ada dilapangan agar dapat menyesuaikan dengan kondisi yang ada sebenarnya.
3. Karena angin pada kenyataannya tidak dapat dikendalikan, maka lebih baik yang diatur besarnya beban saja untuk menjaga agar frekuensinya tetap, akan lebih baik apabila menggunakan generator yang dapat diatur kecepatan atau nilai VAR nya
4. Penggunaan poros pada turbin sumbu horizontal yang tersambung pada generator jangan terlalu panjang karena akan mempengaruhi putaran generator menjadi berat dan tidak stabil.
5. Penggunaan generator pada pembangkit listrik harus menggunakan kutub magnet yang lebih sedikit, sehingga nilai frekuensi dapat lebih kecil
6. Pada penelitian selanjutnya tegangan perlu di step-up hingga 220V AC untuk mengetahui perbandingan saat pembebanan.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Abdullah, “Penerapan Energi Surya Dalam Proses Termal Pengolahan Hasil Pertanian,” *Abdullah, K. (1998). Penerapan Energi Surya Dalam Proses Termal Pengolah. Has. Pertanian. J. Keteknikan Pertanian, 12(1), 56–73. Jurnal Keteknikan Pertan., vol. 12, no. 1, pp. 56–73, 1998.*
- [2] M. Yonggi Puriza and M. Latief, “Pemilihan Bahan Sudu untuk Perancangan dan Pembuatan Prototipe Turbin sumbu Angin Sumbu Horizontal,” *J. ECOTIPE*, vol. 5, no. 2, 2018.
- [3] H. Asy’ari, A. Budiman, and W. Setiyawan, “Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST) Periode III.”
- [4] A. Sayogo and N. Caroko, “Perancangan dan Pembuatan Kincir Angin Tipe Horizontal Axis Wind Turbin sumbu (HAWT) untuk Daerah Pantai Selatan Jawa,” 2016.
- [5] N. Endri, R. Pramana, E. Prayetno, T. Elektro, F. Teknik, and U. Maritim Raja Ali Haji, “Perancangan Prototipe Pembangkit Listrik Turbin sumbu Angin Empat Blade Tipe Savonius.”
- [6] Pathike, “a New Design of Blade for Small Horizontal-Axis Wind Turbin sumbu With Low Wind Speed Operation,” *Energy Res. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–7, 2013, doi: 10.3844/erjsp.2013.1.7.
- [7] M. K. Johari, M. A. A. Jalil, and M. F. M. Shariff, “Comparison of horizontal axis wind turbin sumbu (HAWT) and vertical axis wind turbin sumbu (VAWT),” *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 7, no. 4, pp. 74–80, 2018, doi: 10.14419/ijet.v7i4.13.21333.
- [8] Muhammad Iqbal, “Pembuatan sistem pembangkit listrik tenaga angin berkapasitas 100 watt,” p. 20, 2018.
- [9] F. Aryanto, I. M. Mara, and M. Nuarsa, “Terhadap Unjuk Kerja Turbin sumbu Angin Poros Horizontal,” *Din. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 50–59, 2013.
- [10] R. Nanang, Gunarto, and E. Sarwono, “Study Eksperimental Berbagai Macam Jenis Sudu Turbin sumbu Angin Sumbu Horizontal Skala Laboratorium,” *Repos. Univ. Muhammadiyah Pontianak*, vol. 3, no. 2, pp. 113–120, 2017.
- [11] Ismail, E. Pane, and Triyanti, “Optimasi Perancangan Turbin sumbu Angin Vertikal Tipe Darrieus Untuk Penerangan Di Jalan Tol,” *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, vol. 1, no. November, p. 12, 2017.
- [12] faris hadi Utomo, “Mengenal Beban Resistif, Induktif, Kapasitif,” 2020. .
- [13] Ilman, “Belajar PLC,” 2017.